

# GÜÇ SPEKTRUMU İLE DOĞAL GERİLİM VERİSİNİN NİCEL YORUMU

## Quantitative Interpretation of Self-Potential Data by using of Power Spectra

Mustafa AKGÜN\*, Zafer AKÇİĞ\*, Rahmi PINAR\* ve Oya ANKAYA\*

### ÖZET

Doğal potansiyel yönteminde, yatay silindir ve eğimli çubuk türü yapılar, gerilim anomalilerinin güç spektrumlarının yapı parametreleri ile ilişkilerinin araştırılması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Çalışma analitik çözüm ve sayısal uygulama olmak üzere iki kısımdan oluşturulmuştur.

İlk olarak modellerin uzaklık ortamındaki gerilim bağıntılarının tek ve çift kısımlarının Fourier dönüşümleri (FD) kullanılarak dalgasayısı ortamında kuramsal güç spektrumları hesaplanmıştır. Daha sonra modellerin uzaklık ortamındaki analitik bağıntılarından ayrık veriler üretilmiş ve ayrık FD kullanılarak sayısal güç spektrumları elde edilmiştir.

Bu iki uygulamanın sonucunda güç spektrumunu etkileyen parametreler araştırılarak parametre çözüm denklemleri oluşturulmuştur. Yatay silindir modelinde güç spektrumundan silindirin odak derinliği elde edilmiştir. Eğimli çubuk modelinde ise gerilim bağıntısının tek bileşeninden yapının alt yüzünün derinliği, çift bileşeninden de yapının üst yüzünün derinliği birbirinden bağımsız olarak saptanmıştır.

### ABSTRACT

The behaviour of the self potential data calculated for the horizontal cylinder and inclined thin rod models is investigated in frequency domain. This study contains two parts: analytical solutions and numerical applications

Firstly, theoretical power spectra in frequency domain are calculated from the continuous Fourier Transform (FT) of even and odd functions of the potential equations of the models in space-domain. The discrete data are then determined from the analytical equations of the models in space-domain. The discrete power spectra are obtained from the space-domain data by means of the discrete FT.

The equations which yield to the parameters are derived by the analysis of factors affecting the power spectra. The depth of horizontal cylinder can be obtained from the power spectrum. The upper and lower surface depth of inclined thin rod model are determined from the odd and even functions of potential equations respectively.

\* DEÜ Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., Bornova, İzmir.

## GİRİŞ

Doğal potansiyel (SP) yöntemi jeotermal kaynakların, metalik ve sülfürlü maden yataklarının, gömülü kırıklı yapıların aranması ile deniz kıyısına yakın bölgelerde tuzluluk girişimlerinin saptanmasında başarılı şekilde uygulanmaktadır. Ayrıca, bu yöntemin diğer yöntemlere göre (özdirenç ve sismik yöntemler) düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olması yöntemin üstün taraflarıdır.

SP yönteminde ilk çalışmayı Petrowsky (1928), kutuplaşmış küre üzerindeki potansiyel dağılımını inceleyerek başlatmıştır. Daha sonrada Heiland (1968) dik yönde kutuplaşmış kürenin potansiyel yorumunu Petrowsky'nin (1928) metodunu kullanarak açıklamıştır. Yüngül (1950) de Petrowsky'nin (1928) metodunda yeralan topoğrafya ve bölgesel etkilerin kaldırılması için çalışmalar yapmıştır. Daha sonraki yıllarda ise çeşitli araştırmacılar tarafından SP yönteminde çeşitli modeller kullanılarak teorik modelleme çalışmaları yapılmıştır (Rao ve diğ. 1970). Son yıllarda ise çeşitli değerlendirme yöntemleri geliştirilerek yöntemin kullanılabilirliği artırılmıştır (Bhattacharyya ve Roy 1981, Murty ve Haricharan 1985, Rao ve Ram Babu 1988 ve Akgün 1993).

Güç spetrumunun potansiyel alan verilerine uygulanması ile ilgili çalışmalar ilk olarak Brattacharyya (1966) ile Spector ve Grant (1970) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, anomaliye neden olan kütlelerin derinliklerinin saptanması ise Spector ve Grant (1970) tarafından gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmalarla da SP yönteminde küre ve çubuk şekilli model yapıların dalgasayısı ortamındaki özellikleri çeşitli yöntemler kullanılarak (Akçığ ve diğ. 1990, Akçığ ve Pınar 1993 vd.) incelenmiştir.

