

# MANYETİK VERİLERİN HIZLI VE OTOMATİK YORUMUNDA WERNER TEKNİĞİ VE YATAY TÜREVLERİ

## Horizontal Derivatives and Werner Technique in Fast and Automatic Interpretation of Magnetic Data

İbrahim AYDIN\*

### ÖZET

Manyetik profil verilerinin hızlı ve otomatik yorumlanması için bir çok teknik bulunmaktadır. Bunlardan en çok tanınanı Werner tekniği olup uygulama sadeliği nedeniyle de en çok kullanılan tekniktir.

Buna rağmen, Werner tekniği uygulamalarında pencere genişliğinin yanlış seçimi, hesaplanan kütle derinliği ve konumlarında bazı belirsizlikler doğurmaktadır. Bu belirsizlikler elde edilen sonuçların başka tekniklerle desteklenmesiyle giderilebilir. Bu amaçla kullanılabilir tekniklerden birisi de kutba indirgenmiş manyetik veriye uygulanabilen Yatay Türev tekniği olup bu yazıda tanıtılmaktadır.

### ABSTRACT

There are many automatic and fast techniques for the interpretation of magnetic profile data. One of them, Werner technique is well known and applied very often because of its simplicity in use.

However, in the application of the Werner technique, unappropriate selection of the window length may cause some ambiguities on calculated depth and location of bodies. These ambiguities may be removed by other techniques to improve the results. For this purpose, the horizontal derivatives method which is applicable to the pole reduced magnetic data can be used.

### GİRİŞ

Havadan manyetik etütlerde 1950'li yıllarda başlayan artış, 1960'lı yılların başlarında en yüksek noktaya ulaşmıştır. O yıllarda, özellikle petrol arama amaçlı, kara ve denizlerde milyonlarca kilometrelik manyetik veri toplanmıştır. Böyle hızlı ve büyük miktardaki veri akışı, verinin derlenmesi, işlenmesi, haritalanması, nitel ve nicel olarak hızlı bir şekilde yorumlanması çalışmalarında bazı tıkanmalar yaratmıştır. Bu yüzden yorumcular yeni arayışlara girmişlerdir. Bu arayışlar anomalilere neden olan kütlelerin derinlik, kalınlık gibi parametrelerinin hızlı ve otomatik olarak hesaplanmasını sağlayacak yeni tekniklerin geliştirilmesine veya bilinenlerin amaca uygun hale getirilmesine neden olmuştur. Diğer taraftan geliştirme ve iyileştirmelerin başarıya ulaşmasında bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerin payı büyük olmuştur.

Manyetik anomalilerin yorumunda uzun yıllar Peters (1949) tekniği kullanılmıştır. Bunu, eğri çakıştırma teknikleri, eğri çakıştırma tekniklerini de Talwani ve Heirtzler (1964) düz çözüm tekniği izlemiştir. 1970'li yılların başlarında ise bilgisayar destekli çözümlerden Johnson (1960), Mc Grath and Hood (1970) ve Hjelt (1973) teknikleri yaygın olarak kullanılmıştır. Yine o yıllarda en çok uygulanan bir başka çözüm tekniği ise Koulomzine ve diğ. (1970) tarafından tanıtılmıştır. Buraya kadar sözü edilen bu tekniklerin tümünde tek bir anomali ele alı-

nıp çözümlenmekte, hatta bazılarında anomali üzerinde gözle belirlenmesi gereken özel noktalara gerek duyulmaktadır. Aynı yıllarda ve daha sonraki yıllarda, Hartman ve diğ (1971), Naudy (1971), O'Brien (1972), Philips (1978) ve Thompson (1982), anomaliler üzerinde özel noktaların gözle belirlenmesine gerek duyulmayan ve bir profil boyunca anomalilerin otomatik olarak çözümlenmesini sağlayan yeni teknikler önermişlerdir. Bu teknikler, bulunan parametrelerin sayısı sınırlı da olsa anomali çözümlemede önemli bir hıza erişilmesini sağlamışlardır.

### BİLİNEN BAZI HIZLI VE OTOMATİK ÇÖZÜM TEKNİKLERİ

Bu tekniklerin hemen hemen hepsinin kuramsal temeli, hızı ve bazı fazladan bilgilere gereksinimleri farklıdır. Naudy (1971), bir profil üzerinde bulunan anomaliler ve bunların kutba indirgenmiş hallerini simetrik ve asimetric olmak üzere iki kısma ayırmıştır. Bunlardan simetrik kısımları kullanarak anomalie neden olduğu varsayılan daykın konum ve derinlik parametrelerini hesaplamaya çalışmıştır.

O'Brien (1972) ise, manyetik anomalie neden olduğu varsayılan prizmatik kütlelerin köşe noktalarının konum ve derinliklerini bulmayı hedeflemiştir. Bunun için uzaysal otoregresyon işleminden yararlanılmaktadır. Regresyon eşitlikleri

\* MTA Genel Müdürlüğü, Jeofizik Etütleri Dairesi, 06520 Ankara.

ise, manyetik değerlerin yatay birinci türevleri ile bunların Fourier ve Hilbert dönüşümlerinden elde edilmektedir. Bir veri penceresi için oluşturulan regresyon eşitliklerinin çözümünden bulunacak katsayılar, derecesi prizmatik kütle sayısı olan bir polinomun katsayılarını oluşturmaktadır. Bu polinomun karmaşık kökleri ise, veri penceresi içindeki manyetik anomalilere neden olan prizmatik kütlelerin köşe noktalarının ve derinliklerinin fonksiyonu olmaktadır.

Philips (1978)'e göre, manyetik temel, ince ve dik daykalarla temsil edilebilir. Bir profil boyunca ölçülen manyetik değerler de, bu ince ve dik daykların manyetik anomalilerinin toplamıdır.

Bir manyetik anomali, belli bir derinlikteki daykın impuls tepki fonksiyonu ile daykın mıknatıslanma şiddetinin evrişimi olarak tanımlanabilir.

Bir başka ifadeyle, bir manyetik anomalinin özilişkisi, derinliği ön kestirimle belirlenen bir daykın impuls tepki fonksiyonunun özilişkisi ile bu daykın mıknatıslanma şiddetinin özilişkisinin evrişimidir.

Philips (1978) tekniğine göre, derinliği önceden belirlenen kuramsal bir dayk anomalisi ile bir veri penceresi içindeki manyetik değerlerin özilişkileri birbirleriyle tüm kaymalarda uyumlu ise, ön kestirilen derinlik doğrudur. Özilişkilerin uyumlu olmaması halinde, ön kestirilen derinlik değiştirilerek yeniden oluşturulan kuramsal dayk anomalisinin özilişkisi sınanır. Bu işlemler veri penceresinin profil boyunca ilerletilmesiyle sürdürülür.

Konuya daha değişik bir yaklaşım getiren Thompson (1982), çalışmasında Euler bağıntısını kullanmıştır. Bir veri penceresi içindeki değerler Euler kısmi differansiyel bağıntısı kullanılarak oluşturulan doğrusal eşitlikler çözümlenerek anomalilere neden olan kütlelerin konum ve derinlik parametreleri hesaplanabilmektedir. Bu uygulamada Euler bağıntısının türdeşlik katsayısının ön kestirimine gerek duyulmamaktadır. Reid ve diğ. (1990) aynı tekniği geliştirerek yeni uygulama örnekleri vermişlerdir.

Kendinden Hartman ve diğ. (1971) ile sözetirmeye başlayan ve adını ilk kullanıcısı Werner (1953)'den alan teknik, Jeofizik yayınlarda "Werner Deconvolution" olarak bilinmektedir. Werner tekniğinin özü şu şekilde tanımlanabilir; bir manyetik anomali, kuramsal modelin impuls tepki fonksiyonu ile yer katkı fonksiyonunun evrişimidir. Ters evrişimle de yer katkı fonksiyonunun konum ve derinlik parametreleri hesaplanabilir.

Jain (1976), bu tekniğe bazı kuramsal yenilikler ekleyerek geliştirmiş, Behrendt ve Klitgord (1980) ise Atlantik kıta kenarı manyetik anomalilerine uygulamıştır. Ku ve Sharp'ın (1983) çalışmaları da aynı tekniği değişik yaklaşımlarla irdelemek şeklinde olmuştur. Bu tekniğin gravite anomalilerine uygulanışına da rastlanmaktadır (Kilty 1983).

Son zamanlarda Keating ve Pilkington'un (1990) manyetik düşey gradient anomalileri için öngördükleri çözümün özünü yine Werner tekniği oluşturmaktadır.

Kuramsal sadeliği ve uygulama kolaylığı açısından en çok tanınan ve rağbet gören bu teknik, özellikle petrol aramalarına yönelik çalışmalarda, manyetik temel derinliğin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

## WERNER TEKNİĞİ VE YATAY TÜREV ÇÖZÜMÜNÜN TEMEL TANIMI

$x$  eksenini dik doğrultuda uzanan, kalınlığı  $d$ , derinliği  $h$  olan dik bir daykın toplam manyetik alan şiddeti izleyen eşitlik ile verilebilir (Ku and Sharp 1983).

$$T(x) = \frac{A \cdot (x - x_0) + B \cdot h}{(x - x_0)^2 + h^2} \quad (1)$$

Burada A ve B terimleri

$$\begin{aligned} A &= -2d (J_x \cdot \sin I + J_z \cdot \cos I \cdot \sin \alpha) \\ B &= 2d (-J_z \cdot \cos I \cdot \sin \alpha + J_x \cdot \sin I) \end{aligned} \quad (2)$$

şeklinde tanımlanabilir. (1) ve (2) eşitliklerindeki diğer terimler ise  $I$ ; etkin manyetik alanın dağılımı,  $\alpha$ ; saat yönünün tersi pozitif olmak üzere dayk doğrultusunun manyetik kuzeyle yaptığı açı,  $J_x$  ve  $J_z$  sırasıyla manyetik kutuplanma vektörünün yatay ve düşey bileşenleri,  $x_0$ ; dayk merkezinin eksenini üzerindeki konumunun koordinatı ve  $h$ ; daykın tepe noktasına olan derinlik olarak verilmişlerdir.

(1) eşitliğinin  $0 - \alpha$  arasında integrasyonu ile bir basamak yapısının manyetik anomalisi, integrasyon eşitliğinde türevi alınarak bir basamak yapının kenar etkisi anomalisi elde edilebilir. (1) eşitliğinin önce integrasyonu sonra türevi alınarak yine kendine benzer bir eşitlik elde edilecektir. Fark sadece basamak yapının  $-\alpha$  veya  $+\alpha$ 'a doğru uzanması durumunda (1) eşitliğinin başına gelecek işarette olacaktır (Ku and Sharp 1983).

Ku ve Sharp (1983), (1) eşitliğine ikinci dereceden bir çok terimli ekleyerek, anomali üzerindeki bölgesel etkileri (3) eşitliğindeki gibi tanımlamışlardır.

$$T = \frac{A \cdot (x - x_0) + B \cdot h}{(x - x_0)^2 + h^2} + C_1 x^2 + C_2 x + C_0 \quad (3)$$

(3) eşitliğinde bazı terimler birleştirilip yeniden yazılmasıyla (4) eşitliği elde edilecektir (Ku and Sharp 1983).

$$Tx^2 = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + b_0 T + b_1 x T \quad (4)$$

(4) eşitliğinin  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, b_0$  ve  $b_1$  den meydana gelen 7 bilinmeyen, 7 noktadaki değerler ve bunların koordinatlarının yerlerine konulmasıyla oluşturulacak 7 eşitlikten hesaplanabilir. Bunlardan  $b_0$  ve  $b_1$  yardımıyla,

$$x_0 = b_1/2 \quad \text{ve} \quad h = (-b_0 - x_0^2)^{1/2}$$

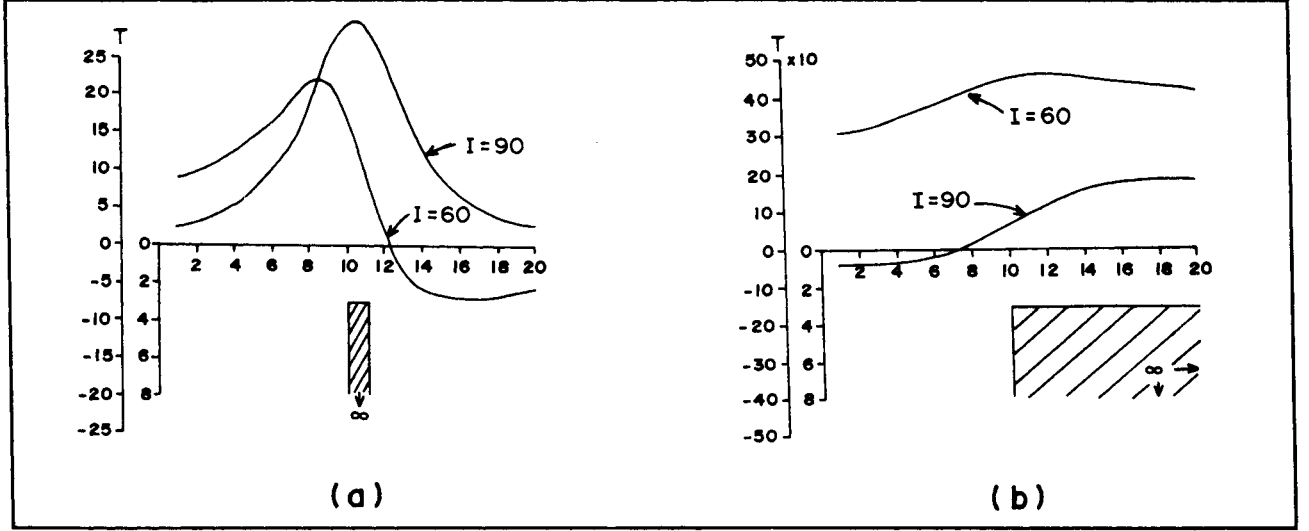
hesaplanabilecektir (Ku and Sharp 1983). Bu profil üzerindeki hesaplamalarda pencere bir birim kaydırılarak işlem sürdürülür.

