

# ZONGULDAK TAŞKÖMÜRÜ HAVZASINDA JEOFİZİK (ÖZDİRENÇ) YÖNTEMİ UYGULAMALARI

Fethi ERGÜDER\*

## ÖZET

*Bu bildiride, geniş bir uygulama alanı olan Jeofizik Elektrik—Özdirenç yöntemlerinin, Zonguldak kömür havzasındaki uygulamaları örneklerle açıklanmıştır, özellikle Elektrik Profil yöntemi üzerinde durularak, düşey kontak (fay) lardaki özdirenç değişimlerinin teorik irdelemesi yapılmış ve bunun arazi uygulamalarıyla uygunluğu kanıtlanmıştır.*

*Havzadaki çalışmalarımızda, Elektrik Profil yöntemi uygulamalarıyla yapısal jeoloji ile ilgili problemlerin (özellikle fay, gömülü fay ve kontakların) saptanmasında, Elektrik sondaj yöntemi uygulamalarıyla da kömür damarlarını içeren karbonifer formasyonu derinliklerinin saptanmasında olumlu sonuçlar alınmıştır.*

## SUMMARY

*Paper describes the application of geophysics (electrical resistivity methods) in the Zonguldak Coalfield. Mostly the Horizontal Profiling (or Electrical Trenching) method was discussed and theoretical outcome of the resistivity variations at the faults was shown to agree with the field investigation results.*

*The solution of the problems concerning structural geology (especially faults and formation boundaries) by the Horizontal Profiling method and the estimation of the depth of carboniferous formation by the Electrical Drilling (or Depth Sounding) method were proved to be satisfactory.*

\* Jeofizik Müh., EKİ., ZONGULDAK

## İ. GİRİŞ

Fizik ve matematik temeller üzerine kurulmuş olan Jeofizik bilimi, elektronik alandaki teknolojiye paralel olarak son yıllarda bütün dünyada hızlı bir gelişme kaydetmiştir. Pozitif ilimlere dayalı olmasının yanında, gittikçe artmakta olan enerji bunalımı gibi etkenler de, bu bilimin uygulama alanını sürekli genişletmektedir. Yöntemlerinin esası bilindiği gibi fizik ilkelerin uygulanmasıyla, yer altındaki farklı parametrelerin saptanmasına dayanır. Jeolojik yapı ve birimler fizik parametrelerine uygun bir jeofizik yöntemle saptanırlar.

Jeofiziğin geniş bir uygulama alanı bulan Elektrik yöntemlerinden özdirenç yöntemleri, Zonguldak Kömür Havzasında genellikle örtü olarak isimlendirilen formasyonlar üzerinde, batıda Iıksu yöresi ile doğuda Çatalağzı yöresi arasında kalan sahil şeridinde, Çatalağzından güney doğuya doğru Gelik, Ayıçı yörelerine kadar uzanan alanlarda ve Amasra Bölgesinde uygulanmıştır.

Çalışmaların amacı başlıca iki ana konuda toplanabilir:

- a) Yapısal Jeoloji ile ilgili problemlerin çözümü
- b) Kretase paleotopografyasının saptanması.

Bu çalışmada özellikle (a) konusu işlenecektir.

## 2. TEMEL İLKELER

Bir materyalin elektriği geçirme yeteneği olan iletkenliğin (kondüktivitenin) tersi özdirençtir. özdirenç OHM kanununun matematiksel ifadesi ile tanımlanır ve birimi ohm m. dir. özdirenç yöntemleri, yer altındaki kayaların özdirençlerinin saptanması amacıyla güderler. Belirli noktalardaki kontaklardan yere elektrik akımı verilir ve bunun yeraltında yarattığı potansiyel ölçülerek (1) bağıntısından özdirenç hesaplanır.

$$\rho_{\alpha} = k \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

$\rho_{\alpha}$  = görünür özdirenç,  $\Delta V$  = potansiyel farkı (mV),  $I$  = akım (mA),  $k$  = Geometrik faktör (elektrot dizilim tekniğine göre değişim katsayı). Çeşitli elektrot dizilim teknikleri olmasına rağmen, en çok uygulananları dört elektrotlu sistemler ve bunlardan da Schlumberger ve Wenner teknikleridir.

Jeofizikte, yanal yöndeki süreksizlikler olarak ifade edilen fay, gömülü fay, kırık, kontak, dayk, senklinal, antiklinal, . . . vb. gibi yapısal jeolojik problemler genellikle Özdirenç yöntemlerinden Elektrik Profil yöntemi uygulamalarıyla çözümlenirler.

Anılan yöntemin arazi uygulamasında, belirli derinliği içeren elektrotlar arası uzaklıklar, profil üzerindeki her noktanın ölçümü için sabit tutularak sistem olduğu gibi hareket ettirilir. Elde edilen özdirenç değerleri iki şekilde değerlendirmeye hazırlanabilir:

- özdirenç değişimlerinin, profil boyunca ölçü noktalarının konumunu gösteren  $x$ 'in fonksiyonu olarak  $p_a = f(x)$  eğrileri şeklinde,
- Kesit üzerinde eş özdirenç konturlarının çizilmesiyle elde edilen düşey özdirenç dağılımı haritaları şeklinde. (Bu yöntem için, aynı profilde probleme göre değişik derinlikleri içeren birkaç dizi ölçüler gereklidir.)

Şekil 8 ve Şekil. 10'da Karadon Bölgesinde ölçülen Profil: 11 de 67 no.da saptanan fayda özdirenç değerlerinin her iki türde gösterilişi görülmektedir.

## 2.1. DİK YA DA DİKE YAKIN KONTAKLARDA (FAYLARDA), ELEKTROT SİSTEMİNİN KONTAĞA OLAN DEĞİŞİK POZİSYONLARINA GÖRE ÖZDİRENÇ BAĞINTISININ İRDELENMESİ

Şekil. 1'de yer yüzeyinde AB doğrultulu bir profil üzerinde, DE düşey kontağı (fay) ile ayrılmış, özdirençleri  $p_j$  ve  $f > 2$  olan iki ortam görülmektedir. Dört elektrotlu Wenner dizilimli sistem faya dik yönde ve profil boyunca hareket ettirildiğinde, elektrotların faya olan pozisyonlarına göre beş hal için özdirençler, görüntü (imaj) yönteminde yararlanılarak hesaplanabilir.