Bu çalışmada ise SP yönteminde model olarak kullanılan yatay silindir ve eğimli çubuk şekilli yapıların gerilim anomalilerinin tek ve çift bileşenlerine Fourier Dönüşümü (FD) uygulanarak dalgasayısı ortamındaki davranışları ile yapı parametrelerinin güç spektrumu üzerindeki etkileri ayrı ayrı araştırılmıştır.

## TEORİ

Bir  $f(x)$  fonksiyonunun FD

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\omega x} dx \quad (1)$$

$$F(\omega) = P(\omega) + iQ(\omega) \quad (2)$$

ve  $F(\omega)$  nın genlik,  $A(\omega)$  ve güç spektrumları,  $E(\omega)$

$$A(\omega) = |F(\omega)| = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)} \quad (3)$$

$$E(\omega) = |A(\omega)|^2 = P^2(\omega) + Q^2(\omega) \quad (4)$$

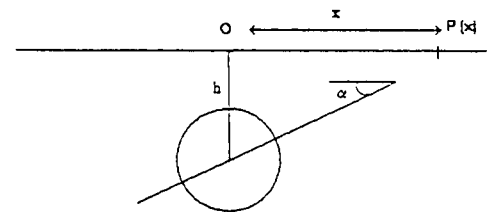
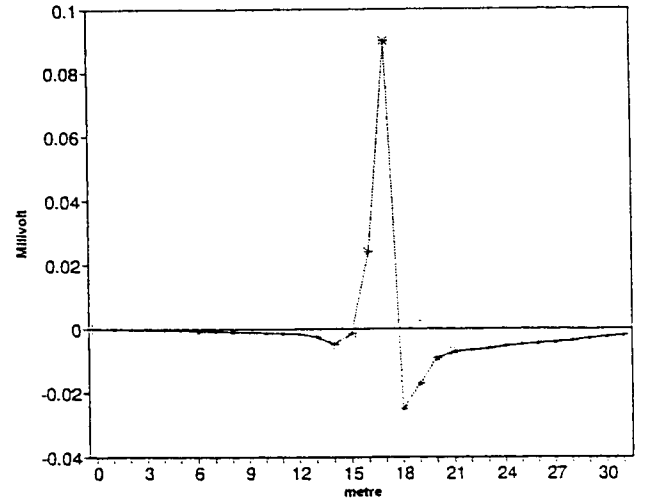
bağıntıları ile bulunur.

### Yatay Silindir Modeli

Kutuplanma açısı  $\alpha$ , odak derinliği  $h$  ve yarıçapı  $R$  olan bir silindirin (Şekil 1) yeryüzündeki izdüşümünden  $x$  kadar uzaktaki bir  $P(x)$  noktasında oluşturacağı doğal gerilim

$$V(x) = A \left[ \frac{x \cos(\alpha)}{x^2 + h^2} - \frac{h \sin(\alpha)}{x^2 + h^2} \right] \quad (5)$$

$$A = \frac{\Delta VR^2}{2}$$



Şekil 1. Doğal gerilim yönteminde yatay silindir modeli.

Fig. 1. Horizontal infinite cylinder model in Self Potential method.

ile verilir (Bhattacharya ve Roy 1981). Burada  $\Delta V$  silindirin iki kutbu arasındaki gerilim farkıdır. (5) bağıntısı tek ve çift bileşenlerin toplamından oluşmaktadır. Bu nedenle bağıntı dalgasayısı ortamına geçirilirken tek kısmın Fourier sinüs, çift kısmın Fourier kosinüs dönüşümlerinden yararlanır. Bunun için (5) bağıntısının FD alınırken önce

$$V(\omega) = A \left[ A \cos(\alpha) i \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{x^2 + h^2} \sin(\omega x) dx - h \sin(\alpha) i \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{x^2 + h^2} \cos(\omega x) dx \right] \quad (6)$$

tümlevi oluşturulur ve bu tümlev Erdelyi (1954) çizelgeleri kullanılarak (Bkz. Ek)

$$V(\omega) = A e^{-h\omega} \pi i \cos(\alpha) - A e^{-h\omega} \pi i \sin(\alpha) \quad (7)$$

$$E(\omega) = [V(\omega)]^2 = A^2 e^{-2h\omega} \pi^2 [\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha)] \quad (8)$$

$$\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha) = 1$$

$$C = A^2 \pi^2$$

$$E(\omega) = C e^{-2h\omega} \quad (9)$$

şeklinde çözülür. Yapı parametrelerinin güç spektrumu üzerindeki etkilerini araştırmak için (9) bağıntısının doğal logaritması alındığında

$$\ln [E(\omega)] = \ln(C) - 2\omega h \quad (10)$$

sonucuna ulaşılır. (10) dan görüldüğü gibi  $-2\omega h$  terimi güç spektrumunun yalnızca eğimini,  $\ln(C)$  terimi de genliği etkilemektedir. Buradan hareketle yatay silindir modelinde

$$\text{Eğim} = -2h \quad (11)$$

bağıntısı kullanılarak yapının odak derinliği bulunabilir.