Werner tekniğinin en çok tartışılan tarafı, pencere genişliği seçiminde karşılaşılan güçlülüdür. Pencerenin çok geniş olması halinde anomali sadece 2-3 nokta ile tanımlanabilecek, çok dar olması halinde ise pencere anomaliiyi tam olarak kapsamıyacaktır. Diğer taraftan, manyetik verinin teyp veya disklere sayısal olarak kaydedildiği durumlarda, anomalilerin dalga boyları gözle görülemediğinden, anomaliiyi 7 nokta ile tanımlayacak bir pencere genişliği seçiminde kararsızlık söz konusu olacaktır. Bu yüzden Werner uygulamaları pencere genişliği birkaç kez değiştirilerek yapılır. Bir profilde onbinlerce manyetik veri ve yüzlerce anomali olduğu ve pencere genişliğinin de birkaç kez değiştirildiği gözönüne alınırsa, Werner uygulamalarında büyük bir zaman kaybı ve bazan da yanıltıcı sonuçlarla karşılaşılabilir.

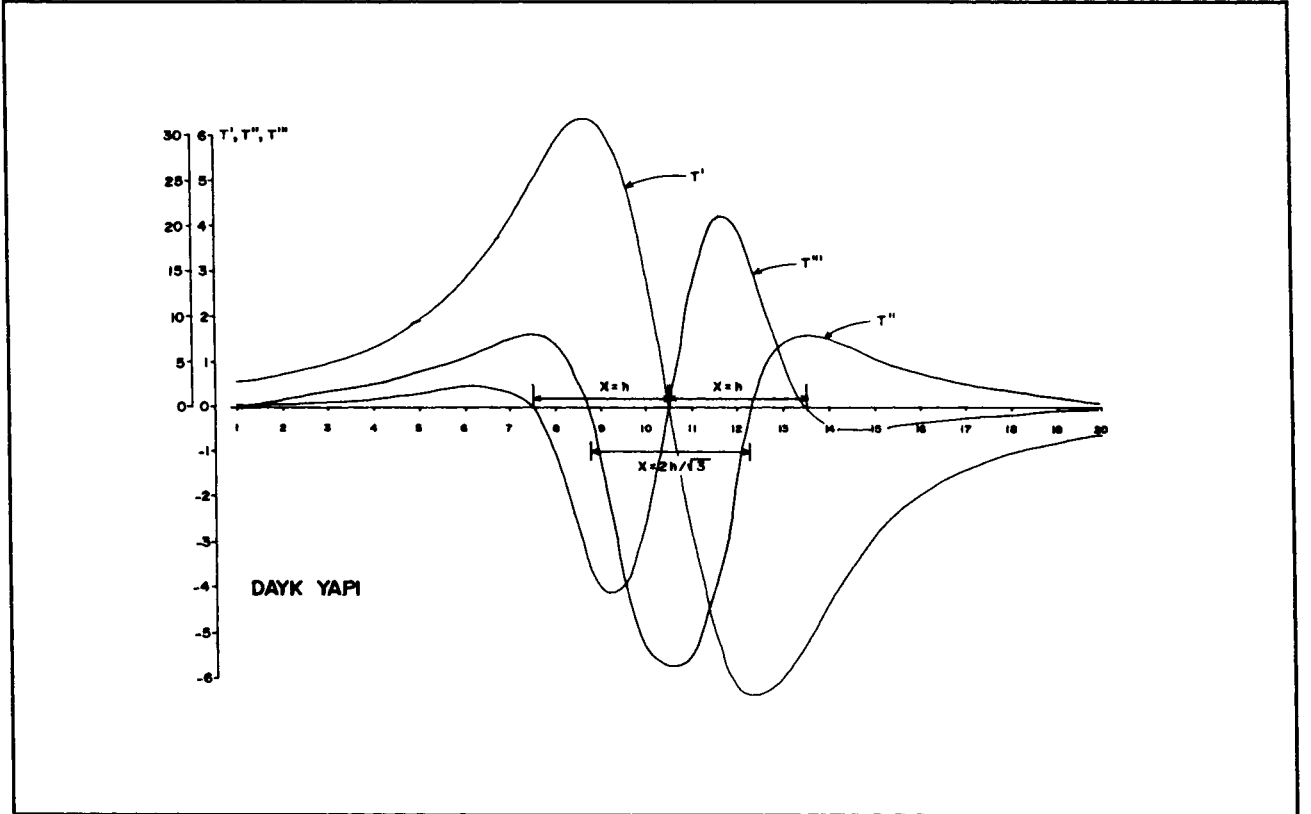
Zaman kaybının önlenmesi ve yanıltıcı sonuçlarla karşılaşmaması için Werner tekniği başka tekniklerle sınıp desteklenmelidir. Bu yazıda önerilen yatay türev tekniği, Werner uygulamalarının sınanmasında ve tek başına kullanılabilir basit bir tekniktir. Bunun için (1) eşitliği bazı varsayımlarla (5) eşitliği şekline getirilebilir.

$$T(x) = \frac{B' \cdot h}{(x - x_0)^2 + h^2} \quad (5)$$

Buradaki varsayımlar; daykın ince ve dik olduğu, kalınlık mıknatıslanma olmadığı ve etkin manyetik alanın dik ve buna bağlı olarak da mıknatıslanma vektörünün yatay bileşeninin olmadığıdır.  $B'=2d J_z$  dir.  $d$  ve  $J_z$ , (2) eşitliklerinde açıklanmıştır.



Şekil 1. Dayk model (a) ve basamak model (b) ile bunların  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  manyetik toplam alan anomalileri.  
Fig. 1. Dike model (a) and step model (b), their magnetic total field anomalies for  $I=60^\circ$  and  $I=90^\circ$ .



Şekil 2. Dayk model  $I=90^\circ$  anomalisinin yatay türevleri.  
Fig. 2. Horizontal derivatives of dike model anomaly ( $I=90^\circ$ ).

(5) eşitliğinin ikinci ve üçüncü yatay türevlerinin sıfır olduğu noktalar arasındaki  $x$  uzaklığı anomaliye neden olan kütlelin üst köşe noktalarına olan  $h$  derinliği ile ilişkilidir. Bu ilişki ikinci türev için  $h = (\sqrt{3}/2) \cdot x$  şeklinde, üçüncü türev için  $h=x$  şeklindedir.

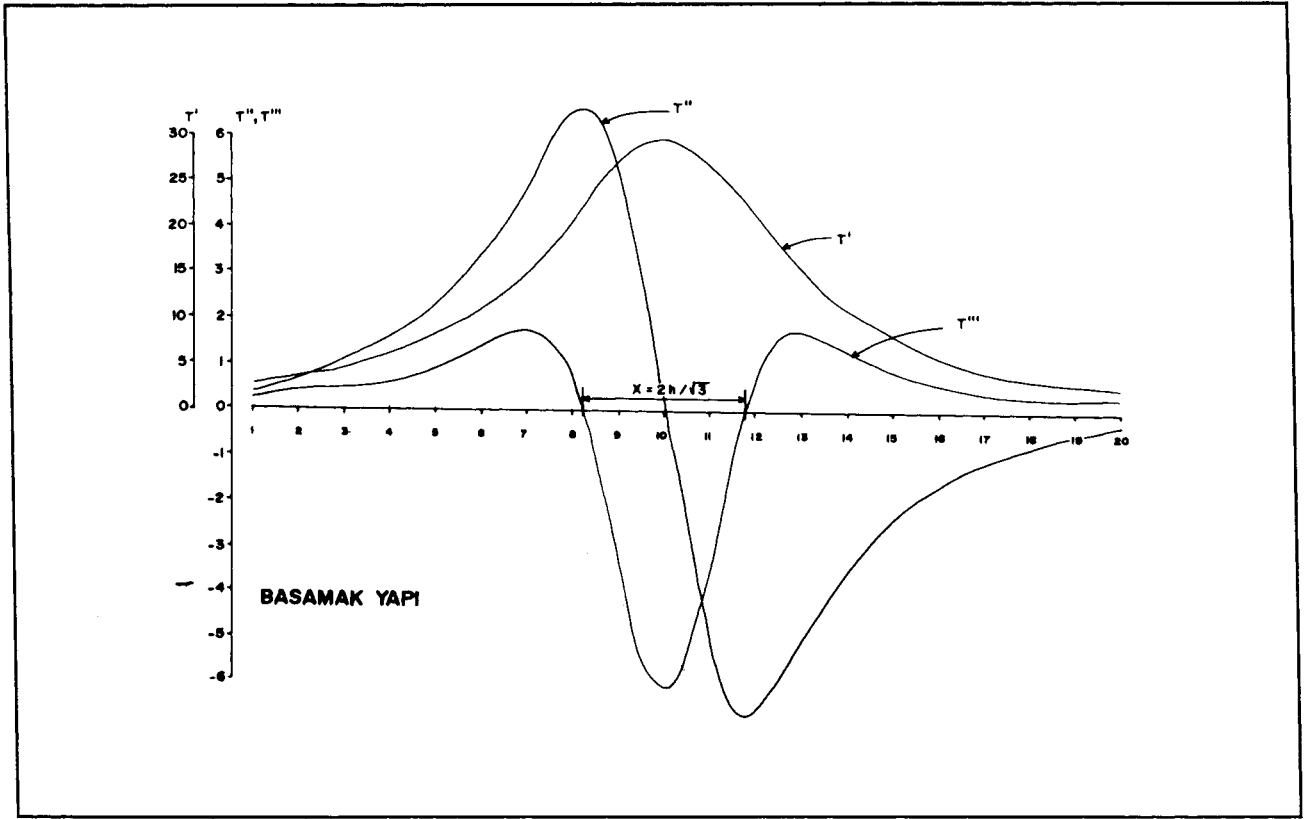
### MODEL ÇALIŞMALAR

Etkin manyetik alanın şiddeti 45 000 gamma, sapma açısı  $0^\circ$ , dalım açısı  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  alınarak Talwani ve Heirtzler (1964) ile oluşturulan modellerin anomalileri Şekil 1 a ve 1 b'de görülmektedir. Bu modellerin  $I=90^\circ$  için elde edilen anomalilerinin birinci, ikinci ve üçüncü dereceden türevleri ise Şekil 2

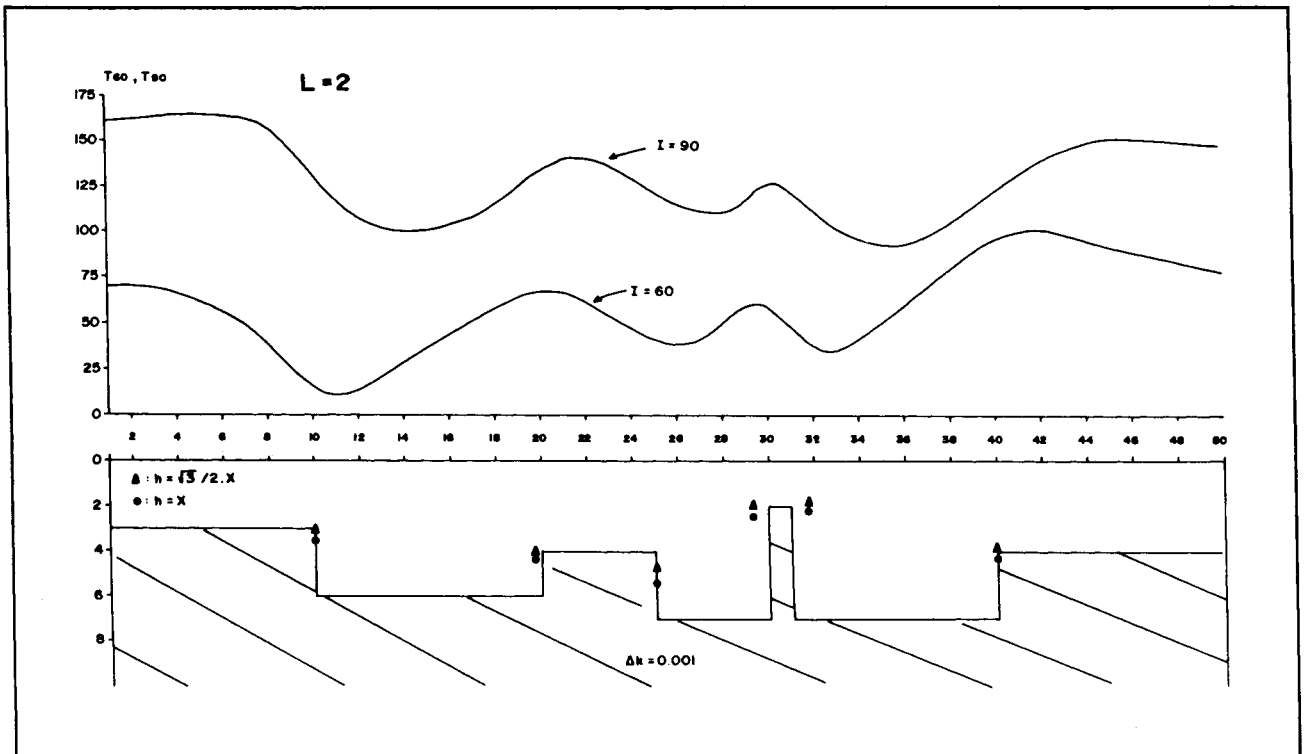
ve Şekil 3 de yer almaktadır. Şekil 2 ve Şekil 3 e göre, basamak yapının  $I=90^\circ$  anomalisinin birinci yatay türevi, dayk yapının  $I=90^\circ$  anomalisine eşdeğerdir.