Anılan beş durum şöyledir:

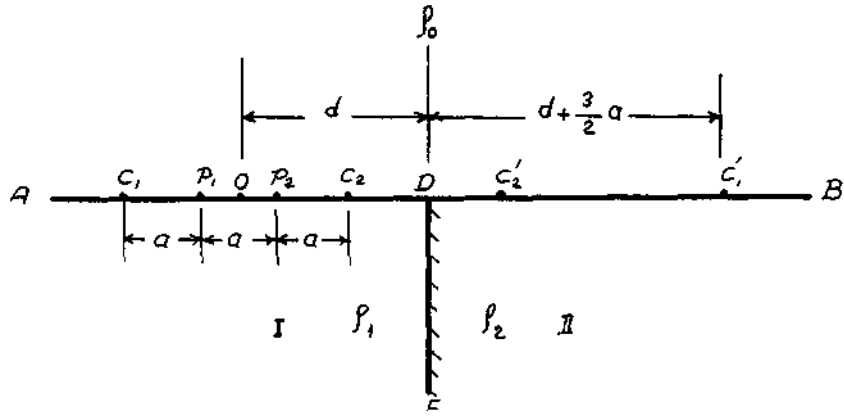
- Bütün elektrotlar birinci ortamda,
- Sadece bir elektrot ikinci ortamda,
- İki elektrot ikinci ortamda,
- Üç elektrot ikinci ortamda,
- Bütün elektrotlar ikinci ortamda.

Şekil. 1'den de görüleceği gibi,  $C_1, C_2$ ; Akım elektrotları,  $P_1, P_2$ ; Potansiyel elektrotları,  $d$ : Elektrot sisteminin orta noktasının faya olan uzaklığı,  $a$ : Elektrotlar arası uzaklıktır.

- Dört elektrot da birinci ortamda olursa:

Bu durum  $a < 2d/3$  şartını içerir (Şekil 1).  $C_1$  deki akım kaynağı  $I$ ,  $C_2$  deki  $-I$  olduğunu kabul edelim.  $P_1$  ve  $P_2$  noktalarındaki potansiyeller  $I$  ve  $-I$  akım şiddetine bağlı olacak ve bunların DE fay düzlemine göre imajları da  $C'_1$  ve  $C'_2$  olacaktır.

$C_1$  deki  $I$  kaynağına ait  $P_1$  deki potansiyel  $I\rho_1/2\pi a$ ;  $C_2$  deki  $-I$  kaynağına ait  $P_1$  deki potansiyel  $-I\rho_1/4\pi a$  dir. İmajdan dolayı  $C'_1$  nün  $P_1$  deki potansiyeli  $kI\rho_1/2\pi$



Şekil 1 : Kontak düzlemi üzerinde dört elektrotlu sistem (Wenner)

$(2d + 2a)$  ve  $C_2$  nün  $P^{\wedge}$  deki potansiyeli  $k|\rho_1/2\pi(2d-a)$  dir. Burada,

$$k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \text{ yansıma faktörüdür.}$$

Benzer şekilde  $P_2$  deki toplam potansiyel bulunur:

$$P^{\wedge} \text{ deki toplam potansiyel: } V_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) + k \left( \frac{1}{2d+2a} + \frac{1}{2d-a} \right) \right] \quad (2)$$

$C_1$  deki  $I$  kaynağının  $P_2$  deki potansiyeli  $I\rho_1/4\pi a$ ,  $C_2$  deki  $-I$  kaynağının  $P_2$  deki potansiyeli  $-I\rho_1/2\pi a$ , imajdan dolayı  $C_1$  nün  $P$  deki potansiyeli  $kI\rho_1/2\pi(2d+a)$  ve  $C_2$  nün  $P_2$  deki potansiyeli  $kI\rho_1/2\pi(2d-2a)$  dir.

Buradan  $P_2$  deki toplam potansiyel:

$$V_2 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) + k \left( \frac{1}{2d+a} + \frac{1}{2d-2a} \right) \right] \text{ olur.} \quad (3)$$

Potansiyel farkları için

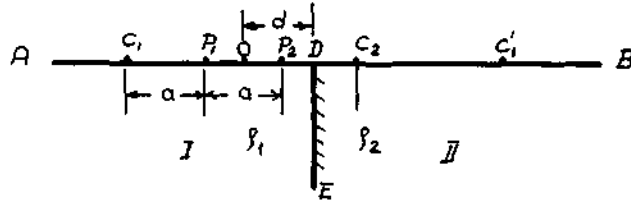
$$V_1 - V_2 = \frac{I\rho_1}{2\pi a} \left[ 1 + 4k \frac{d}{a} \left( \frac{1}{4 \frac{d^2}{a^2} - 4} - \frac{1}{4 \frac{d^2}{a^2} - 1} \right) \right] \quad (4)$$

elde ederiz. Buradan görünür öz direnç:

$$\rho_s = \rho_1 \left[ 1 + 4k \frac{d}{a} \left( \frac{1}{4 \frac{d^2}{a^2} - 4} - \frac{1}{4 \frac{d^2}{a^2} - 1} \right) \right] \text{ bulunmuş olur.} \quad (5)$$

Diğer durumlar için de aynı yolla öz dirençler hesaplanır. Burada diğer durumların şekil ve sonuçları sunulacaktır,

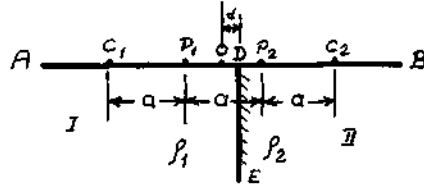
b) Yalnız bir elektrot ikinci ortamda olursa:



Şekil 2

$$\rho_s = \rho_1 \left[ 1 + \frac{k}{2} \left( 1 + \frac{1}{\frac{d}{a} + 1} - \frac{1}{\frac{2d}{a} + 1} \right) \right] \quad (6)$$

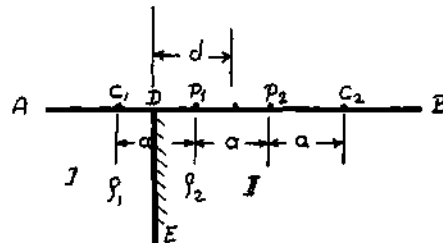
c) İki elektrot ikinci ortamda olursa:



