

JEOFİZİK

CİLT 2, SAYI 2 / EYLÜL 1988

VOL. 2, NO. 2 / SEPTEMBER 1988

Statik Düzeltmelerin Belirlenmesi
M.A. HALL

**Asker Tepe - Kilimli (Zonguldak)
Yöresindeki Büyük Fayın Konumunun
Yatay Görünür Öz direnç ve Doğal Uçlaşma
Ölçümleri ile Saptanması**
İbrahim ONUR ve Fethi ERGÜDER

**MT Sondajlarının, TDEM Sondajlarıyla
Birleştirilerek Geliştirilmesi**
*Paolo CAPUANO, Paolo GASPARINI ve
Andrea ZERILLI*

**Türkiye'de Deprem Sorununun
Görünümü**
Selçuk SİPAHIOĞLU ve Ömer ALPTEKİN

**Sismik Geçiş - Zaman Loglarının Elektrik
Özdirenç Loglarından Türetilmesi**
Züheyr KAMACI

Determination of Statics
M.A. HALL

**Determination of the Orientation of the Büyük
Fault in Asker Tepe - Kilimli (Zonguldak)
Region by Using the Horizontal Apparent
Resistivity and Self - Potential Measurements**
İbrahim ONUR ve Fethi ERGÜDER

**Improvement of MT Soundings Through
Combination with TDEM Soundings**
*Paolo CAPUANO, Paolo GASPARINI and
Andrea ZERILLI*

**Present Appearance of Earthquake
Problem in Turkey**
Selçuk SİPAHIOĞLU and Ömer ALPTEKİN

**Derivation of Seismic Transit - Time Logs
from Electrical Resistivity Logs**
Züheyr KAMACI



TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI
THE CHAMBER OF GEOPHYSICAL ENGINEERS OF TURKEY

TRANSITION ZONE SURVE



— a Job for Experts
Our Domain sin

Seismic investigation of areas to
for standard marine surveys and
for conventional land operations
demands utmost **FLEXIBILITY** of
and **VERSATILITY** of equipment



What we have to offer:

- a fleet of modern **Shallow-Water** built after 1981 (A)
- **Mother-Ships**, serving as bases for men and equipment (B)
- special **Airgun-Pontoons** for areas shallower than shallow
- the **Most Modern Equipment**, such as **MYRIASEIS*** (D)



Our speciality:

3-D seismics in extremely complica
such as harbours, estuaries, and se
More than 600 km²
have been surveyed — up to now.

PRAKLA-SEISMOS AG
THE FIRST CHOICE FOR GEOPHYSICS

PRAKLA-SEISMOS AG • BUCHHOLZER STR. 100 • P.O. BOX 510530 • D-3000 HANN
FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY • PHONE: (5 11) 64 20 • TELEX: 922 847 • TELEFAX:



JEOFİZİK

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI SÜRELİ YAYINI

JOURNAL OF THE CHAMBER OF GEOPHYSICAL ENGINEERS OF TURKEY

CİLT 2, SAYI 2 / EYLÜL 1988 VOL. 2, NO. 2 / SEPTEMBER 1988

**TMMOB
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ
ODASI**

Adına Sahibi ve Sorumlu
Yazı İşleri Müdürü
M. Ali AK

**YÖNETİM KURULU
Executive Committee**

M. Ali AK
Cemal KAYA
Mehmet ALTINTAŞ
Asum ÖZMEN
Yavuz DİLBAZ
Erden ERCAN
Atilla SEFÜNÇ

**YAYIN KURULU
Publication Committee**

Muharrem TÖRKARSLAN
İbrahim AYDIN
Sami ZÜNBÜL
Doç. Dr. Edip BAYSAL
Doç. Dr. A. Tuğrul BAŞOKUR
Kenan EREZ

**TMMOB
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI**
Mithatpaşa Cad. 45/15 P.K. 255
Kızılay-Ankara-TURKEY
Tel: (4) 135 13 79

BASILDIĞI YER
MAYA Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti.
Tel: 118 01 53 - 125 25 95 - Ankara