Yine Şekil 2 ye göre dayk anomalisinin birinci ve üçüncü türevinin sıfır, ikinci türevinin mutlak değerinin maksimum olduğu noktalar daykın üst merkez noktasının yatay konumunu vermektedir. İkinci türevinin sıfır olduğu noktalar arasındaki  $h = (\sqrt{3}/2) \cdot x$  şeklinde, üçüncü türevin sıfır olduğu noktalar ile dayk derinliği arasında  $h=x$  şeklinde bir ilişki görülebilir (Şekil 2).

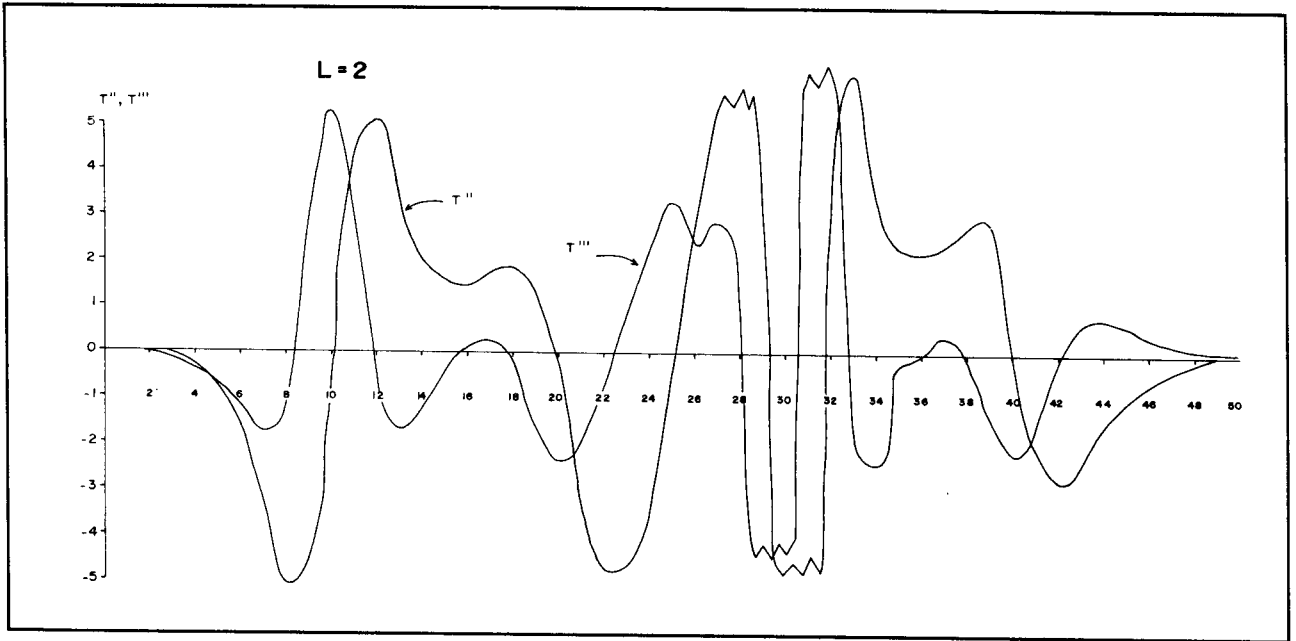
Basamak yapının  $I=90^\circ$  anomalisinin birinci yatay türevinin maksimum olduğu nokta ve ikinci türevin sıfır olduğu



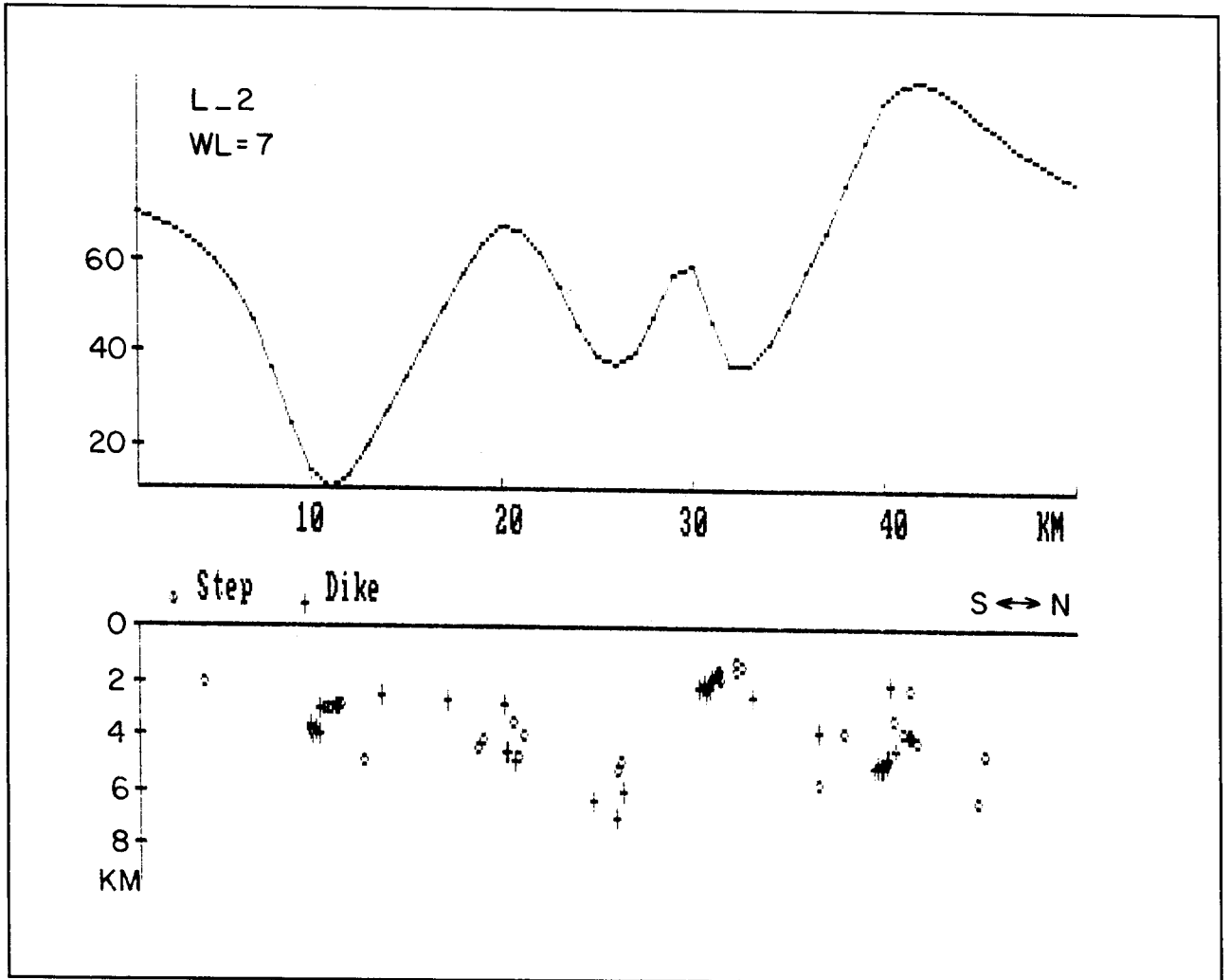
Şekil 3. Basamak model  $I=90^\circ$  anomalisinin yatay türevleri.  
Fig. 3. Horizontal derivatives of step model anomaly ( $I=90^\circ$ ).



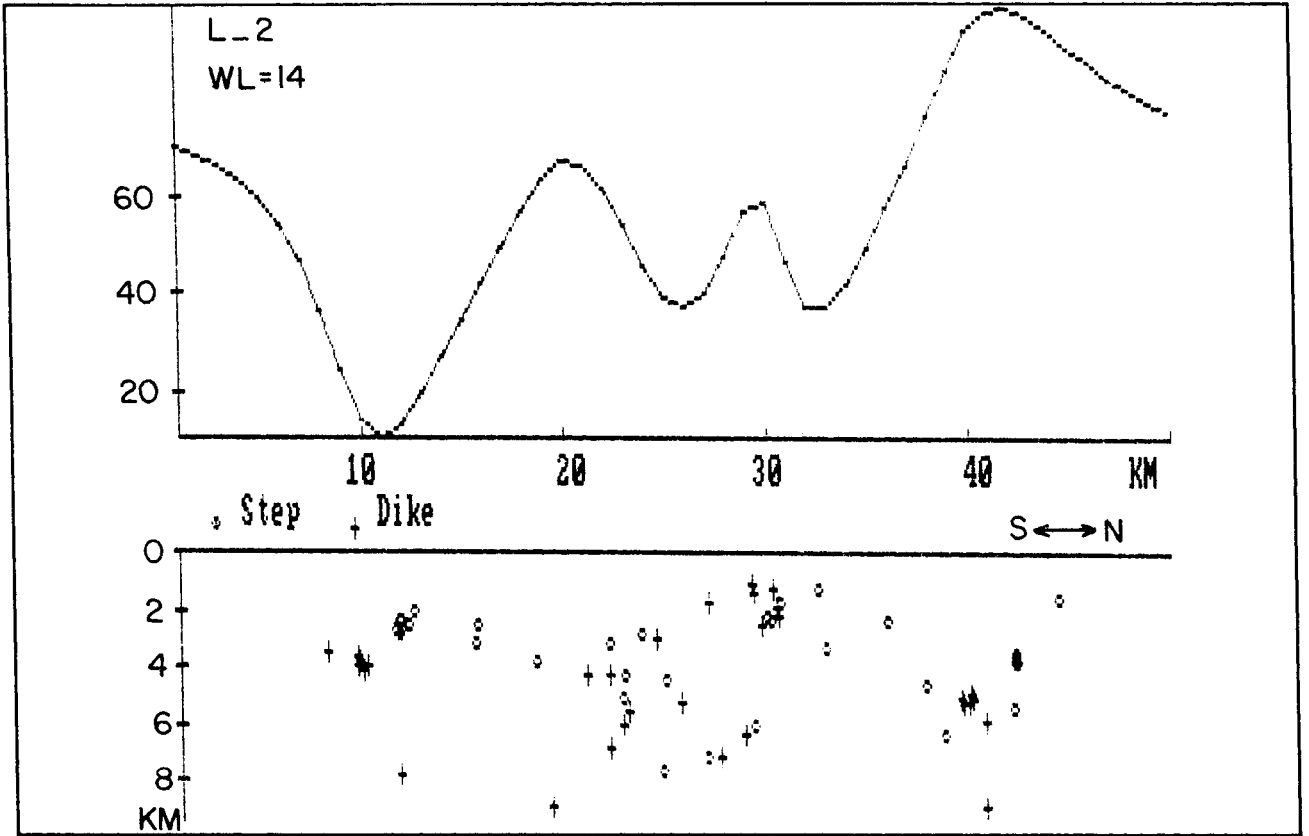
Şekil 4. Bir model ve onun  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  anomalileri. Yatay Türev çözümleri model üzerine nokta ve üçgenlerle işaretlenmiştir.  
Fig. 4. Model and its anomalies for  $I=60^\circ$  and  $I=90^\circ$ . Horizontal derivative solutions marked with dots and triangles on the model.