Şekil. 3

$$\rho_s = \frac{\rho_1}{1-k} \left[ 1 + k^2 - k \left( \frac{k + \frac{d}{a}}{1 - \frac{a^2}{d^2}} \right) \right] \quad (7)$$

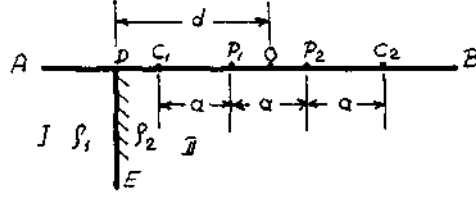
d) Üç elektrot ikinci ortamda olursa:



Şekil 4

$$\rho_s = \rho_1 \frac{k+1}{1-k} \left[ 1 - k \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{\frac{2d}{a} + 1} + \frac{1}{\frac{2d}{a} + 2} \right) \right] \quad (8)$$

e) Dört elektrotta ikinci ortamda olursa:



Şekil. 5

$$\rho_s = \rho_1 \frac{1+k}{1-k} \left[ 1 + k \left( \frac{4 \frac{d}{a}}{d^2} - \frac{\frac{d}{a}}{d^2} \right) \right] \quad (9)$$

görünür özdirençler bulunmuş olur.

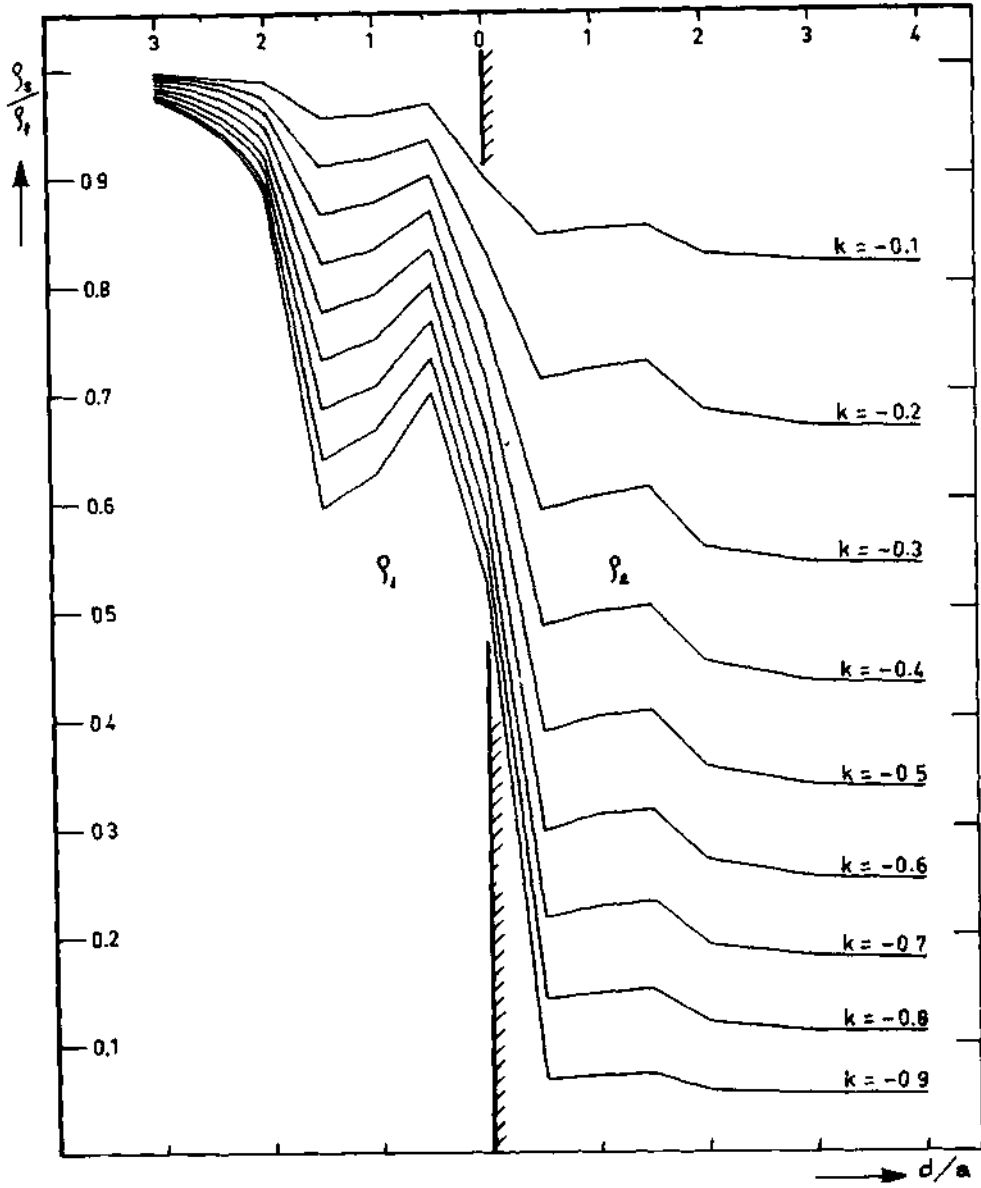
## 2.2. TEORİK UYGULAMA

önceki bölümde anılan beş durum için bulunan görünür özdirenç formüllerinde, k'ya -1 ile +1 arasında değerler verilerek, elektrotlar arası uzaklık  $a = 40$  m. ve sistemin orta noktasının fay düzlemine olan uzaklığı d'ye bağlı olarak  $P_s \dot{I} P$  ler hesaplanmış ve bu değerler yardımıyla  $P_s \dot{I} P - f(d/a)$  eğrileri çizilmiştir (Şekil. 6; Şekil. 7).

Abak niteliğinde olan bu eğriler, fay düzleminden olan uzaklığın fonksiyonu olarak ölçülen kantiteleri ifade ederler. Sistemin fay düzleminden olan uzaklıkları arttıkça, görünür özdirençlerin gerçek özdirençlere yaklaştıkları,  $d/a = 0,5$  ve  $1,5$  değerlerinde ani değişimlerin meydana geldiği,  $d/a = 4$  civarında da kontakın etkisini hemen hemen yitirdiği, eğrilerden izlenmektedir.