### Eğimli Çubuk Modeli

Kutuplaşma açısı  $\alpha$ , öz direnci  $\rho$ , akım yoğunluğu  $I$ , üst

yüzün derinliği  $h_1$  ve alt yüzün derinliği  $h_2$  olan eğimli bir çubuğun yeryüzünde merkezden  $x$  mesafesindeki bir  $P(x)$  noktasında oluşturacağı doğal gerilim (Şekil 2)

$$V(x) = -N \left\{ \frac{1}{(x^2 + h_1^2)^{1/2}} - \frac{1}{[(x-a)^2 + h_2^2]^{1/2}} \right\} \quad (12)$$

$$N = \frac{\rho I}{2\pi}$$

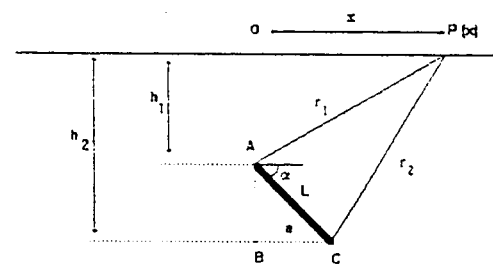
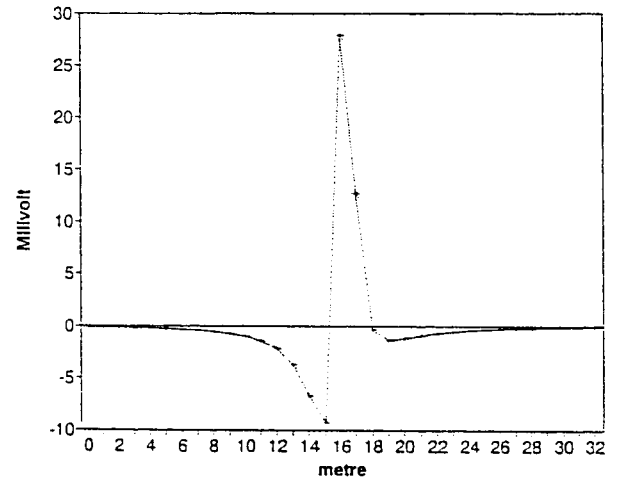
$$a = \frac{h_2 - h_1}{\tan(\alpha)}$$

ile verilir (Heiland 1968). Bu bağıntı,

$$V_{\phi}(x) = \left[ \frac{V(x) + V(-x)}{2} \right]$$

$$V_t(x) = \left[ \frac{V(x) - V(-x)}{2} \right]$$

yaklaşımları kullanılarak çift ve tek kısımlarına ayrılmış



Şekil 2. Doğal gerilim yönteminde eğimli çubuk modeli.

Fig. 2. Inclined thin rod model in Self Potential method.

$$V_{\xi}(x) = \frac{1}{2} N \left\{ -\frac{2}{(x^2 + h_1^2)^{1/2}} + \frac{1}{[(x-a)^2 + h_2^2]^{1/2}} + \frac{1}{[(-x-a)^2 + h_2^2]^{1/2}} \right\} \quad (13)$$

$$V_1(x) = -N \left\{ \frac{1}{[(x-a)^2 + h_2^2]^{1/2}} - \frac{1}{[(-x-a)^2 + h_2^2]^{1/2}} \right\} \quad (14)$$

ve daha sonra da tek kısmın Fourier sinüs dönüşümü, çift kısmın da Fourier kosinüs dönüşümleri alınarak çözüme gidilmiştir. Çift kısmın Fourier kosinüs dönüşümü Erdelyi (1954) tümlene çizelgeleri kullanılarak terim terim çözüldüğünde birinci, ikinci ve üçüncü terimlerin FD leri sırasıyla