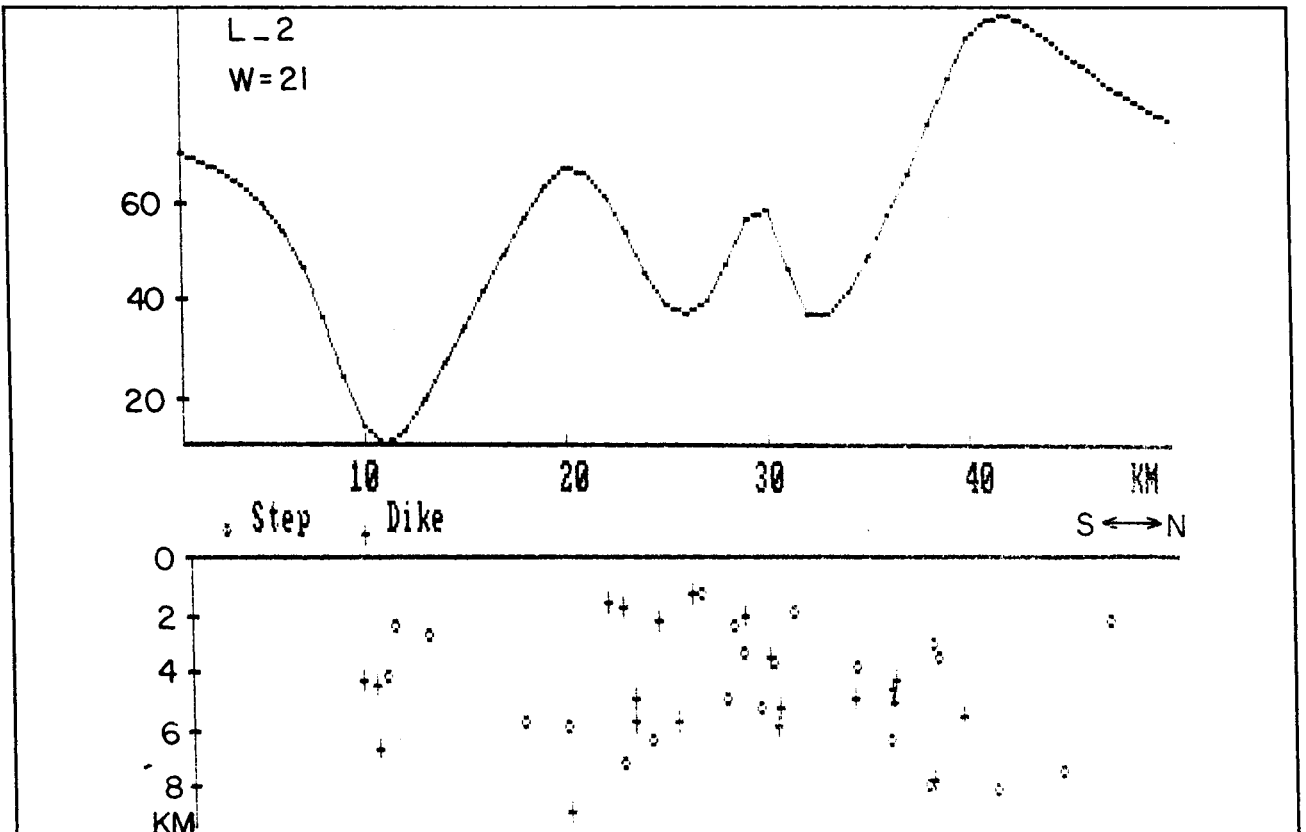
Şekil 5. Şekil 4 deki modelin  $I=90^\circ$  anomalisinin yatay türevleri.  
Fig. 5. Horizontal derivatives of the  $I=90^\circ$  anomaly of the model in fig. 4.



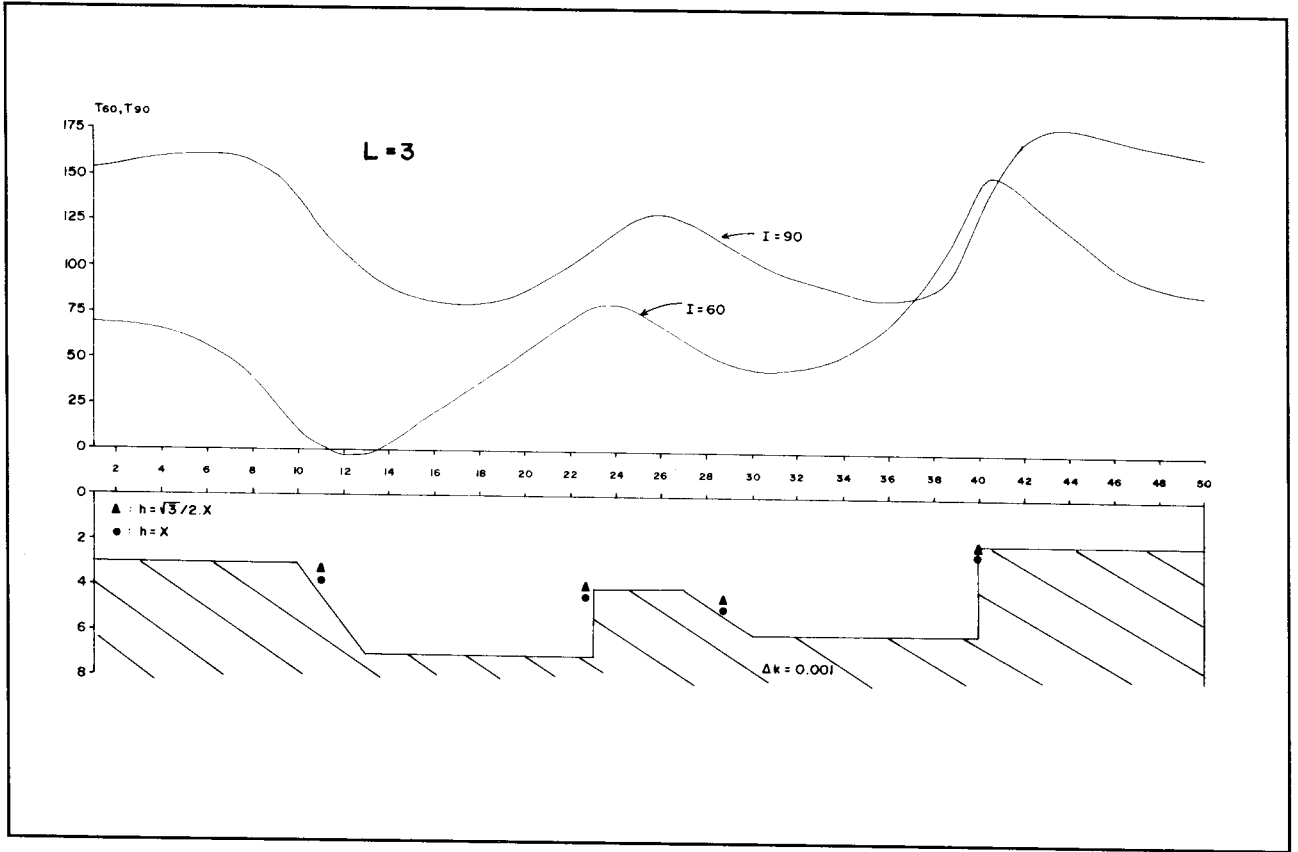
Şekil 6. Şekil 4 deki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 7 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 6. Werner solution with 7 km window length of the  $I=60^\circ$  anomaly of the model in Fig. 4.



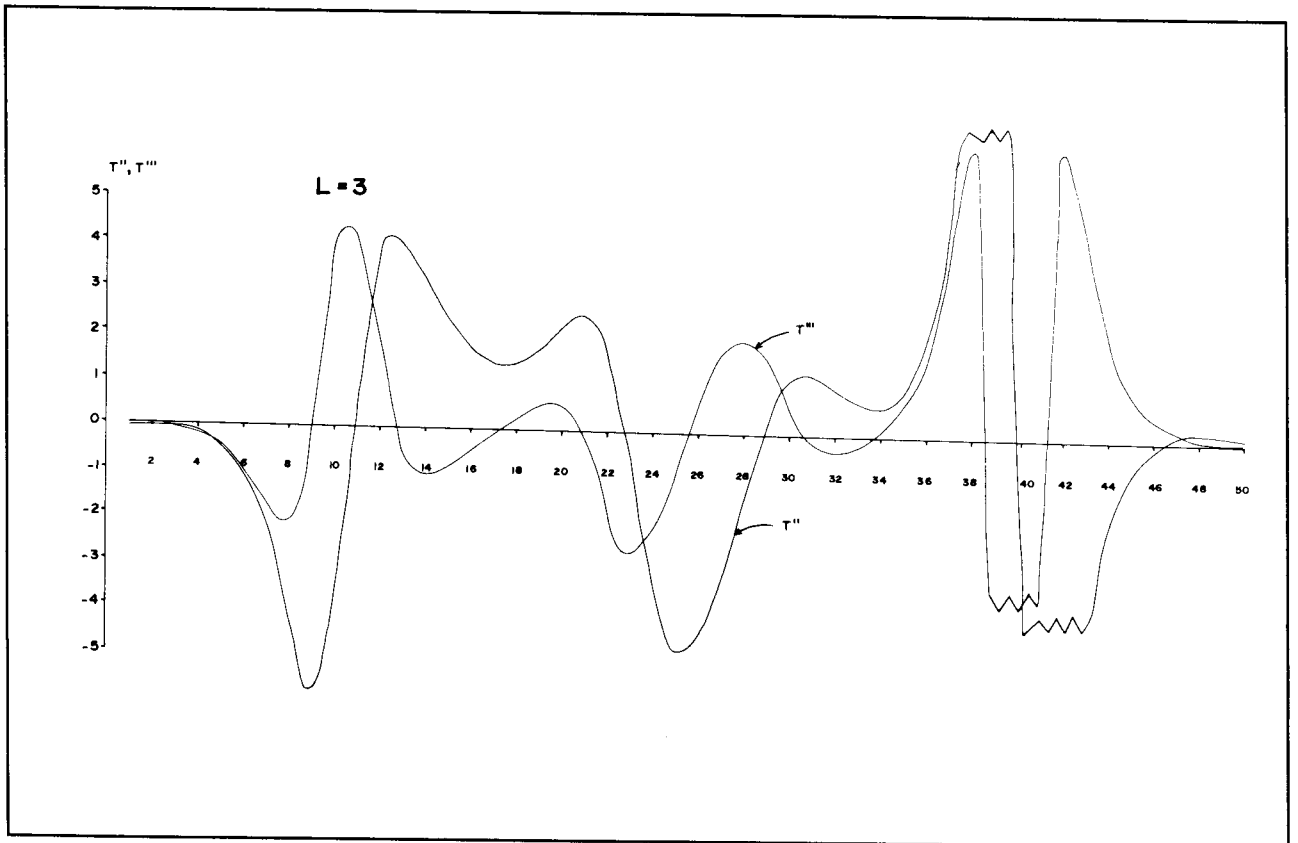
Şekil 7. Şekil 4 deki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 14 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 7. Werner solution with 14 km window length of the  $I=60^\circ$  anomaly of the model in Fig. 4.



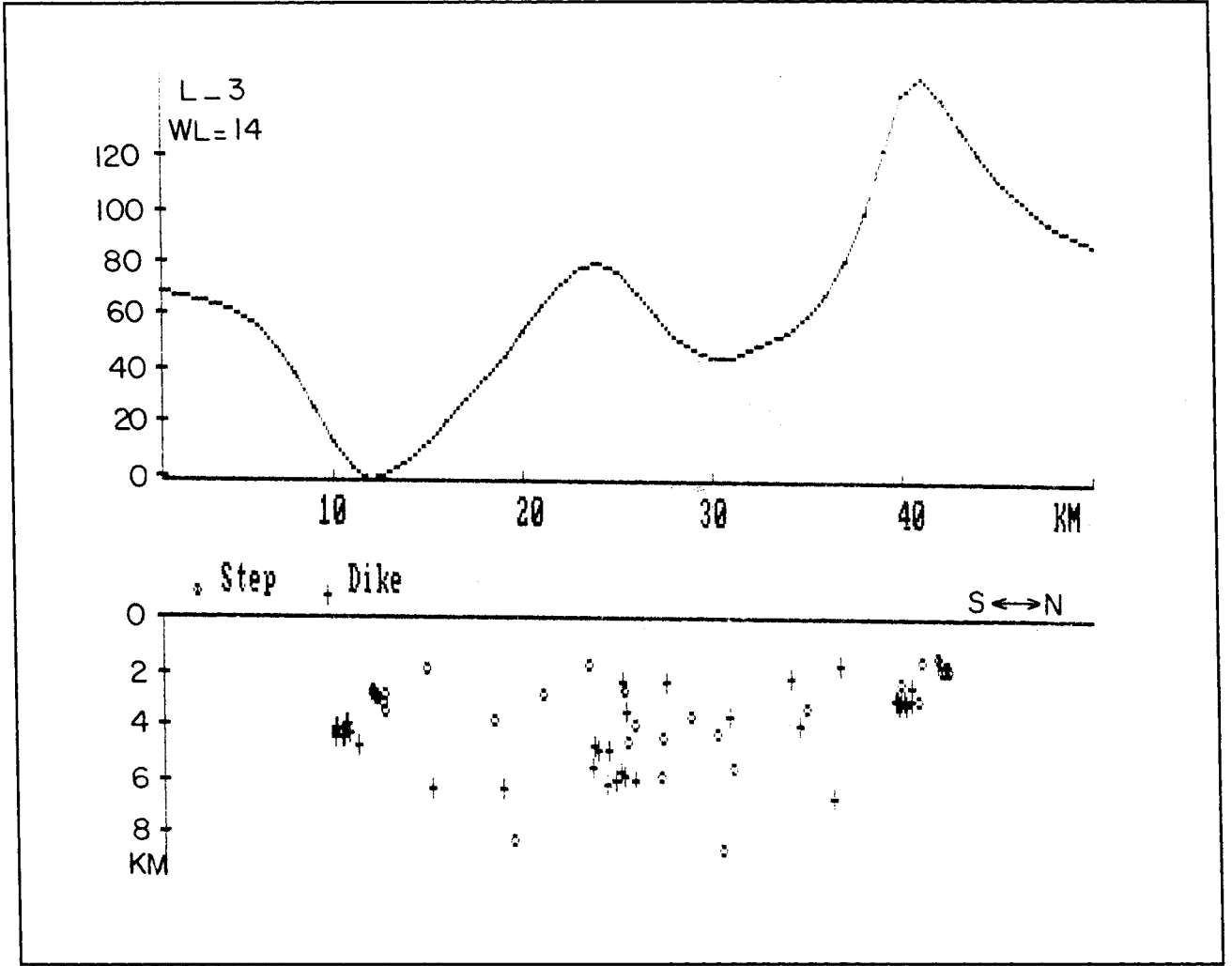
Şekil 8. Şekil 4 deki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 21 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 8. Werner solution with 21 km window length of the  $I=60^\circ$  anomaly of the model in Fig. 4.