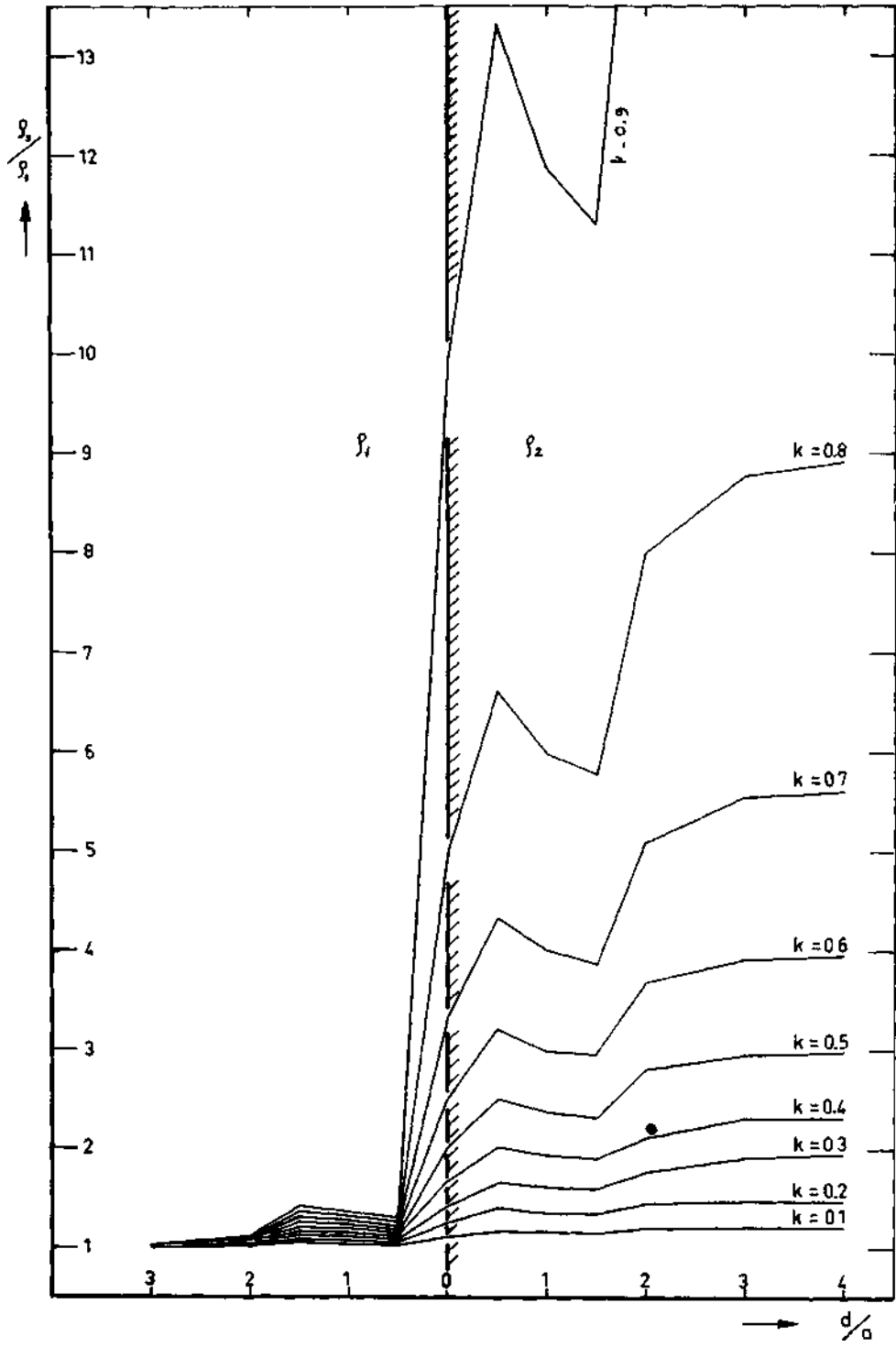
## 2.3. ARAZİ UYGULAMALARI

Teorik uygulamayla arazi uygulamalarının uygunluğunu, Karadon Bölgesi sahalarında ölçülen bir profilde (Profil. 11) gösterelim: Aynı yöntem ve teorik uygulamadaki



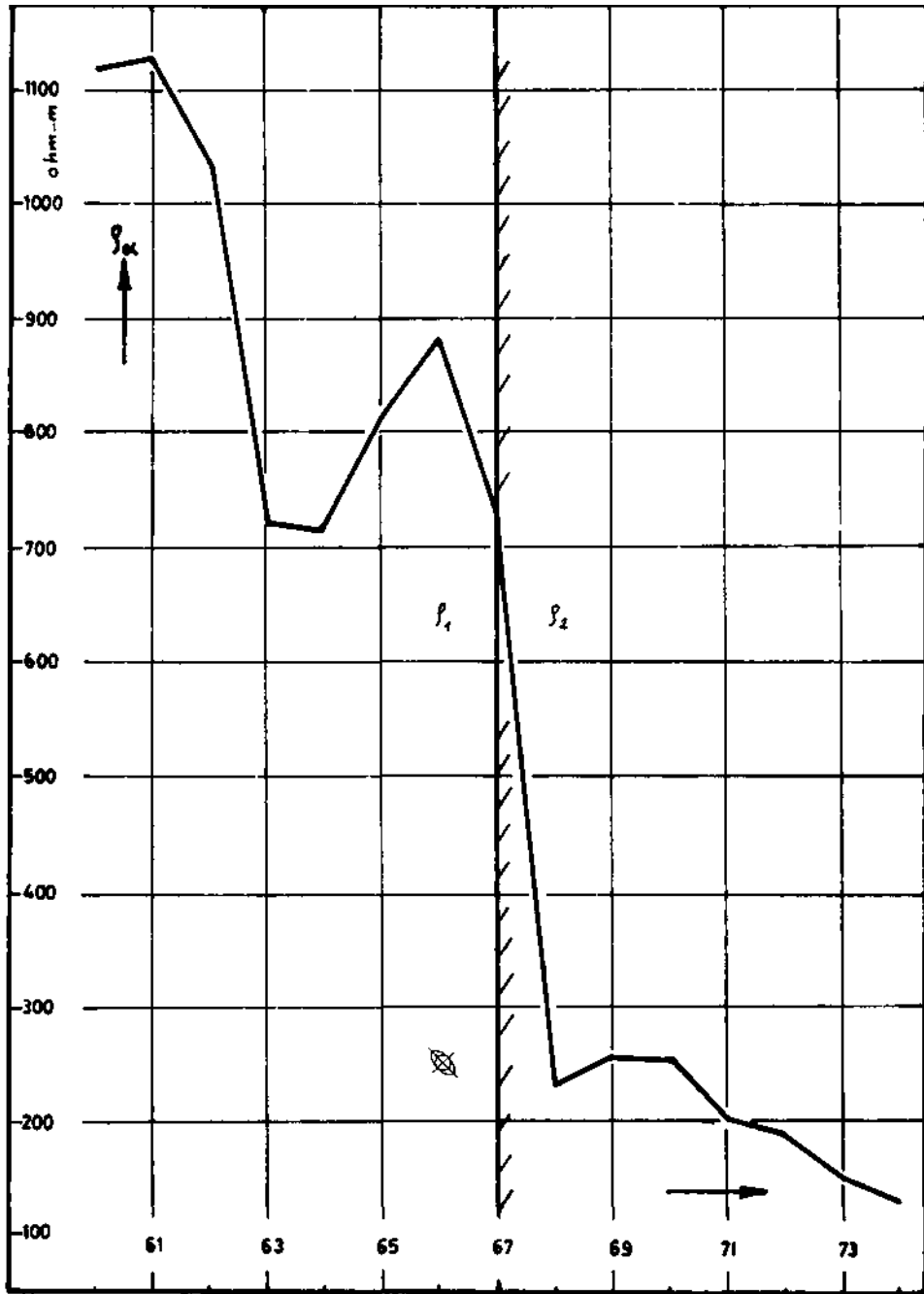
Şekil 6 : Wenner sisteminde göre  $-k$  değerleri için özdeşlik değişim eğrileri