$$A = -2NK_0(\omega h_1)$$

$$B = N \cos(\omega a) K_0(\omega h_2)$$

$$C = N \cos(\omega a) K_0(\omega h_2)$$

olarak bulunur. Sonuçta FD'nin doğrusallık özelliğinden çift kısmının FD

$$V_{\xi}(\omega) = A + B + C$$

$$V_{\xi}(\omega) = 2N [-K_0(\omega h_1) + \cos(\omega a) K_0(\omega h_2)] \quad (15)$$

ve güç spektrumu da

$$E(\omega) = [V_{\xi}(\omega)]^2 = 4N^2 [-K_0(\omega h_1) + \cos(\omega a) K_0(\omega h_2)]^2 \quad (16)$$

bağıntıları ile tanımlanır. (16) bağıntısında yer alan yapı parametrelerinin spektrum üzerindeki etkilerini araştırmak için bağıntının tekrar düzenlenmesi gerekmektedir. Bunun

için  $K_0(\omega h_1)$ ,  $K_0(\omega h_2)$  ve  $\cos(\omega a)$  terimlerinin etkileri ayrı ayrı incelenmiştir (Çizelge 1). Çizelgeden de görüldüğü gibi  $K_0(\omega h_2)$ 'nin  $\omega$  ya göre değişimi,  $K_0(\omega h_1)$  terimine göre çok küçük olduğundan ihmal edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Ayrıca  $\cos(\omega a)$ 'nın değişimi -1 ve +1 değerleri arasında değiştiğinden, bu terimin alabileceği en büyük değer olan +1 ile  $K_0(\omega h_2)$ 'nin çarpımı  $E(\omega)$  üzerinde önemli bir etki yaratmadığı Çizelge 1 de görülmektedir. Bu yaklaşımlar gözönüne alındığında çift kısmın güç spektrumu bağıntısı

$$E(\omega) = 4 N^2 K_0^2(\omega h_1) \quad (17)$$

olarak tanımlanır. (17) bağıntısının doğal logaritması alındığında

$$\ln[E(\omega)] = \ln(4) + 2\ln(N) + 2\ln[K_0(\omega h_1)] \quad (18)$$

bağıntısına ulaşır. (18) de

$$\omega h_1 \geq 2 \text{ ve } K_0 \cong K_1 \cong K \quad (19)$$

$$K_0(\omega h_1) = \frac{1.253}{(\omega h_1)^{1/2} e^{\omega h_1}} \quad (20)$$

yaklaşımları (Abramowitz ve Stegun 1972) kullanılırsa sonuçta

$$\ln[E(\omega)] = \ln(4) + 2\ln(N) + 2\ln(1.253) - \ln(\omega h_1) - 2\omega h_1 \quad (21)$$

elde edilir. (21) bağıntısında ilk üç terim sabit olduğu için

Çizelge 1. Eğimli çubuk modeli bağıntısının çift kısmında güç spektrumunu etkileyen terimlerin saptanması.

Table 1. The determination of the terms which dominates a power spectrum of the even part of the inclined thin rod equation.

	$h_1 = 20 \text{ m}$	$h_2 = 50 \text{ m}$	$\alpha = 30^\circ$	$L = 60 \text{ m}$	
w	$\cos(\omega a)$	$E(\omega)$	$K_0(\omega h_1)$	$K_0(\omega h_2)$	$(K_0(\omega h_2) / K_0(\omega h_1)) \times 100$
0.05	-0.857	0.657	0.461	0.065	14.1
0.10	0.468	0.059	0.120	0.004	3.0
0.15	0.054	$5 \cdot 10^{-3}$	0.036	0.0003	0.8
0.20	-0.561	$5 \cdot 10^{-4}$	0.011	$2 \cdot 10^{-5}$	0.18
0.25	0.907	$6 \cdot 10^{-5}$	0.004	$1 \cdot 10^{-6}$	0.03

eğim üzerinde etkileri yoktur. Dördüncü terimin de eğim üzerinde çok az etkisi olduğu için, sonuçta  $-2\omega h_1$  teriminin eğim üzerinde etkisi göz önüne alınır. Böylece gerilim bağıntısının yalnızca çift bileşeninin  $[V_c(x)]$  güç spektrumu kullanılarak

$$\text{Eğim} = -2h_1 \quad (22)$$

bağıntısından yapının üst derinliği  $h$  bulunur (Çizelge 2).