DİZGİ
ARTI Ltd. Şti.
Tel: 118 63 80 - Ankara

**YILDA İKİ KEZ MART VE EYLÜL
AYLARINDA YAYINLANIR**
Published Twice a Year
in March and September

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

OKURLARIMIZA.....	110
DETERMINATION OF STATICS.....	111
Statik Düzeltmelerin Belirlenmesi	
ASKER TEPE - KILIMLI (ZONGULDAK) YÖRESİNDEKİ BÜYÜK FAYIN KONUMUNUN YATAY GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ VE DOĞAL UÇLAŞMA ÖLÇÜMLERİ İLE SAPTANMASI.....	135
Determination of the Orientation of the Büyük Fault in Asker Tepe - Kilimli (Zonguldak) Region By Using the Horizontal Apparent Resistivity and Self-Potential Measurements	
IMPROVEMENT OF MT SOUNDINGS THROUGH COMBINATION WITH TDEM SOUNDINGS.....	143
MT Sondajlarının, TDEM Sondajlarıyla Birleştirilerek Geliştirilmesi	
TÜRKİYEDE DEPREM SORUNUNUN GÖRÜNÜMÜ.....	151
Present Appearance of Earthquake Problem in Turkey	
SİSMİK GEÇİŞ-ZAMAN LOGLARININ ELEKTRİK ÖZDİRENÇ LOGLARINDAN TÜRETİLMESİ.....	185
Derivation of Seismic Transit-Time Logs From Electircal Resistivity logs	
YAZI VERENLER.....	200
ODA ÜYELERİ.....	201

OKURLARIMIZA

Kuruluşundan bugüne değin siz meslektaşlarımızın Odamıza olan ilgisi sürmekte, ancak Jeotzik dergisine gelen yazı sayısında belirgin bir düşme gözlenmektedir. Bu da belirli tarihlerde yayınlamayı amaçladığımız Jeofizik dergisinin yayınında aksamalara neden olmaktadır. Özellikle bu konuda meslektaşlarımızın daha ilgili olmalarını diliyor ve özgün çalışmalarımızı yansıtan yazılarınızı bekliyoruz.

Yazı konusunda karşılaştığımız diğer bir güçlük de, yazıların baskı aşamasına gelinceye değin geçirdiği inceleme sürecinin çok uzamasıdır. İnceleme süreci şu aşamalardan oluşmaktadır: Odamıza gelen yazılar doğrudan doğruya inceleme için iki araştırmacıya, gerek duyulduğunda bir üçüncüye gönderilmektedir. Yazıyı inceleyenlerden, öncelikle yazının içeriği yönünden ve Mart 1987 sayısındaki Yayın Kuralları'na uygunluğu yönünden değerlendirme, düzeltme ve gerekli açıklama istenmektedir. Değerlendirme, düzeltme ve açıklamalar yeniden yazara gönderilerek önerilerin yerine getirilmesi beklenmektedir. Yazardan gelen düzeltilmiş metin inceleme için yeniden gönderilmekte veya Yayın Kurulu'nca sadece yayın kuralları yönüyle gözden geçirilerek matbaada dizgiye verilmektedir. Bu Yazar-İnceleme-Yayın Kurulu üçgeninde Yayın Kurulunun yazıların özgüne ve içeriğini dokunması söz konusu değildir. Yayın Kurulu yazının bilimsel sorumluluğunun yazarına ait olacağı inancını taşımaktadır. Bu inanç doğrultusunda inceleme sürecini kısaltmayı amaçlamış bulunmaktayız. Bunun için yazarlardan gelecek düzeltilmiş metin yeniden inceleme için gönderilmeyecektir. Böylece inceleme sürecinden önemli bir kısalma sağlanacaktır. Diğer taraftan dergide önümüzdeki sayıdan itibaren bilimsel nitelik taşıması kaydıyla okuyucularımızdan gelecek eleştiri yazıları ile yazarın yanıt yazısına yer verilecektir. Bu uygulama bilinen birçok yabancı meslek dergisinde görülmektedir.