aynı elektrot sistemi ve ara uzaklıkları ile yapılan arazi uygulamasında elde edilen özdeşliklerin  $p_a = f(x)$  eğrisinin (Şekil. 8 ve Şekil. 9) teorik eğrilerle (Şekil. 6 ve Şekil. 7) tam bir uyum sağladığı görülmüş, bu şekilde profilin 67 ve 117 numaralı noktalarındaki faylar saptanmıştır.

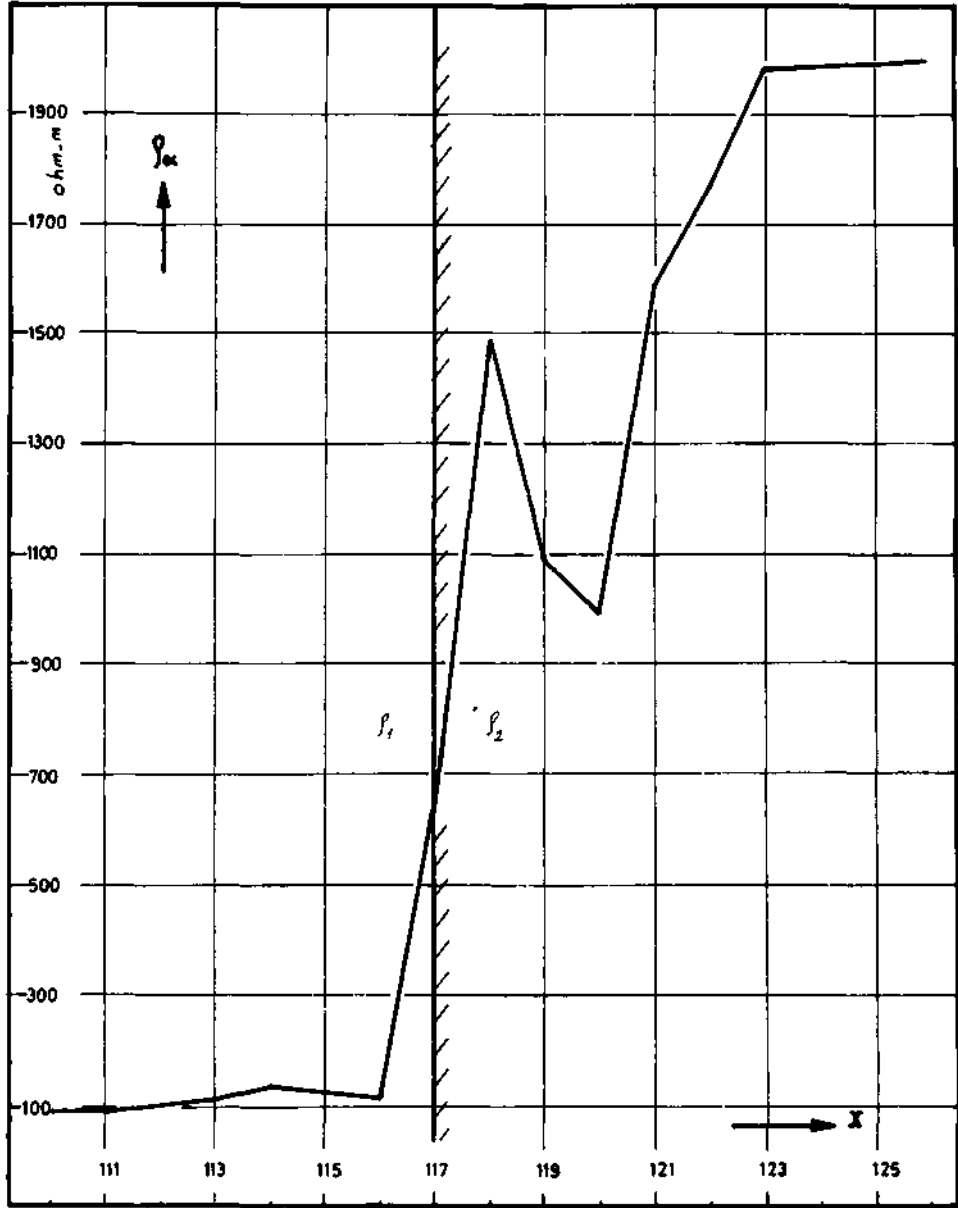


Şekil 7 . Wenner sistemine göre + k değerleri için ozdirenç değışim eğileri





Şekil 8 Karadon Profil 11  $\rho\alpha = f(x)$  eğrisi



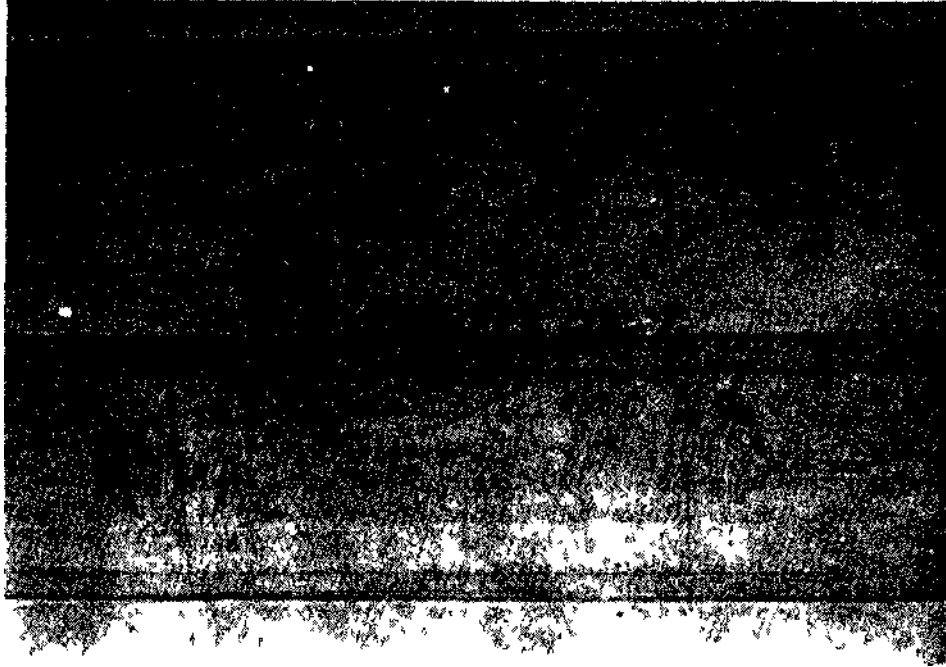
Şekil 9 · Profil 11'in başka bir konumuna ait  $\rho\alpha = f(x)$  eğrisi

Elektrik profil uygulama ve değerlendirmeleri aşağıdaki şekilde de yapılabilir:

Aynı profil üzerinde probleme göre değişik elektrot aralıkları ile değişik derinlikleri içeren ölçüler alınır. (Örneğin,  $a = 40$  m,  $80$  m,  $120$  m.,  $160$  m. gibi). Özdirenç

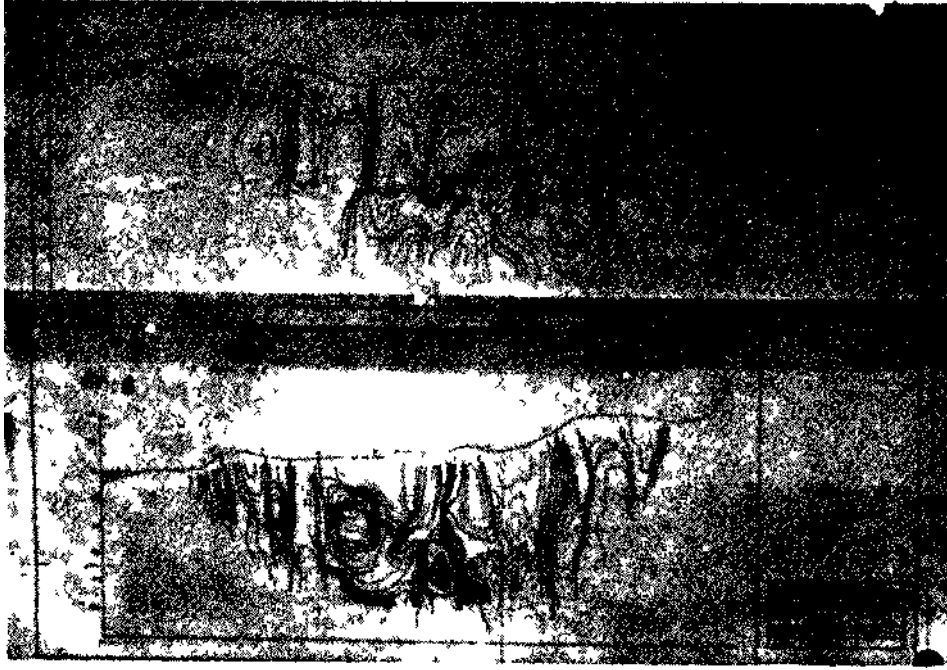