Benzer şekilde gerilimin tek kısmının (14) bağıntısı Fourier sinüs dönüşümü Erdelyi (1954) tümlev çizelgeleri yardımıyla terim terim alındığında

$$V_t(\omega) = -i \int V_t(x) \sin(\omega x) dx \quad (23)$$

$$V_t(\omega) = -2N i \sin(\omega a) K_0(\omega h_2)$$

olarak elde edilir. Bu bağıntının da güç spektrumu

$$E(\omega) = 4N^2 [\sin(\omega a) K_0(\omega h_2)]^2 \quad (24)$$

ifadesi ile tanımlanır.  $\omega$  nın çeşitli değerleri için (24) bağıntısı incelendiğinde (Çizelge 3),  $\sin(\omega a)$  nın  $E(\omega)$  üzerindeki etkisi çok küçük olduğundan

Çizelge 2. Modellere ait derinlikler ve hata oranlar

Table 2. The ratios of errors and depths of the models.

Model No	Gerçek Derinlik (m)	Hesaplanan derinlik (m)	Hata Oranı (%)
1	50	48	4
2	150	148	2
3	250	245	2

Çizelge 3. Eğimli çubuk modeli bağıntısının tek kısmında güç spektrumunu etkileyen terimlerin saptanması.

Table 3. The determination of the terms which dominates a power spectrum of the odd part of the inclined thin rod equation.

	$h_1 = 20 \text{ m}$	$h_2 = 50 \text{ m}$	$\alpha = 30^\circ$	$L = 60 \text{ m}$
w	$\sin(\omega a)$	$K_0(\omega h_2)$	$E_1(\omega)$	$E_2(\omega)$
0.05	0.515	0.065	$4.4 \times 10^{-3}$	$4.2 \times 10^{-3}$
0.10	-0.883	0.004	$5 \times 10^{-5}$	$6.4 \times 10^{-5}$
0.15	0.998	0.00025	$2.5 \times 10^{-7}$	$2.5 \times 10^{-7}$
0.20	0.828	0.00002	$1 \times 10^{-9}$	$1.6 \times 10^{-9}$

$$E(\omega) = 4N^2 K_0^2(\omega h_2) \quad (25)$$

yazılabilir. (25) bağıntısının da doğal logaritması alınırsa

$$\text{Ln}[E(\omega)] = \text{Ln}(4) + 2\text{Ln}(N) + 2\text{Ln}[K_0(\omega h_2)] \quad (26)$$

bulunur. (19) ve (20) bağıntısındaki yaklaşım ve özellikler (26) bağıntısında kullanılarak

$$\text{Ln}[E(\omega)] = \text{Ln}(4) + 2\text{Ln}(N) + 2\text{Ln}(1.253) - \text{Ln}(\omega h_2) - 2\omega h_2 \quad (27)$$

elde edilir. (27) bağıntısında yer alan terimlerin spektrum üzerindeki etkileri tek tek incelendiğinde (Çizelge 3); birinci, ikinci ve üçüncü terimler sabit olduğu için eğim üzerinde etkisi yoktur.  $\text{Ln}(\omega h_2)$  teriminin de spektrum üzerindeki etkisi çok az olduğundan ancak spektrum eğimi üzerinde  $-2\omega h_2$  nin etkili olduğu, diğer terimlerin ise sadece spektrum genliğini etkilediği sonucuna ulaşılır. Böylece;

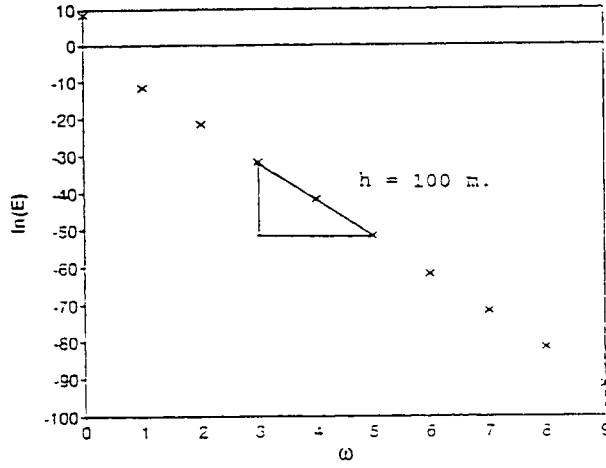
$$\text{Eğim} = -2h_2 \quad (28)$$

bağıntısı yardımıyla gerilimin tek kısmının spektrumundan, yapının alt ucunun derinliği  $h_2$  saptanmış olur.