Saygılarımızla,

Yayın Kurulu

DETERMINATION OF STATICS

Statik Düzeltmelerin Belirlenmesi

M.A. HALL*

ABSTRACT

The problems associated with static corrections for seismic data are as old as the hills or, in many places, as old as the glaciers. Nonetheless, despite repeated attempts over the years, statics remain as generally the most serious problem affecting seismic data acquired over varying terrain. Not so long ago computer generated residual statics using the high fold of modern CDP recording and new algorithms were thought, at least by a good few, to have laid the problem to rest. However it was not long before it was clear that only a partial solution had been found. Another great note of excitement was struck with the arrival of refraction statics algorithms on the data processing scene, again only a partial, albeit more satisfactory, solution had been found - also this technique cannot work in every situation.

So here we are in the late 1980's with a lot of fancy algorithms and computing power - still perfectly capable of drilling statics anomalies or, possibly worse, missing fields entirely.

All is fortunately not quite so bad, things have improved a long way, we can use powerful new algorithms in the processing centre, we can make a very determined stab at solving the problem; gaining greater confidence in the structural accuracy of our data. The answer, at least to my knowledge - perhaps I am missing somethings - does not lie in this or that panacea but in a logical and rational plan which seeks to use all of the modern processing tools whilst ensuring that all the data needed for them is gathered and interpreted correctly.

The statics correction problem is essentially the seismic problem in microcosm. We need to design the survey, acquire the data, process it, interpret it and possibly go back and acquire more data in areas of doubt. What this paper sets out to do is to outline a *modus operandi* for achieving success. It is recognised that the division of corrections into 'static' and 'dynamic' is overly simplistic and that what is really needed is a wavefield solution, however we still need the same basic information i.e. thicknesses and velocities of the near surface layers. Most operators will probably continue to talk of statics rather than near surface wavefield corrections for the next few years.

ÖZET

Kara sismik verilerinde statik düzeltmelerle ilgili sorunlar, tarih kadar eskidir. Yıllar boyu bu sorunları çözmek için gösterilen ısrarlı çabalara rağmen, statikler hâlâ, kara sismik verilerinin kalitesini ve doğruluğunu etkileyen en ciddi problem olarak kalmaya devam etmektedir. Kısa süre önce, yüksek katlamalı CDP yöntemindeki veri bolluğunu ve yeni algoritmaları kullanan bilgisayar-rezidüel statik metodları, bazıları tarafından (şimdi bulunmaları zor olsa da) soruna çözüm getirmiş olarak kabul edilmiştir. Bir diğer büyük heyecan, refraksiyon statik algoritmalarının sahneye çıkmasıyla yaşanmıştır. Yine yalnızca kısmi, fakat tatminkâr, buna rağmen evrensel olmayan bir çözüm bulunmuştur. Böylece, bugün bile bütün bilgimize ve birçok algoritma ile hesaplama gücümüze rağmen, hâlâ statik anomalilerini delme, hatta daha da kötüsü bütün bir sahayı kaçırma durumları ile karşı karşıyayız.

Fakat işler bir hayli gelişmiş olup; veri işlem merkezinde ve sahada güçlü yeni algoritmalar kullanabilir ve belirli tedbirler alındığında, mantıklı bir başarı beklentisi içinde probleme isabetli bir çözüm bulabiliriz. Bize göre en tatminkâr cevap, şu veya bu ilahta değil, en etkili çağdaş veri işlem imkânlarını kullanarak ve gereken verilerin doğru toplandığından ve yorumlandığından emin olarak yapılacak mantıklı ve akılcı planlamadır.

Statik düzeltme sorunu, temel olarak, mikro evrendeki sismik sorundur. Yapılacak çalışmanın planlanması, verilerin toplanması, işlenmesi, yorumlanması ve olasılıkla geri dönülüp kuşkulu bölümlerde daha fazla veri toplanması gerekmektedir. Bu makale, bir başarıya ulaşabilme yöntemini özetlemek amacıyla yazılmıştır. Anlaşılmıştır ki, düzeltmelerin statik ve dinamik olarak ikiye ayrılması fazlasıyla basite indirgemektir ve asıl gerekli olan, olayın dalga alanı olarak çözülmesidir. Yine de sığ tabakaların kalınlıkları ve hızları gibi temel bilgilere ihtiyacımız vardır. Önümüzdeki birkaç yıl, çoğu operatörler, sığ dalga alanı düzeltmeleri yerine statik düzeltmelerden bahsetmeye devam edeceklerdir.