değerleri kesitteki yerlerine işaretlenerek eş ozdirenç konturları çizildi. Buna düşey eş ozdirenç haritası da diyebiliriz (Şekil 10). Teorik irdemesi yapılan grafik yöntemle profil 11 de 67 ve 117 no larda saptanan faylar, kesitlerde (Şekil 10) aynı konumlardadırlar. Böylece düşey ozdirenç haritalarıyla yapılan değerlendirmelerin de teoriye uygunluğu kanıtlanmış oluyor.

Uygulamalarımızda, değerlendirmelerimizi hem grafik hem de kesit yöntemleriyle yaptık, ancak daha çok veriye sahip olan ve daha pratik olan düşey eş ozdirenç haritalarına ağırlık verdik. Çünkü bu kesitlerden fay ve diğer yanal süreksizliklerin eğimleri de kesin olarak saptanabilmekte ayrıca yeraltı boşlukları ve tabaka eğimleri hakkında da bilgi edinilmektedir.



Şekil 10 Düşey eş ozdirenç haritası

Elektrik profil yönteminin Havzadaki geniş bir uygulamasıyla fay gömülü fay ve kontaklar eğim ve konumlarıyla saptanmış, özellikle jeolojik gözlemlerle saptanması olanaksız olan veriler sağlanmıştır. Şekil 11, 12, 13, 14 de bu çalışmalara ait örnekler görülmektedir.