## UYGULAMA

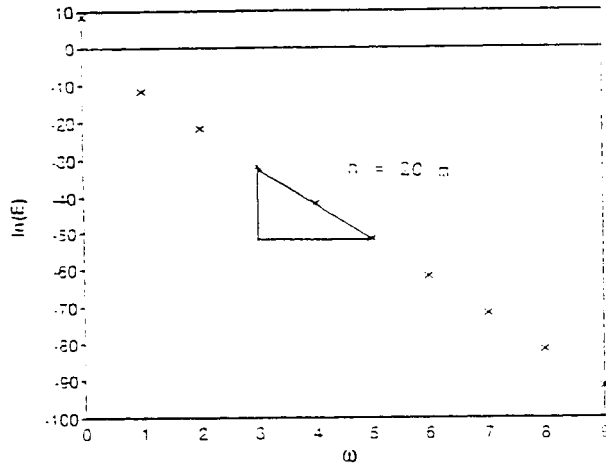
Uygulama kuramsal ve ayrık veriler kullanarak iki şekilde yapılmıştır.

Kuramsal verilerle yapılan uygulamalarda her model için tümlev çözümleri sonucu bulunan bağıntılarda [yatay silindir için (10) bağıntısı, eğimli çubuğun çift kısmı için (21) ve tek kısmı için (27) bağıntıları] kuramsal yapı parametreleri kullanarak önce güç spektrumu fonksiyonu oluşturulmuş ve daha sonrada spektrum fonksiyonlarının eğimlerinden (Şekil 3, 4 ve 5) yapı derinlikleri elde edilmiştir.



Şekil 3. Yatay silindir modelinin kuramsal güç spektrum değişimi .

Fig. 3. The plot of the theoretical power spectrum of horizontal infinite cylinder model versus regular frequency.

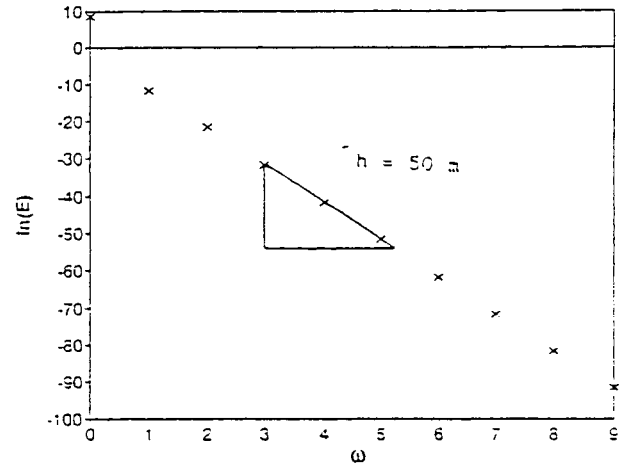


Şekil 4. Eğimli çubuk modeli bağlantısının çift kısmının kuramsal güç spektrumu .

Fig. 4. The plot of the theoretical power spectrum of even part of inclined thin rod expression.

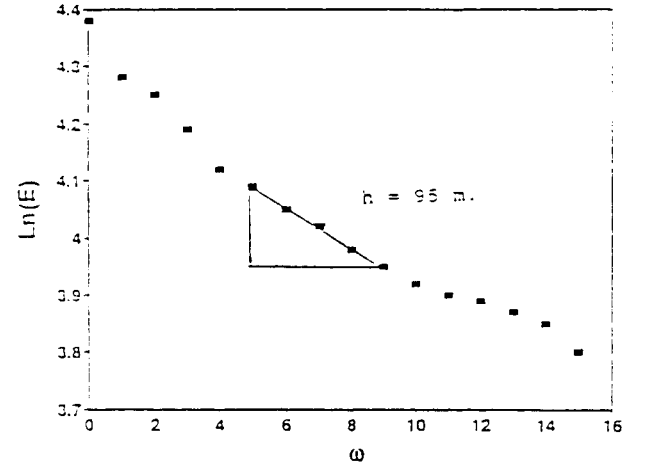
Ayrık verilerle yapılan uygulamanın ilk aşamasında yine her yapının analitik denklemleri [yatay silindir için (5), eğimli çubuk için (12) bağıntısı] kullanılarak ayrık gerilim değerleri oluşturulmuştur. İkinci aşamada sayısal FD kullanılarak dalgasayısı ortamında sayısal güç spektrumu eğrileri elde edilmiştir. Son aşamada da güç spektrumu eğrilerinin eğimlerinden yararlanılarak yapı derinlikleri bulunmuştur (Şekil 6, 7ve 8).