* Horizon Exp. Ltd., Horizon House Azalea Drive Swanley Kent BR8 8JR England.

INTRODUCTION

If 5 geophysicists were asked now to compute field statics they would give at least 6 different answers, most of these would contain common threads but would be biased towards a particular favourite method. There probably is no perfect method which will work in any area but there are a lot of techniques which can be linked together to provide the best solution for any given area. The emphasis will not be on any particular technique, but on how to plan a land survey and those peripheral activities which contribute towards arriving at a satisfactory solution to the statics problem.

The problem of near surface corrections has been around for such a long time that it is easy, if not forgivable, to believe that there is no great problem, that it was all solved years ago. Few surveys credit the problem as being worthy of the expense and effort which is usually required for satisfactory results.

Static, or near surface, corrections represent the seismic process in miniature, there is a planning phase, a data acquisition phase, a data processing phase and an interpretation phase. This last phase is sometimes overlooked, there is a tendency to believe that the statics data is in some mysterious way more absolute than our regular seismic data. Thus, in new areas statics are produced for the first line, and the next and so on as if they existed entirely in their own right, and then statics are produced for a line crossing one of those already recorded. It is not uncommon in such circumstances to find that there are wildly different near surface models and resultant static corrections for the two lines, nor should it be in the least surprising.

In order to see how we should plan we have to investigate each phase of the statics route whilst also considering what will happen to the mainstream seismic data itself.

SURVEY DESIGN CONSIDERATIONS

What useful information do we get from our reflection survey data? What further information do we need? How frequently do we need this? Are there specific locations at which we require such additional information? How does the processing of the reflection data affect the manner of data acquisition? What is the ultimate use of the data?

Statics will be investigated, not just as a field problem but in their entirety, as a means of solving the structural problems introduced by near surface anomalies.

Probably the first thing to consider is the actual layout of the lines. Figure 1 shows two ways of tying the ends of seismic lines. The left hand 'artist's impression' of where an interpreter requires lines has occasionally passed into reality. More often line ties are required to have a certain fold at such intersections but this does not guarantee a statics tie at this point. Surface consistent residual statics routines are not reliable beyond the last shot point and there are no reciprocal paths for refraction methods to use so these are subject to errors should there be any dip on the refractors. Line ties should thus be considered from the viewpoint of statics ties as well as fold.

One way which this is eased is by shooting through the spread until a full split is obtained rather than using a tail spread. This has several advantages, the fold of stack builds up faster, the near offset data does not tail away to the line ends and source points go to the line ends. Such an arrangement is shown in figure 2.

Stacking through the spread can not always be arranged due to permit problems and a tail spread may have to be used, in such cases some form of information is needed to tie the statics at the end of the line. Either a shot or two or an uphole or an LVL survey, at or off the line end should be arranged.

If the survey is in an area where refraction data can be used for computing statics, i.e. it is not too badly plagued by stringers or velocity inversions then care should be given to maintaining the quality of these events. This primarily means that source and receiver arrays should not be so long as to severely attenuate the first breaks. Vibroseis data has been particularly prone to the use of long arrays, both source and receiver, for attenuating the often substantial ground roll associated with this surface source.

Figure 3 shows where reflections, refractions and ground roll appear in F-K space, lengthy arrays which are essentially tight 'K filters' clobber the ground roll attenuate the higher frequency components of reflection signals and severely attenuate refraction signals. Shorter arrays are generally used these days and the health of the refracted arrivals is another good reason for using the Stack Array recently popularised by Nigel Anstey. There is something to be said for single 'phones for recording the refracted arrivals, either as well as the arrays, or in a revival of the old technique which allows switching from single to array upon detection of the first arrival. There are of course other factors affecting Vibroseis first breaks such as coupling which force control techniques can help somewhat. The data from this source is still somewhat prone to the fact that the energy has to transmit through the often very unconsolidated near surface and suffer severe attenuation and possibly scattering. Force amplitude control does occasionally result in clearer first breaks due to better penetration and it is to be hoped that there should also be further improvement with force phase control due to generating a signal more in common with that which is to be used for correlation. Mild non-linear sweeps can also improve the appearance of first break energy as in figure 4, this should preferably be accompanied by force control. Following this line of reasoning first break energy on Vibroseis data can also be improved by recording individual sweeps in the field, thus lessening the source array effect.