Şekil 11 Uuijey eş ozatiene, lidutaıanı (Başlık yöresi profil 1 ve 2)

### 3. KRETASE PALEOTOPOĞRAFYASININ SAPTANMASI

Düşey yöndeki süreksizliklerin saptanmasında uygulanan Elektrik Sondaj yönteminde ölçümler, elektrot sisteminin belirli bir noktadan itibaren, bir doğrultu boyunca belirli uzaklıklara açılması şeklinde yapılır. Hesaplanan görünür öz direnç değerlerinin, logaritmik skalalı şeffaf kağıda eğrisi çizilir ve arazi eğrisi olarak tanımlanan bu eğriler, yerin derinliğine doğru öz direnç değişimlerini belirlerler (Şekil 14)

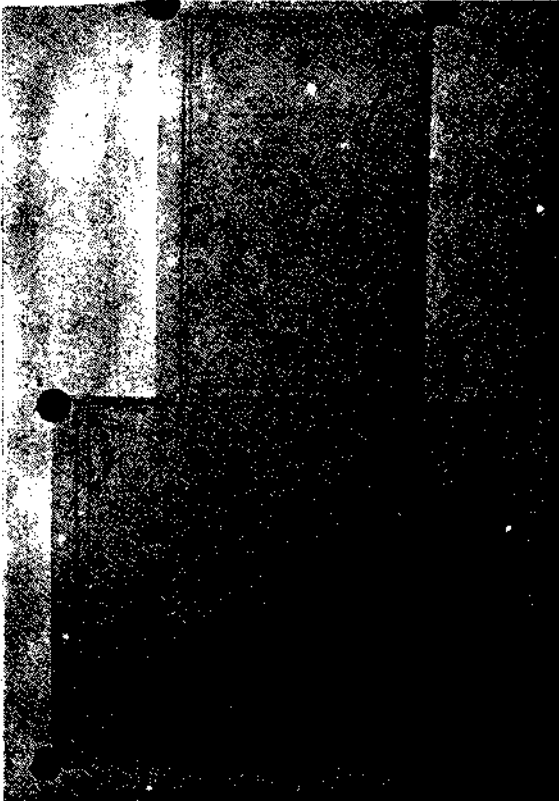
Annan eğriler endirekt (teorik abaklarla) ve direkt (bilgisayarla) yöntemlerle değerlendirilerek tabakaların «zdirenç, kalınlık ve derinlikleri saptanır. (Direkt yöntemle ilgili iki adet program, EKİ Otomasyon Grup Müdürlüğünde mevcuttur. Rapor No: PK. 2-004-0 ve PK. 2-001-0)

Yöntemle ilgili bu kısa hatırlatmadan sonra, havzadaki uygulamalarına geçelim:

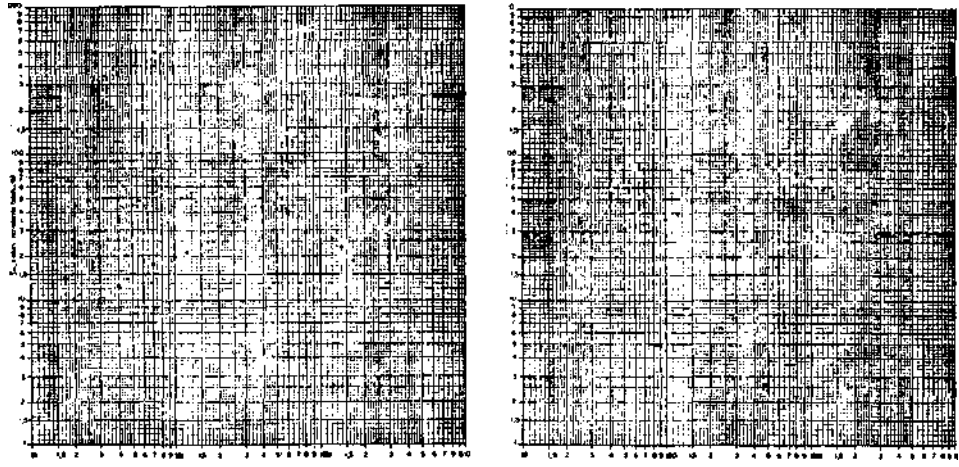
Komur damarlarını içeren formasyon olan Karboniferin, başka bir deyişle örtü tabakalarının kalınlığının bilinmesi, işletme projeleri için büyük değer taşırlar. Havzada, giriş bölümünde belirtilen alanlarda elektrik sondaj yöntemi uygulamalarıyla karbonifer derinlikleri saptanarak ( $\pm 0$ ) kotuna göre düzenlenmiş alt kretase paleotopoğrafya haritaları hazırlanmıştır



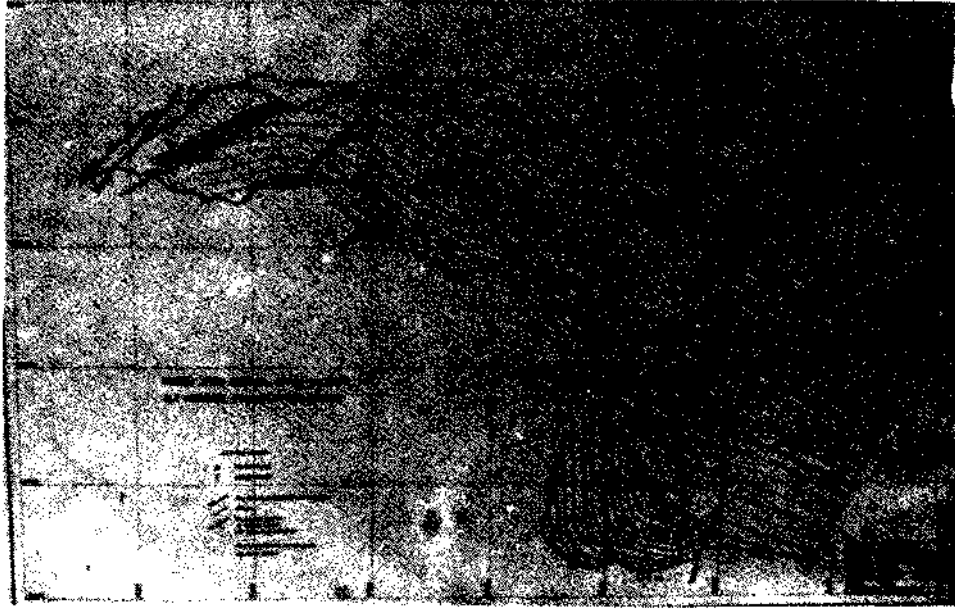
Şekil. 12 : Düşey eş özdirenç haritaları (Ilıksu yöresi profil 1 ve 2)



Şekil. 13 : Özdirenç değişim grafiği (Ilıksu yöresi profil 1)