Yapılan bu uygulamalar sonucunda; sürekli ve ayrık veriler kullanarak güç spektrumu eğrilerinin eğimlerinden elde edilen derinliklerin başlangıç derinlikleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4).



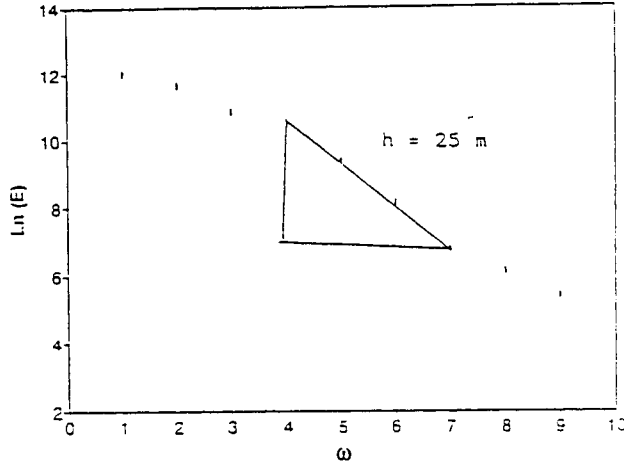
Şekil 5. Eğimli çubuk modeli bağıntısının tek kısmının kuramsal güç spektrumu değişimi .

Fig. 5. The plot of the theoretical power spectrum obtained from the odd part of inclined thin rod expression.



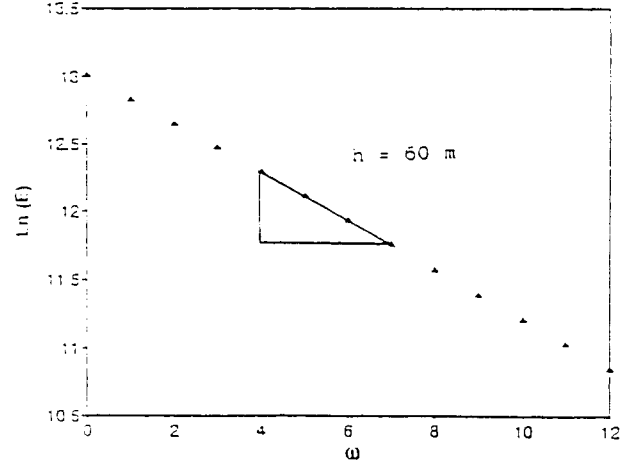
Şekil 6. Yatay silindir modelinin sayısal güç spektrumu değişimi .

Fig. 6. The plot of the discrete power spectrum of a horizontal infinite cylinder.



Şekil 7. Eğimli çubuk modeli bağlantısının çift kısmının sayısal güç spektrumu değişimi .

Fig. 7. The plot of the discrete power spectrum obtained from the even part of inclined thin rod model expression .



Şekil 8. Eğimli çubuk modeli bağlantısının tek kısmının sayısal güç spektrumu değişimi

Fig. 8. The plot of the discrete power spectrum obtained from the odd part of inclined thin rod model expression .

**Çizelge 4. Parametre çözüm denemelerinin model sonuçları.**

**Table 4. The results of the tests model for the parameter solution.**

Model	Kuramsal derinlik (m)	Analitik Güç Spektrumundan elde edilen derinlik h (m)	Sayısal Güç Spektrumundan elde edilen derinlik h(m)
Yatay			
Silindir	100	100	95
Çubuk			
(Çift Kısmı)	20	20	25
Çubuk			
(Tek Kısmı)	50	50	60

**SONUÇLAR**

SP yönteminde yatay silindir ve eğimli çubuk modelleri için kuramsal ve ayrık veriler kullanılarak yapılan güç spektrum uygulamalarından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yatay silindir ve eğimli çubuk modellerinin her ikisinde de güç spektrumunun eğimini yalnızca yapı derinlikleri etkilemektedir. Kutuplaşma açısı, potansiyel farkı, akım şiddeti ve çubuk boyu gibi yapı parametreleri ise spektrumun genliğini etkilemektedir.

Yatay silindir modelinde gerilim bağlantısının güç spektrum eğrisinin eğiminden yapının odak derinliği elde edilmiştir.

Eğimli çubuk modelinde gerilim bağlantısının tek ve çift bileşenlerinin spektrumları ayrı ayrı incelenmiştir. Çift kısmın güç spektrumunun eğiminden, yapının üst yüzünün derinliği, tek kısmın güç spektrumunun eğiminden de yapının alt yüzünün derinliği birbirinden bağımsız olarak bulunmuştur.