Şekil 9. Bir model ve onun  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  anomalileri. Yatay türev çözümleri model üzerine nokta ve üçgenlerle işaretlenmiştir.  
 Fig. 9. Model and its anomalies for  $I=60^\circ$  and  $I=90^\circ$ . Horizontal derivative solutions marked with dots and triangles on the model.



Şekil 10. Şekil 9 daki modelin  $I=90^\circ$  anomalisinin yatay türevleri.  
 Fig. 10. Horizontal derivatives of the  $I=90^\circ$  anomaly of the model in Fig. 9.



Şekil 11. Şekil 9 daki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 14 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 11. Werner solution with 14 km window length of the  $I=60^\circ$  anomaly of the model on Fig. 9.

nokta, basamağın köşe noktasının yatay konumuna isabet etmektedir (Şekil 3). Üçüncü yatay türevinin sıfır olduğu noktalar arasındaki uzaklığın basamak yapının köşe noktasının derinliği ile ilişkisi  $h = (\sqrt{3}/2) \cdot x$  şeklindedir.

Şekil 4 de bir model ve bu modelin  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  anomalileri görülmektedir. Şekil 4 deki modelin  $I=90^\circ$  anomalisinin ikinci ve üçüncü yatay türevleri ise Şekil 5 de yer almıştır. Şekil 5 den yararlanılarak bulunan derinlik ve konumlar yine Şekil 4 de işaretlenmiştir.

Şekil 4 deki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 7 noktali Werner çözümleri ise pencere genişliği 7,14 ve 21 km alınarak sırasıyla Şekil 6, 7 ve 8 de gösterilmiştir.

Şekil 4 deki modelin Werner çözümlerinden, 7 km pencere genişlikli çözümün uygun bir çözüm olabileceği görülürken, yatay türevlerle bulunan derinlik ve konumların daha kabul edilebilir sonuçlar olduğu görülmektedir.

Şekil 9, bir model ve bu modelin  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  anomalilerini, Şekil 10 ise aynı modelin  $I=90^\circ$  anomalisinin yatay ikinci ve üçüncü derece türevlerini göstermektedir. Bu türevlerden bulunan derinlikler yine Şekil 9 daki modelin üzerine işaretlenmiştir. Şekil 11 de, Şekil 9 daki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 14 km pencere genişlikli Werner çözümü görülmektedir. Türev çözüm sonuçları, basamak yapının dik olmaması halinde de hesaplanan derinlik ve konumların yeterince doğru olduğunu göstermektedir.

Şekil 12 deki model farklı mıknatıslanabilirlikli yapıları ve bunların  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  anomalilerini göstermektedir. Şekil 13 de ise bu karmaşık yapının  $I=90^\circ$  anomalisinin türevleri görülmektedir. Şekil 12 modelinin en makul Werner çözümü pencere genişliği 14 km seçilerek elde edilmiştir (Şekil 14). Şekil 12 de işaretlenen türev çözüm sonuçları, bu tekniğin farklı mıknatıslanabilirlikli kütlelerden oluşan yapıların belirlenmesinde de uygulanabileceğini göstermektedir.

## ARAZİ UYGULAMALARI

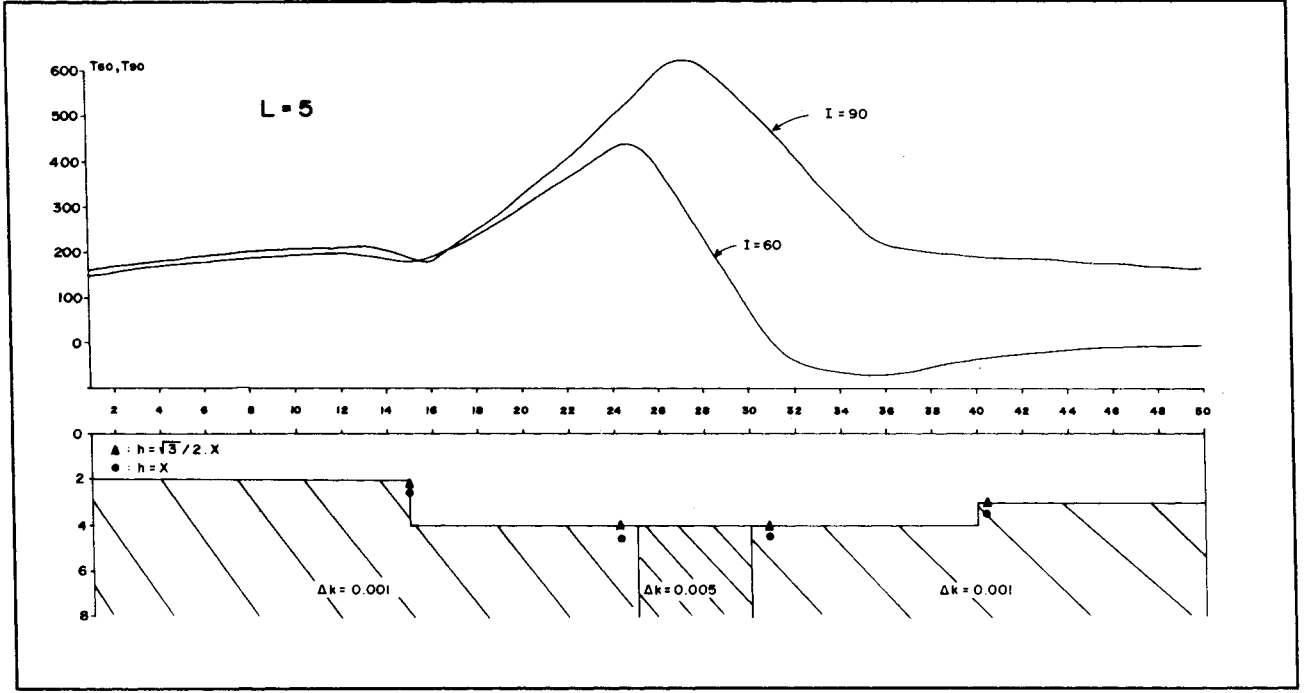
MTA Genel Müdürlüğünün Havadan Manyetik Rejyonel Haritalar projesi kapsamında gerçekleştirilen uçuşlardan seçilen iki profil üzerinde Werner ve yatay türev uygulamaları yapılmıştır.

Bu uçuşlarda manyetometre algılayıcısının yerden yüksekliği ortalama 2000 feet (yaklaşık 610 m) olmuştur. 250 m aralıklarla sayısallaştırılan verilerden önce 46 000 gamma, daha sonrada IGRF gradiyentleri çıkartılmıştır (Malin ve Barracough 1981).

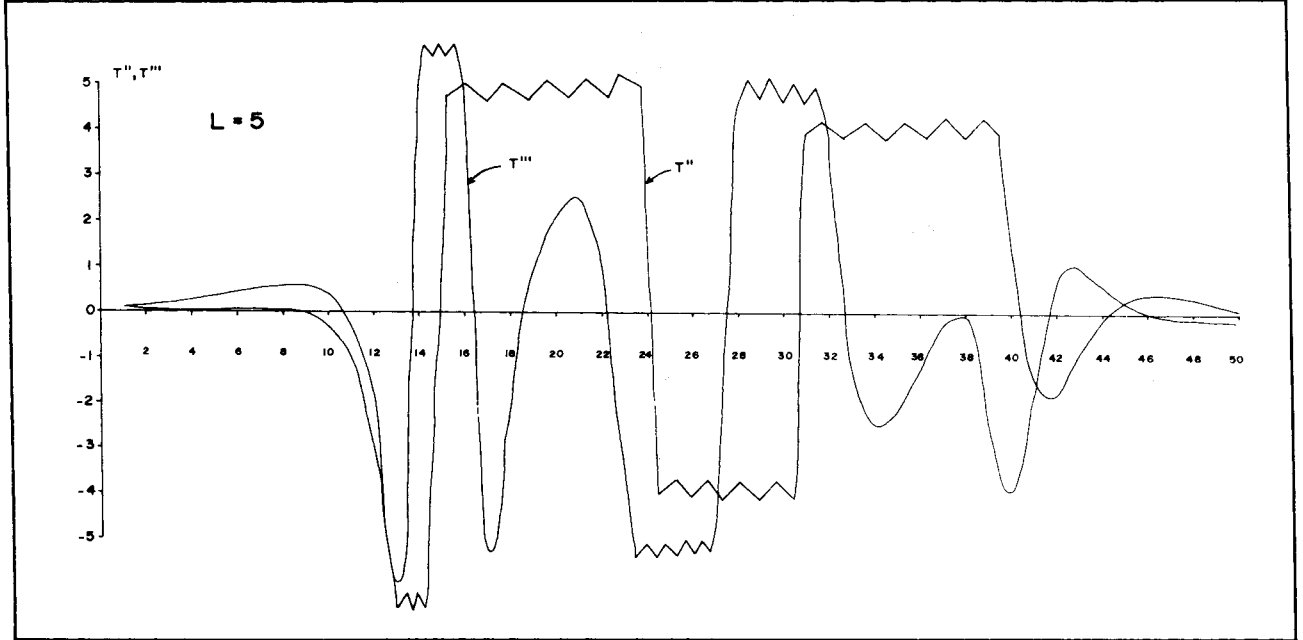
T-2 profili Trakya Bölgesinde Babaeski yükselimi olarak tanınan yapıyı dik kesecek şekilde alınmıştır (Şekil 15). T-2 profili verisi, pencere genişliği 14, 21 ve 35 km alınarak ayrı ayrı Werner işlemi uygulanmış ve sonuçlar Şekil 16, 17 ve 18 de grafiklenmiştir. Bunlardan tam bir yorumlama yapmanın oldukça deneyim gerektirdiği ortadadır.

T-2 profilinin Bhattacharya (1965) yöntemi ile kutba indirgenmiş verisinin grafiği Şekil 19 da görülmektedir. Kutba





Şekil 12. Bir model ve onun  $I=60^\circ$  ve  $I=90^\circ$  anomalileri. Yatay türev çözümleri model üzerine nokta ve üçgenlerle işaretlenmiştir.  
Fig. 12. Model and its anomalies for  $I=60^\circ$  and  $I=90^\circ$ . Horizontal derivative solutions marked with dots and triangles on the model.



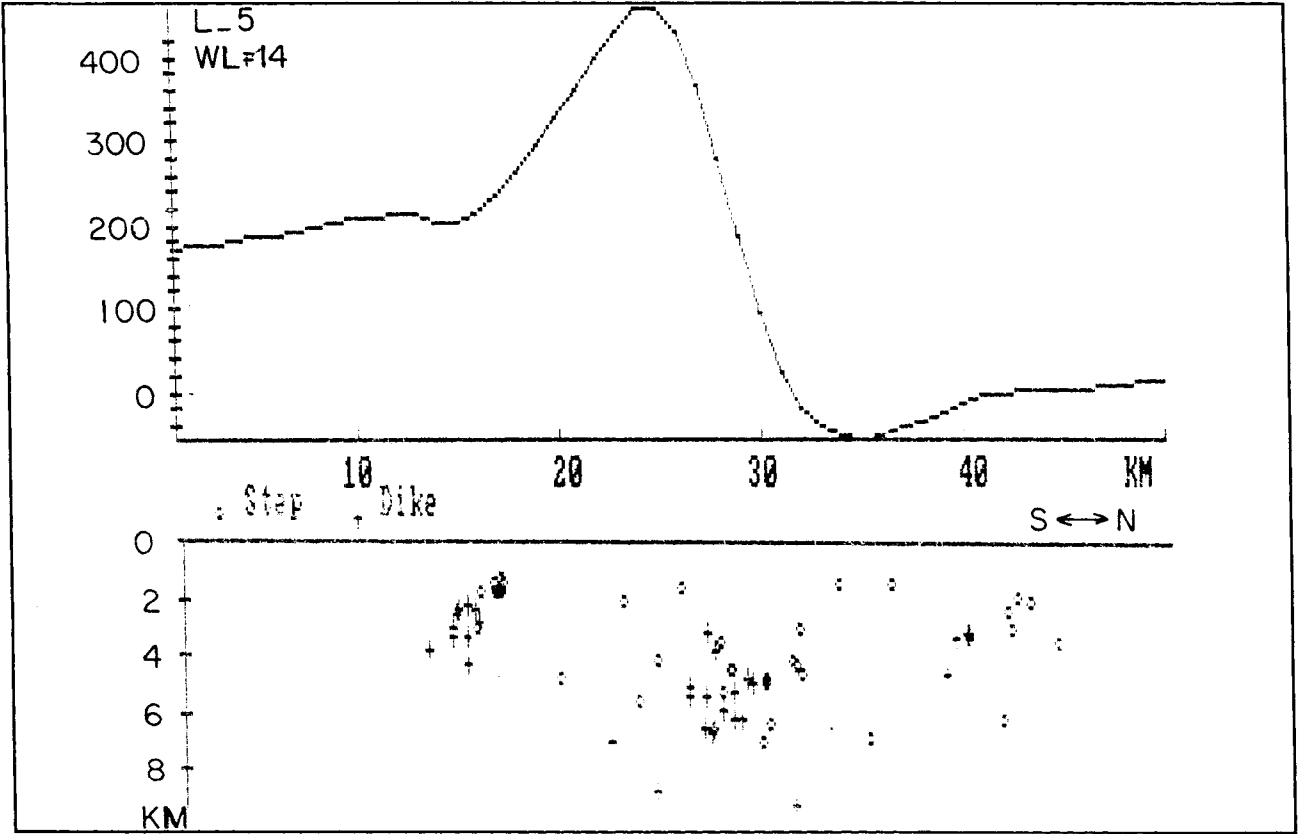
Şekil 13. Şekil 12 deki modelin  $I=90^\circ$  anomalisinin yatay türevleri.  
Fig. 13. Horizontal derivatives of the  $I=90^\circ$  anomaly of the model in Fig. 9.

indirgenmiş verinin yatay ikinci ve üçüncü türevleri ise kübik yay biçimi yaklaştırma yöntemi ile elde edilmiştir (Bhattacharya 1969). Yatay türevlerde bulunan ve anomalileri veren kütlelerin köşe noktalarının konum ve derinlikleri Şekil 19 da işaretlenmiştir. Babaeski yükseliminin 3000 m civarında olan derinliği ve 2000 feet olan uçuş yüksekliği göz önüne alındığında, Şekil 19 da verilen konum ve derinlikler beklenen sonuçlardır.