Şekil 14a, b: Zonguldak-Değirmenazı ve Çankırı yörelerine ait elektrik sondaj eğrileri

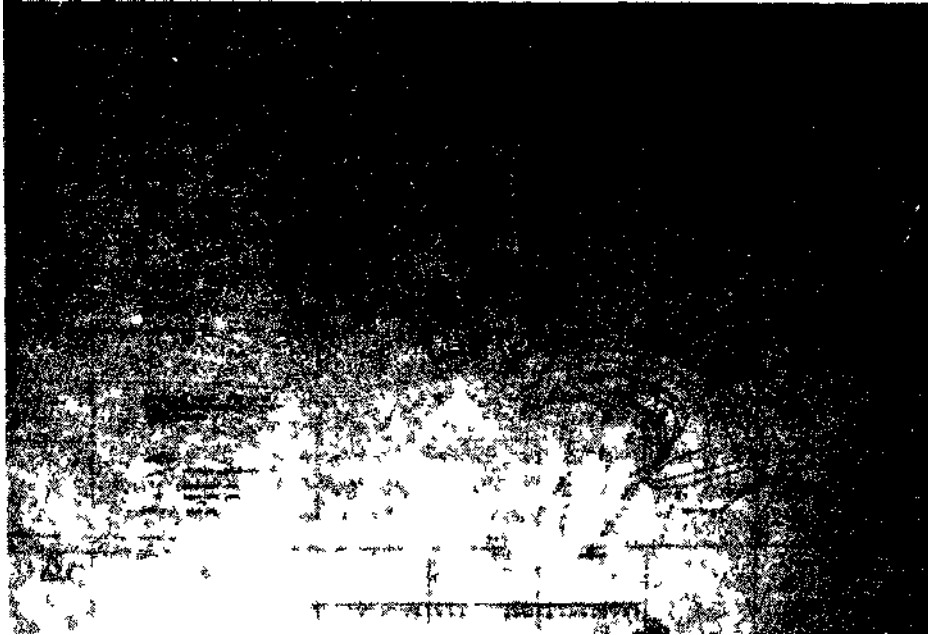


Şekil. 15 : Karadonliol^i'sine ait alt kretase paleotopoğrafya haritası

Karbonifer ve ortu tabakaları (kretase kalkerleri) arasında yeterli değerde ozdirenç kontrastının bulunması, sonuçların olumlu olmasında önemli etken olmuştur. Örneęim ozdirenç etudlerinden sonra yapılan mekanik sondajların sonuçlarıyla yapılan karşılaştırmada Bağlık, 5, 7 sondaları sırasıyla 390, 485 m de karbonifeie girmişlerdir. Anılan sondajların elektrik sondaj sonuçları da sırasıyla 350,475 m dit (yaklaşım oranları % 2- % 10 arasında değişmektedir).

#### 4 OZDİRENÇ UYGULAMALARININ DİGER VERİLERİ

Ozdiren değerlerinden yararlanılarak belirli derinlikler için hazırlanan yatay ozdirenç değişim haritaları, yeraltı boşluklarının özellikle karstık olguların belirlenmesinde yararlı olurlar. Şekil 16'da Karadon Bölgesi - ortu tabakaları- 200 m yatay ozdirenç haritası görülmektedir. Haritada yüksek değerli kapanışlar genellikle yeraltı boşluklarını belirlerler.



Şekil 16 Yatay ozdirenç, halitası

Bu haritaların özellikle sondaj lokasyonu tespitlerinde yararları büyüktür. Zira sondajın yeraltı boşluğına rastlaması sonucu, doğacak kaçaklardan dolayı ekonomik değerini olumsuz yönde etkileyecektir.

Yukarıda açıklanan konuların yanısıra kesin hesapları öngören mühendislik problemlerine (maden makmaları fabrika yerleri zemin etudleri, büyük Kozlu tüneli tektonik etudu ) de ozdirenç yöntemleri uygulamaları yapılmıştır.

## 5. SONUÇ

Zonguldak Kömür Havzasında örtü tabakalarında Jeofizik özdirenç yöntemi uygulamalarında:

Elektrik Profil yöntemiyle fay, gömülü fay, kontak gibi yapısal jeolojiyle ilgili problemler veya yanal yöndeki süreksizlikler,

Elektrik Sondaj yöntemiyle Karbonifer derinlikleri sağlıklı olarak saptanabilmektedir.

Bu durum teorik irdemeyle ve yapılan mekanik sondajlar sonucu kanıtlanmıştır.

Sonuçların olumlu olmasında, Karbonifer ve Kretase formasyonları arasında yeterli derecede özdirenç kontrastının varlığı, birbirlerini tamamlayıcı nitelikte bilim kolları olan Jeoloji ve Jeofizik çalışmalarının tam bir uyum içerisinde yürütülmesi önemli etkeler olmuştur.

Karışık bir tektonik yapıya sahip olan havzada, fayların konumlarının ve karbonifer formasyonu derinliklerinin iyi bilinmesi, işletmeciler için büyük önem taşırlar. Bu nedenle bir sahada işletme projeleri yapılmadan önce mutlak surette sırasıyla detay jeolojik, jeofizik etüdler yapılmalı, bu verilerin ışığı altında yapılacak sondajlarla tüm bilgiler korele edilmelidir.

Bu tür çalışmalar sonucu hazırlanacak işletme projelerinin çok daha ekonomik ve bilimsel olacağı kanısındayız.

## KAYNAKLAR

Erguder, F., Koçak, Ç.: 2) Zonguldak İli Kilimli, Karadon, Ayıcı Yörelere Arasın Alanın özdirenç Etudu. (1978—Zonguldak), EKİ Kütüphanesi. 2) Zonguldak—Kilimli arası alanın özdirenç etudu (1976—Zonguldak) EKİ Kütüphanesi.

CA. Heiland: Geophysical Exploration. I.u. Jeofizik Kursusu Kütüphanesi.

Dizioğlu, M., Keçeli, A.: Modern Jeoelektrik Yöntemler (1975—İstanbul-), i.u. Jeofizik Kursusu Kütüphanesi.

Erguder, F.: Zonguldak İli Değirmenağı—İlksu yörelere arası alanın özdirenç etudu. (1978—Zonguldak). EKİ Kütüphanesi.

Ergin, K.: Uygulamalı Jeofizik. (1973—İstanbul). İTu Kütüphanesi.