Ayrık verilerle yapılan uygulamalarda da aynı sonuçların elde edilmesi bu yöntemin arazi verileri üzerinde uygulanabilirliğini kanıtlamaktadır.

Gerek bu çalışmada, gerekse önceki çalışmalarda elde edilen bulgular, bizi tüm potansiyel alan (gravite, manyetik ve SP) verilerinde, güç spektrum eğrilerinin, eğiminden yapı derinliklerinin

$$\text{Eğim} = -2h$$

bağıntısı kullanılarak saptanabileceği şeklinde genelleştirilmiş sonuca ulaştırmaktadır.

**KAYNAKLAR**

- Abramowitz, M. and Stegun, I.A. 1972, Handbook of Mathematical Functions, Dover Publications, Inc., New-york.
- Akçığ, Z., Pınar, R. ve Ulugergerli, E. 1990, Güç spektrumunun SP yönteminde küre modeline uygulanması, Jeofizik, 4, 37-40.
- Akçığ, Z. ve Pınar, R. 1994, SP yönteminde Hartley Dönüşümü kullanılarak güç spektrumu uygulaması, Jeofizik, 8, 147-160.
- Akgün, M. 1993, The Complex Gradient Method in the Potential Fields, Ph.D.Thesis, DEÜ, İzmir.
- Bhattacharyya, B.K. 1966, Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to a rectangular prismatic body, Geophysics, 31, 97-121.
- Bhattacharyya, B.K. and Roy, N. 1981, A note and the use of nomogram for self-potential anomalies, Geophysical Prospecting, 29, 102-107.
- Canitez, N., Yaramancı, U. ve Özdemir, H. 1987, Spektral Analiz ve Jeofizikte Uygulamaları, TMMOB Jeofizik Müh. Odası Eğitim Yayınları, No:1.
- Erdelyi, A. 1954, Tables of Integral Transforms, Vol. 1, M Graw-Hill Book Company Inc., New York.
- Heiland, C.A. 1968, Geophysical Exploration, Hafner Publishing Co., New York.
- Murty, B.V.S. and Hariharan, P. 1985, Nomogram for the complete interpretation of spontaneous potential profiles over sheet-like and cylindrical two-dimensional sources, Geophysics, 50, 1127-1135.
- Petrowsky, A. 1928, The problem of a hidden polarized sphere, Philosoph. Mag Sci., 5, 334-353.
- Ram Babu, H.V. and Athuta Rao, D. 1988, A rapid graphical method for the interpretation of the self-potential anomaly over a two dimensional inclined sheet of finite depth extent, Geophysics, 50, 1127-1135.
- Rao, B.S., Murty, I.V.R., and Reddy, S.J. 1970, Interpretation for self-potential anomalies of simple geometric bodies, Pure and Applied Geophysics, 78, 66-67.
- Spector, A. and Bhattacharyya, B.K. 1966, Energy spectrum and autocorrelation function of anomalies due to simple magnetic models, Geophysical Prospecting, 14, 242-272.
- Spector, A. and Grant, F.S. 1970, Statistical models for interpreting aeromagnetic data, Geophysics, 35, 293-302.
- Yüngül, S. 1950, Interpretation of spontaneous polarization anomalies caused by spheroidal ore-bodies, Geophysics, 15, 237-246.

**EK**

$$1. \cdot g(y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\cos(xy)dx, \quad f(x) = (x^2 + a^2)^{-1}, \quad g(y) = \frac{1}{2} \pi a^{-1} e^{-ay} \quad \text{Re } a > 0$$

(Erdelyi 1954, s.8)

$$2. g(y) = \int_0^{\infty} f(x)\cos(xy)dx, \quad f(x) = (x^2 + a^2)^{-1/2}, \quad g(y) = K_0(ay) \quad \text{Re } a > 0$$

(Erdelyi 1954, s.9)

$$3. g(y) = \int_0^{\infty} f(x)\sin(xy)dx, \quad f(x) = x(x^2 + a^2)^{-1}, \quad g(y) = \frac{1}{2} \pi e^{-ay} \quad \text{Re } a > 0$$

(Erdelyi 1954, s.65)

$$4. \Gamma(1) = 1 \quad \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = (\pi)^{1/2} \quad \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{1}{2} (\pi)^{1/2}$$

(Abramovitz ve Stegun 1972, s.255)