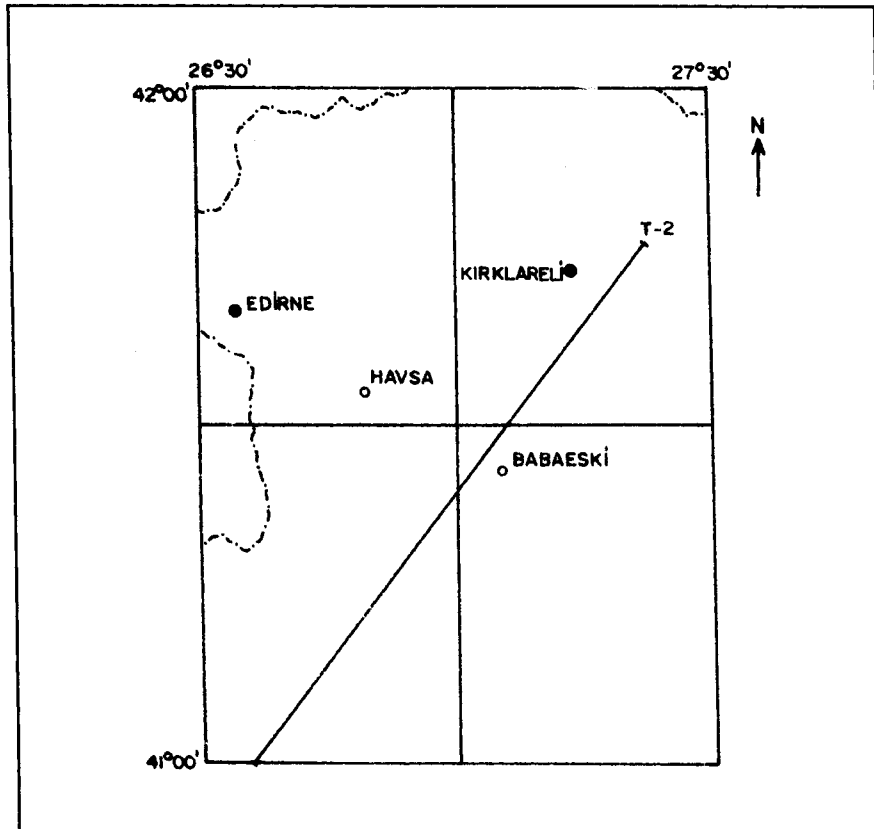
Bir diğer profil Prekambriyen yaşlı temelin yüzlek verdiği ve yükselim yaptığı Güneydoğu Anadolu'da Derik'den

geçecek şekilde seçilmiştir (Şekil 20). Bu profilin verisine de pencere genişlikleri 7, 14 ve 21 km seçilerek Werner çözümü uygulanmıştır. Sonuçlar Şekil 21, 22 ve 23'de gösterilmiştir. Aynı profilin kutba indirgenmiş veri grafiği ile bu verinin yatay türevlerinden elde edilen konum ve derinlikler Şekil 24 de gösterilmiştir.

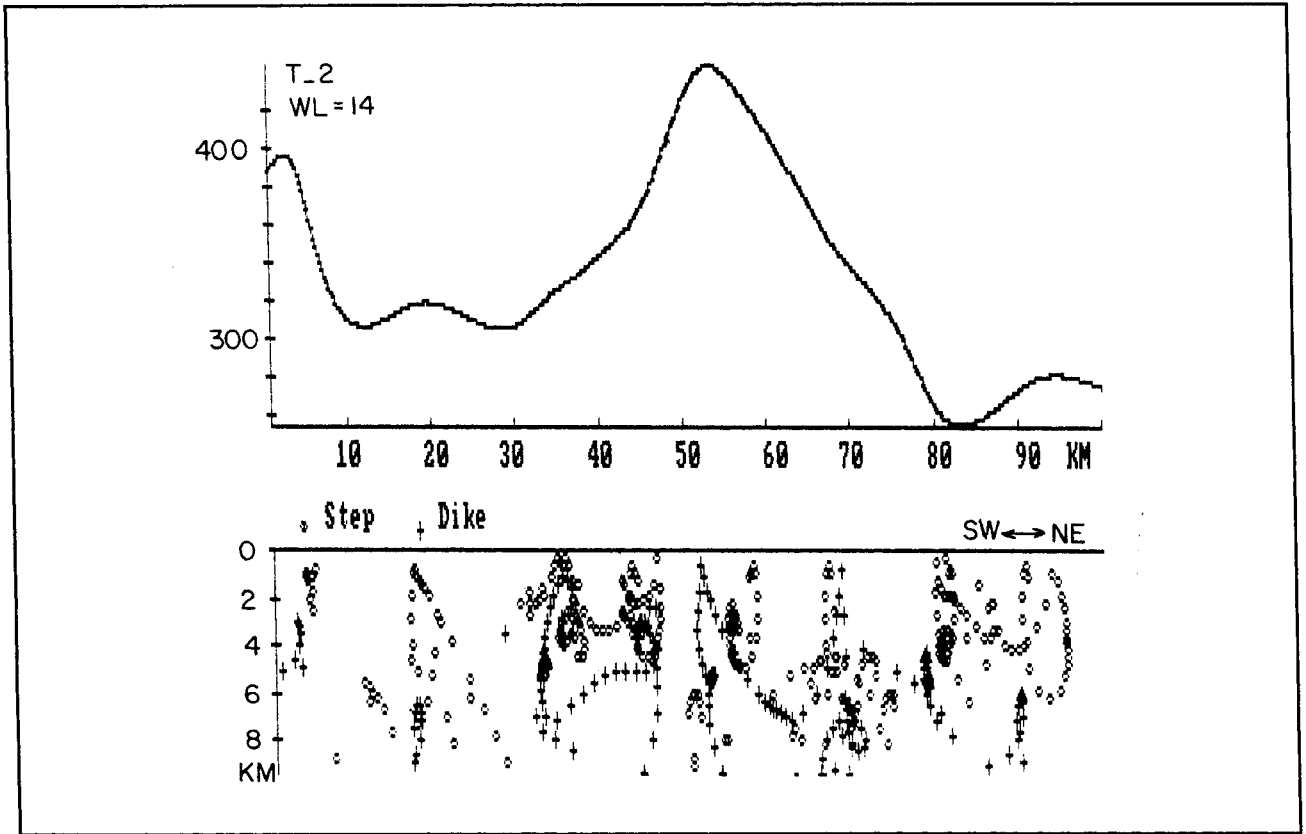
Uçuş yüksekliği gözönüne alınırsa, en uygun Werner çözümü, pencere genişliğinin 14 km seçilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 1, 22). Yatay türev ile çözümde benzer sonuçlar vermiştir (Şekil 24).



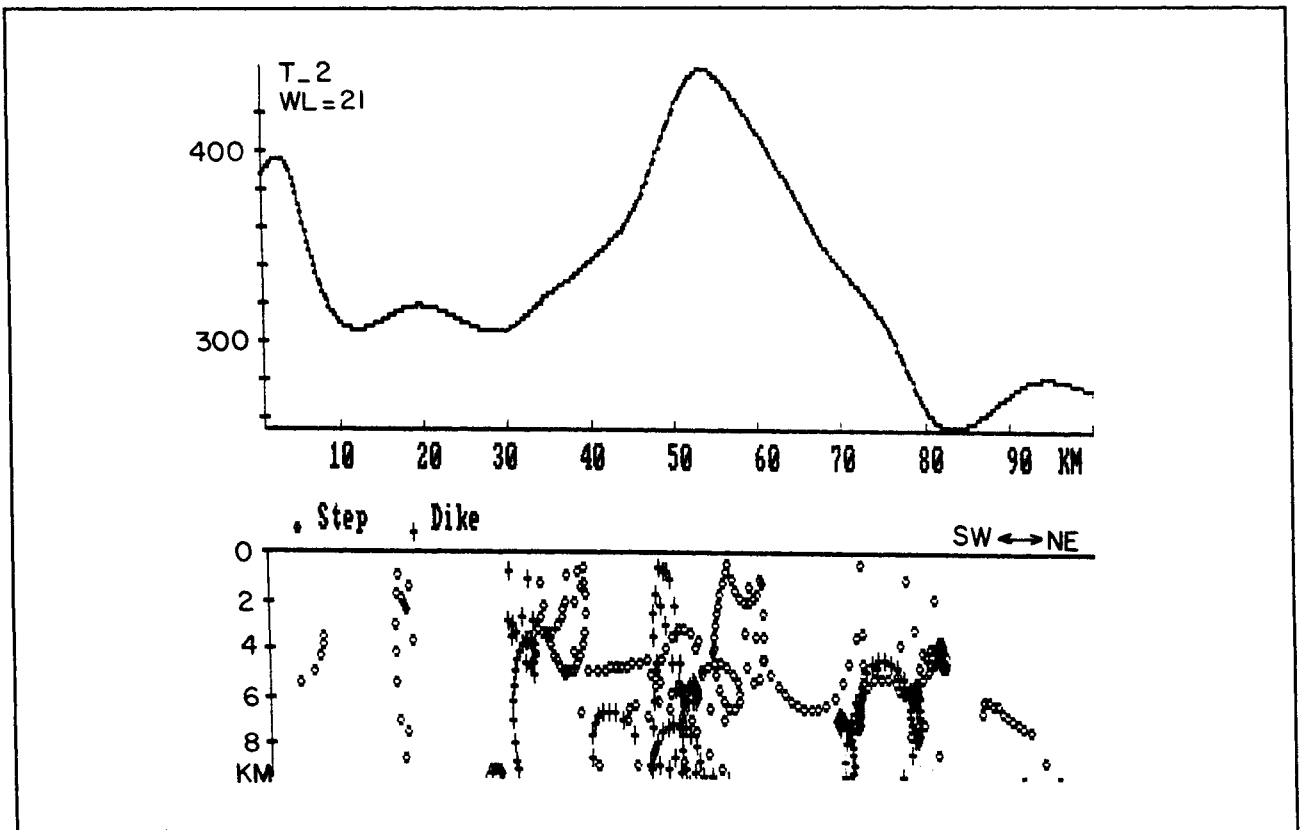
Şekil 14. Şekil 12 deki modelin  $I=60^\circ$  anomalisinin 14 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
 Fig. 14. Werner solution with 14 km window length of the  $I=60^\circ$  anomaly in Fig. 12.



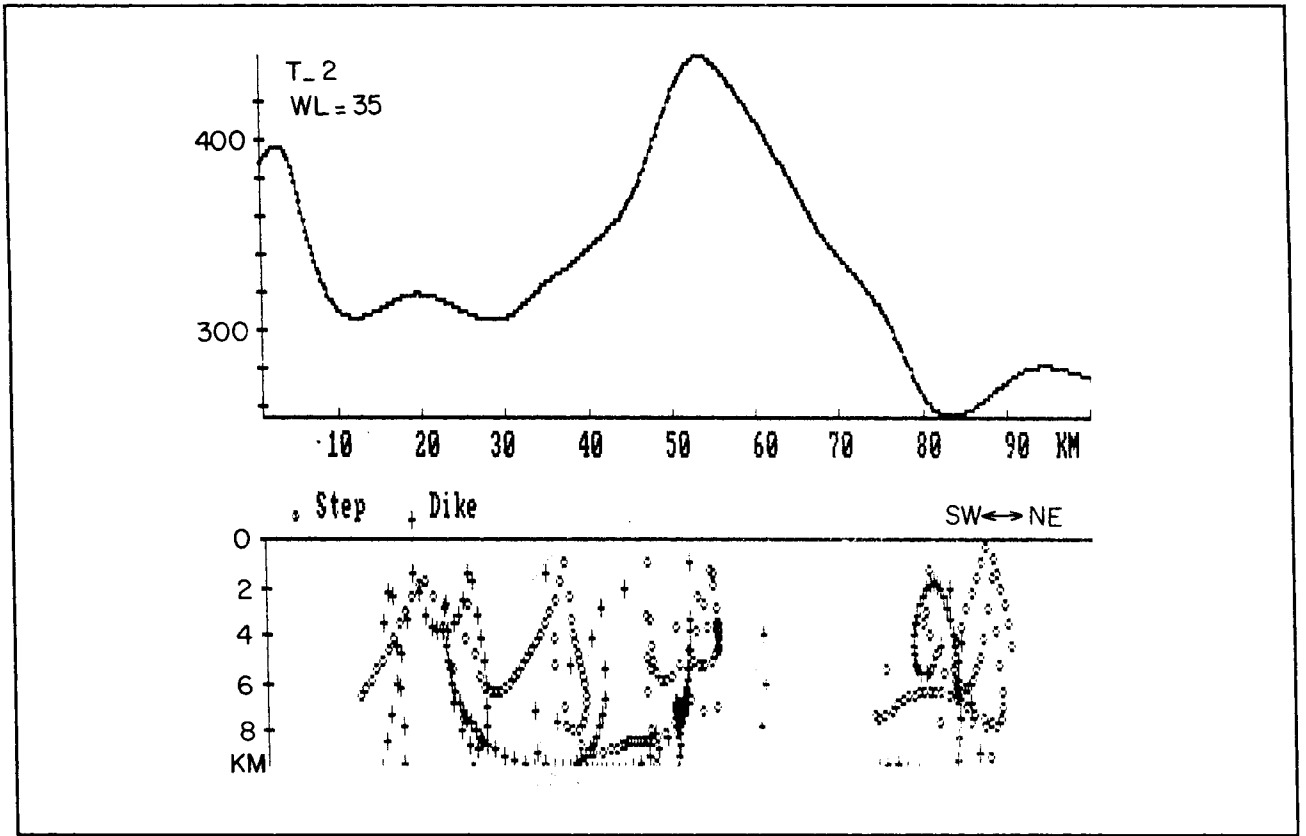
Şekil 15. T-2 profilinin lokasyon haritası  
 Fig. 15. Location map of profile T-2.



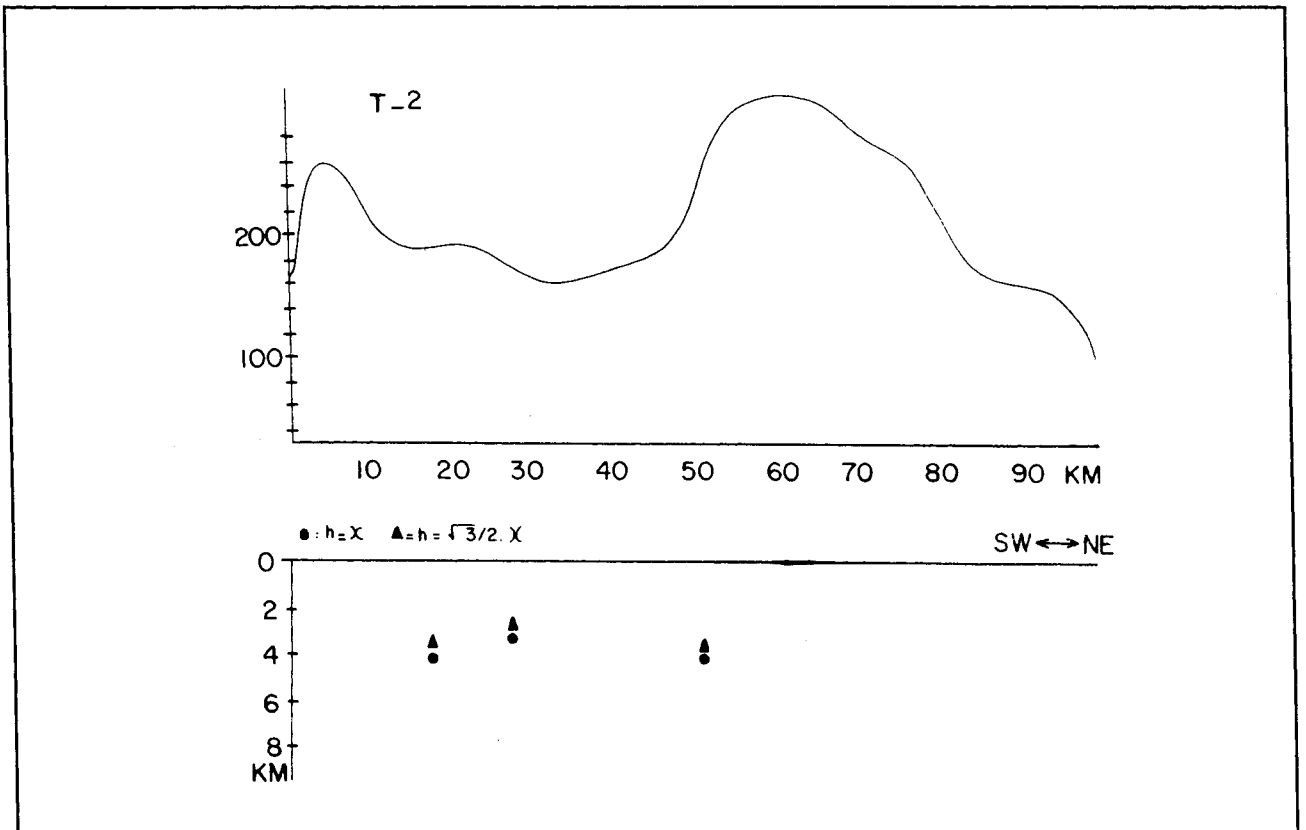
Şekil 16. T-2 profilinin 14 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 16. Werner solution with 14 km window length of profile T-2.



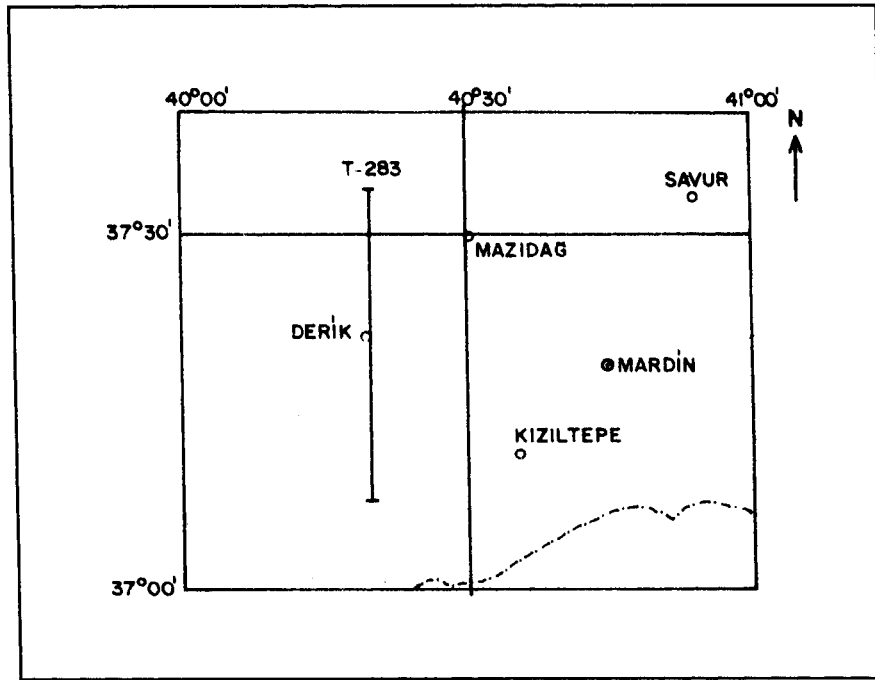
Şekil 17. T-2 profilinin 21 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 17. Werner solution with 21 km window length of profile T-2.



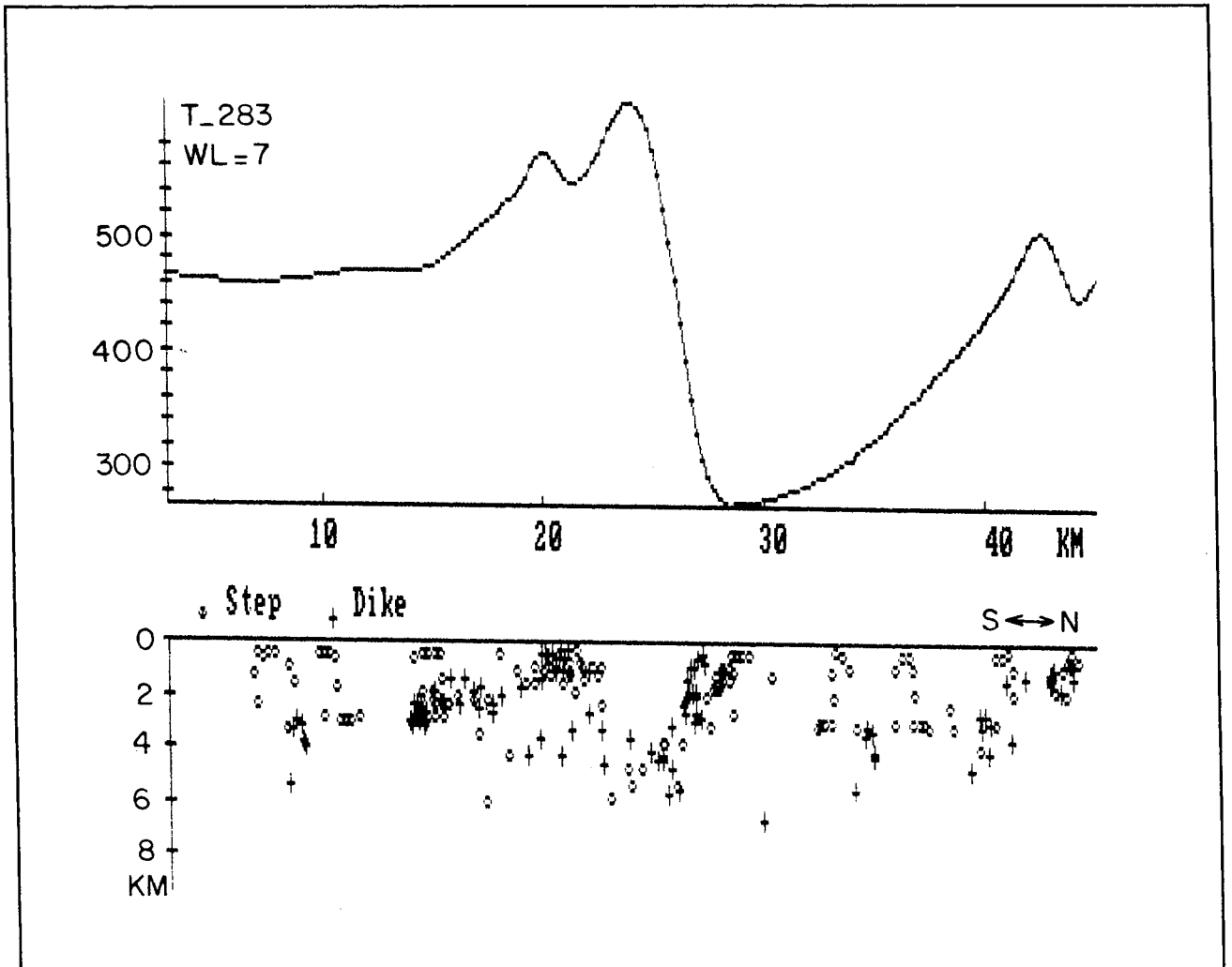
Şekil 18. T-2 profilinin 35 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 18. Werner solution with 35 km window length of profile T-2.



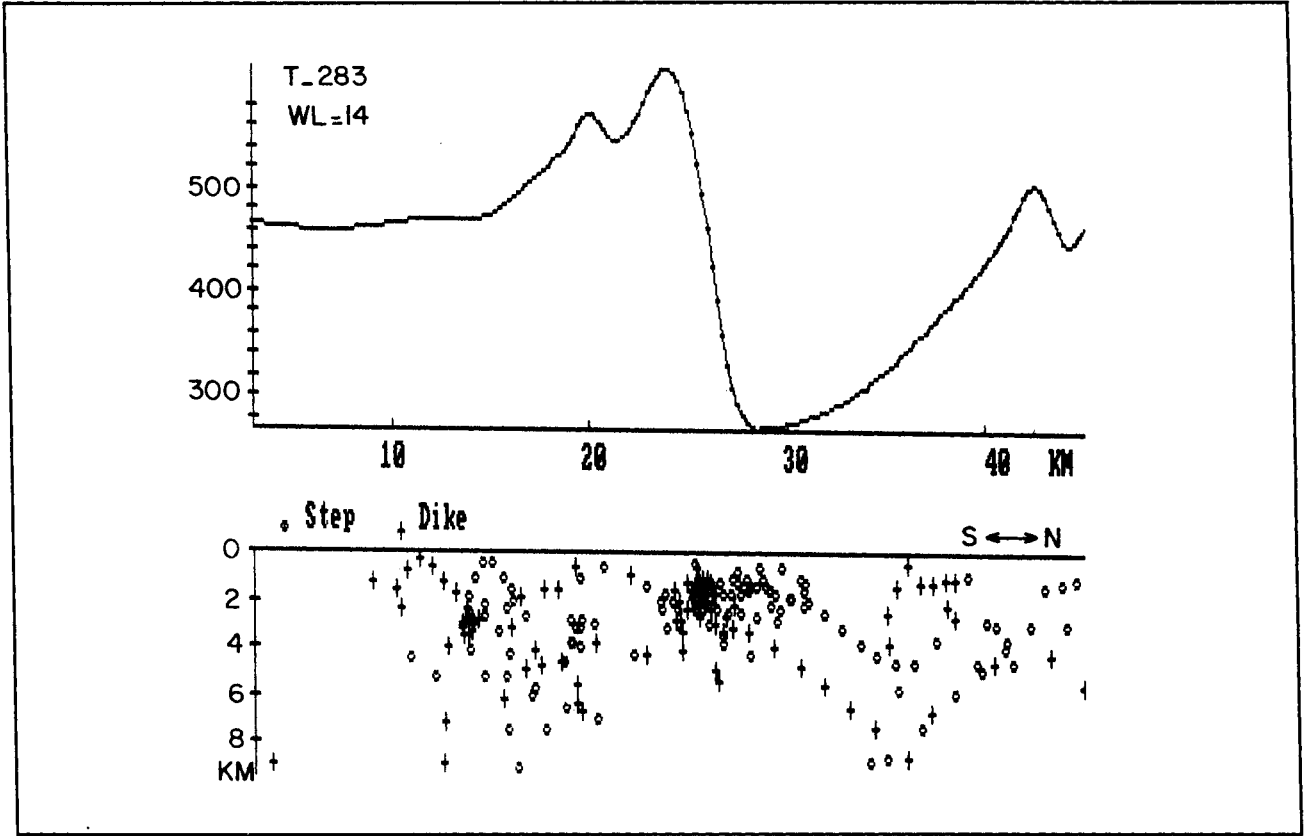
Şekil 19. T-2 profilinin kutba indirgenmiş anomalisi ve onun yatay türev çözümü sonuçları.  
Fig. 19. Pole reduced anomaly of profile T-2 and its horizontal derivative solution results.



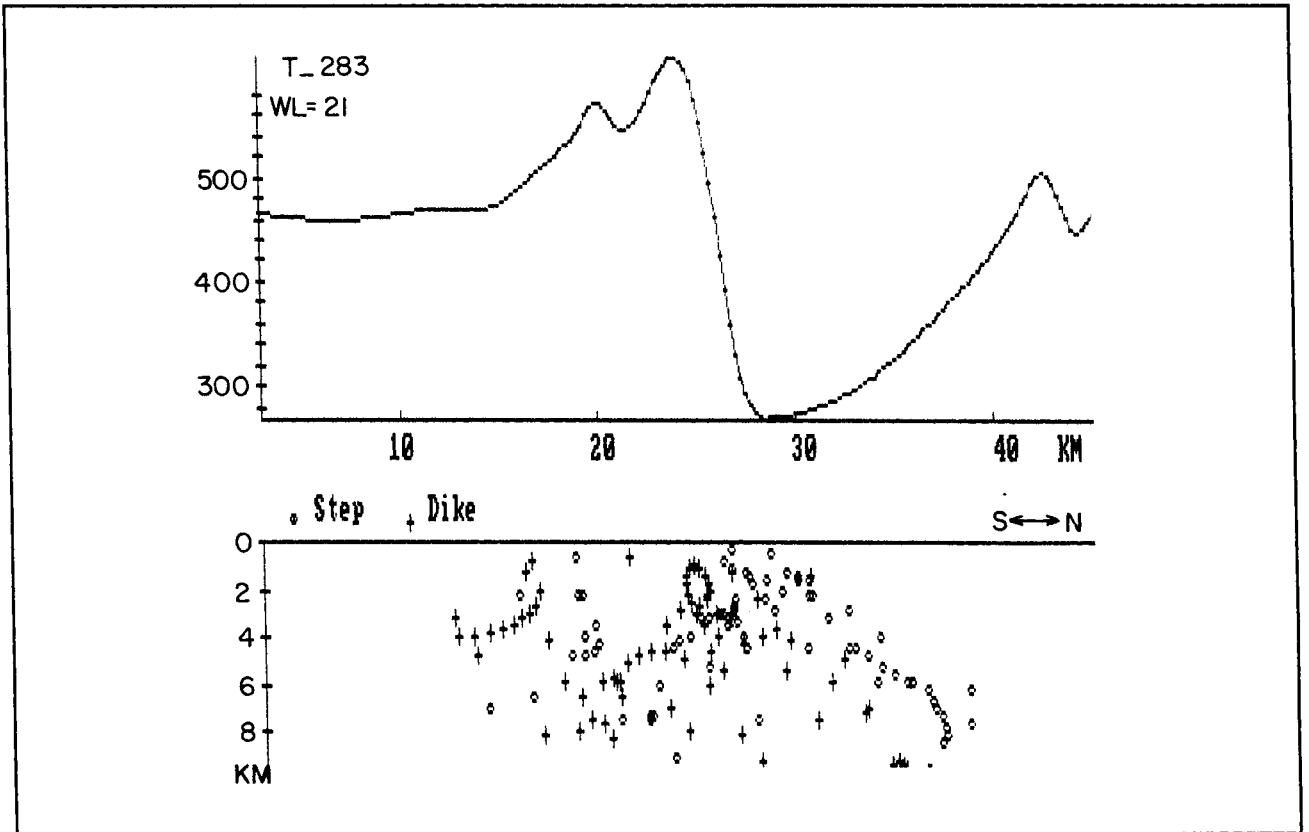
Şekil 20. T-283 profilinin lokasyon haritası.  
Fig. 20. Location map of profile T-283.



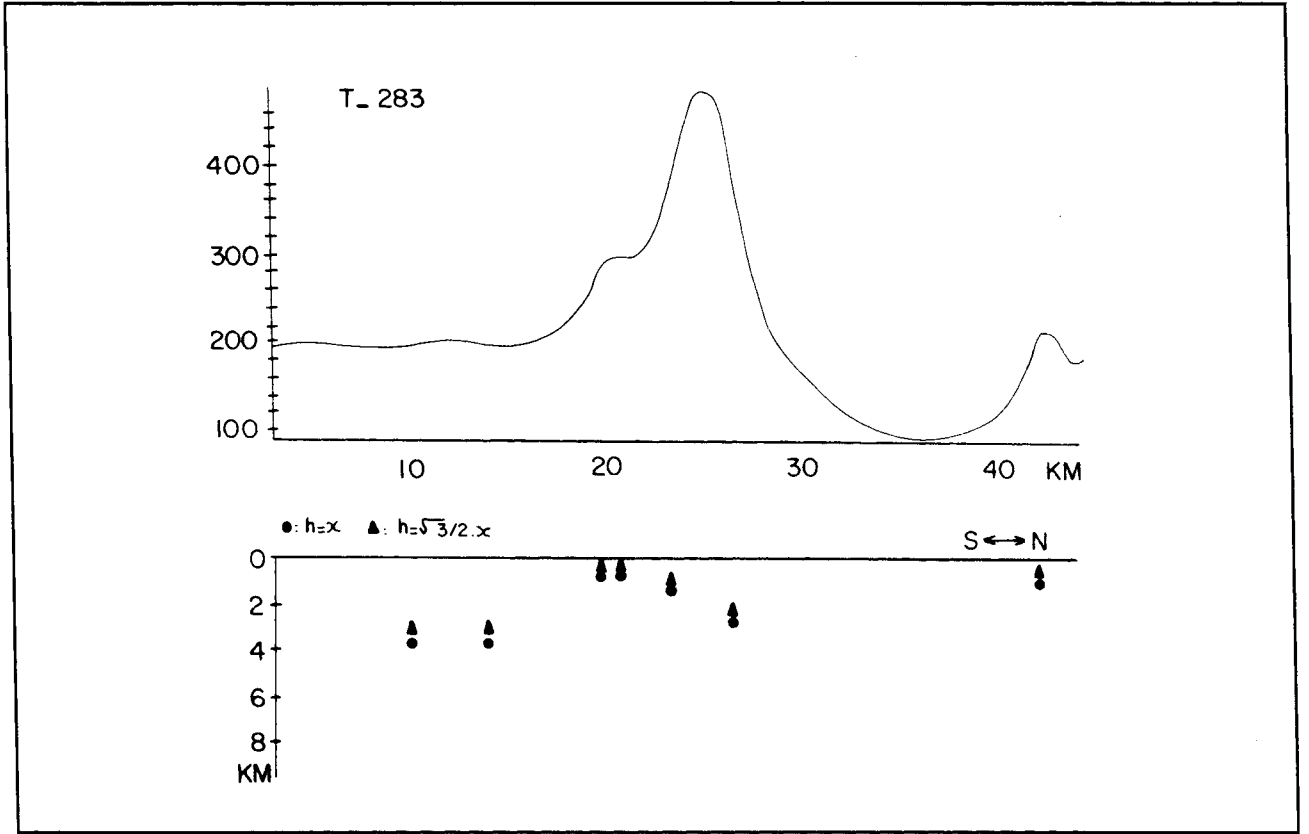
Şekil 21. T-283 profilinin 7 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 21. Werner solution with 7 km window length of profile T-283.



Şekil 22. T-283 profilinin 14 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 22. Werner solution with 14 km window length of profile T-283.



Şekil 23. T-283 profilinin 21 km pencere genişlikli Werner çözümü.  
Fig. 23. Werner Solution with 21 km window length of profile T-283.



Şekil 24. T-283 profilinin kutba indirgenmiş anomalisi ve onun yatay türev çözümü sonuçları.  
Fig. 24. Pole reduced anomaly of profile T-283 and its horizontal derivative solution results.

## SONUÇLAR

Werner tekniği gerek uygulama kolaylığı gerek kuramsal sadeliği yönleriyle manyetik temel derinliği hesaplamalarında en sık başvurulan bir tekniktir. Ancak, seçilen pencere genişliğinin anomalî veya anomalîlerin dalga boyları kadar olmaması halinde, bulunan sonuçlar bazı kararsızlıklar doğurabilmekte ve yorumlama için oldukça iyi bir deneyim gerektirmektedir. Bu yüzden uygulamalarda pencere genişlikleri birkaç kez değiştirilerek sonuç alınmaya çalışılmaktadır. Bu nedenlerle Werner tekniğinin başka bir teknikle desteklenmesi gerekebilmektedir.

Önerilen yatay türev tekniği, Werner tekniğini destekleyici bir rol üstlenebileceği gibi tek başına da kullanılabilir. Yatay türev çözümlemesinde de bazı sorunlar vardır. Bunların en önemlisi, ince dayk durumunda veya verinin çok seyrek olarak toplanması durumunda, daykın kalınlığının gerçekten daha fazla olarak bulunmasıdır (Şekil 4, 5). Bu da ikinci türevin sıfır olduğu yerlerin kütle köşesi olarak kabul edilmesinden ileri gelebilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Behrendt, J. C. and Klitgord, K. D. 1980, High-Sensitivity aeromagnetic survey of the U.S. Atlantic continental margin, *Geophysics* 45, 1813-1846.
- Bhattacharya, B.J. 1965, Two dimensional harmonic analysis a tool for magnetic interpretation, *Geophysics* 30, 829-857.
- Bhattacharya, B.K. 1969, Bicubic spline interpolation as a method for the treatment of potential data, *Geophysics* 34, 402-423.
- Hartman, R. R., Tesky, D.J. and Friedberg, J.L. 1971, A System for rapid digital aeromagnetic interpretation, *Geophysics* 36, 891-918.
- Hjelt, S.E. 1973, Experiences with automatic magnetic interpretation using the tick plate model, *Geophysical Prospecting* 21, 243-265.
- Jain, S. 1976, An automatic method of direct interpretation of magnetic models, *Geophysics* 41, 531-541.

- Johnson, W.W. 1969, A Least squares method of interpreting magnetic anomalies caused by two dimensional structures, *Geophysics* 34, 65-75.
- Keating, P.B. and Pilkington, M. 1990, An automated method for interpretation of magnetic vertical gradient anomalies, *Geophysics* 55, 336-343.
- Kilty, K.T. 1983, Werner deconvolution of profile potential field data, *Geophysics* 48, 234-237.
- Kaulomzine, T., Lamontagne, Y. and Nadeau, A. 1970, New methods for the direct interpretation of magnetic anomalies caused by inclined dikes of infinite length, *Geophysics* 35, 812-830.
- Malin, S.R.C. and Barraclough, D.R. 1981, An algorithm for synthesizing the geomagnetic field, *Computers and Geosciences* 7, 401-405.
- Mc Grath, P.H. and Hood, P.J. 1970, The dipping dike Case: a computer curve matching method of magnetic interpretation, *Geophysics* 35, 831-848.
- Naudy, H. 1971, Automatic determination of depth on aeromagnetic profiles, *Geophysics* 36, 717-722.
- O'Brien, D. 1972, Compu Depth, a new method for depth-to-basement computation, Presented at the 42 nd Int. meeting of SEG in Anaheim, California.
- Peters, L. J. 1949, The direct approach to magnetic interpretation and its practical applications, *Geophysics* 14, 290-320.
- Philips, J.D. 1978, ADEPT: A Program to Estimate Depth to Magnetic Basement From Sampled Magnetic Profiles U.S. Geological survey, Reston, Virginia.
- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J. and Somerton, I.W. 1990, Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics* 55, 80-91.
- Talwani, M. and Heirtzler, J.R. 1964, Computation of magnetic anomalies caused by two dimensional structures of arbitrary shape, In *Computers in the mineral industries, Part 1*, Stanford Univ. Publ. 9, 464-480.
- Thompson, D.T. 1982 EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data, *Geophysics*, 47, 31,37.
- Werner, S. 1953, Interpretation of magnetic anomalies at sheetlike bodies, *Sver. Geol. Undersök., Ser.C.C. Arsbok* 43, N: 06.