End of line effects on residual statics routines have been mentioned. These raise their ugly heads again in large omissions where the short offset data disappears to such an extent that large V-cuts arise in the mute zone of the data and the residual statics routines have no data to work with. Such omissions should be filled in by some means such that the residual statics routines have adequate data to work with. Another problem for residual statics routines is crooked lines in the presence of strong lateral cross-dip. Figure 5 shows how the data should appear on

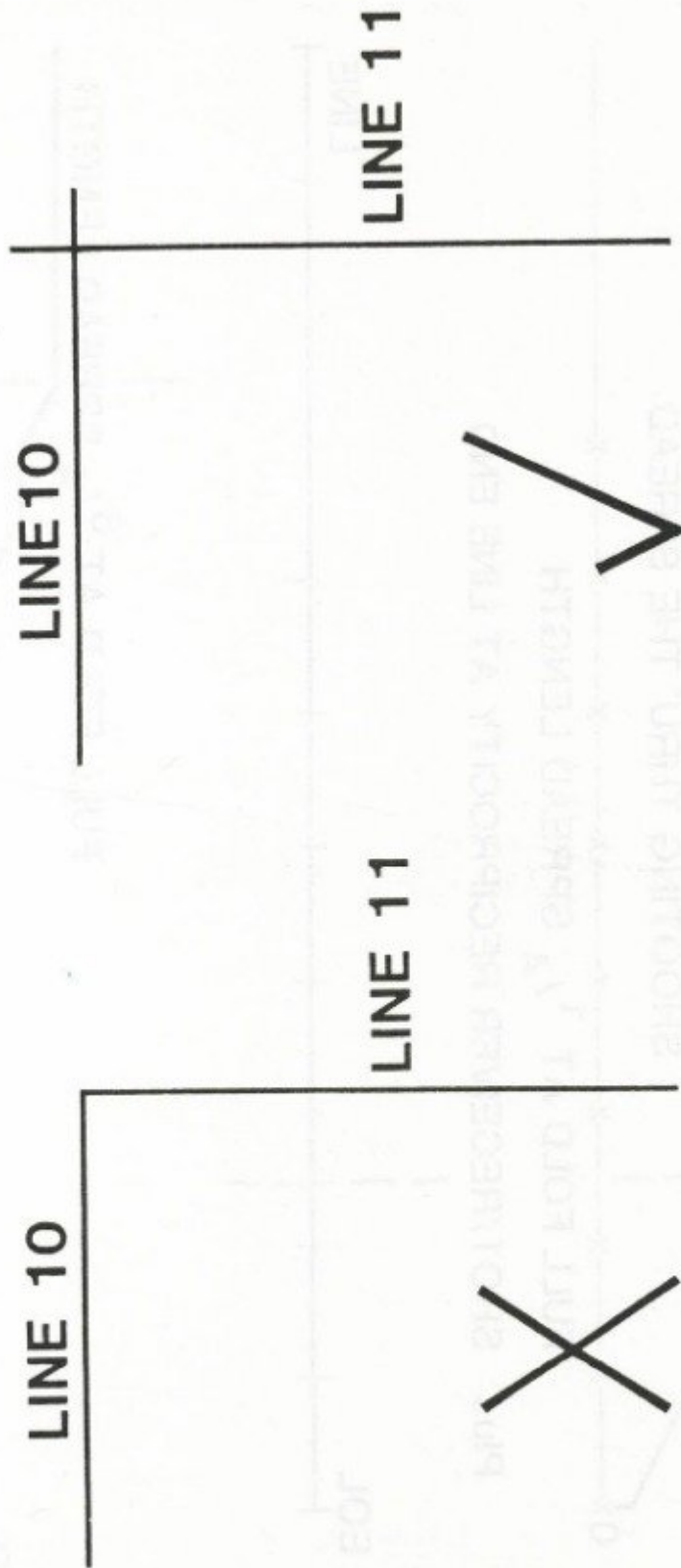


Figure 1. Statics ties require overlap.

Şekil 1. Statik bağlantıları için hatların kesişikten sonra bir miktar devam etmesi gerekir.

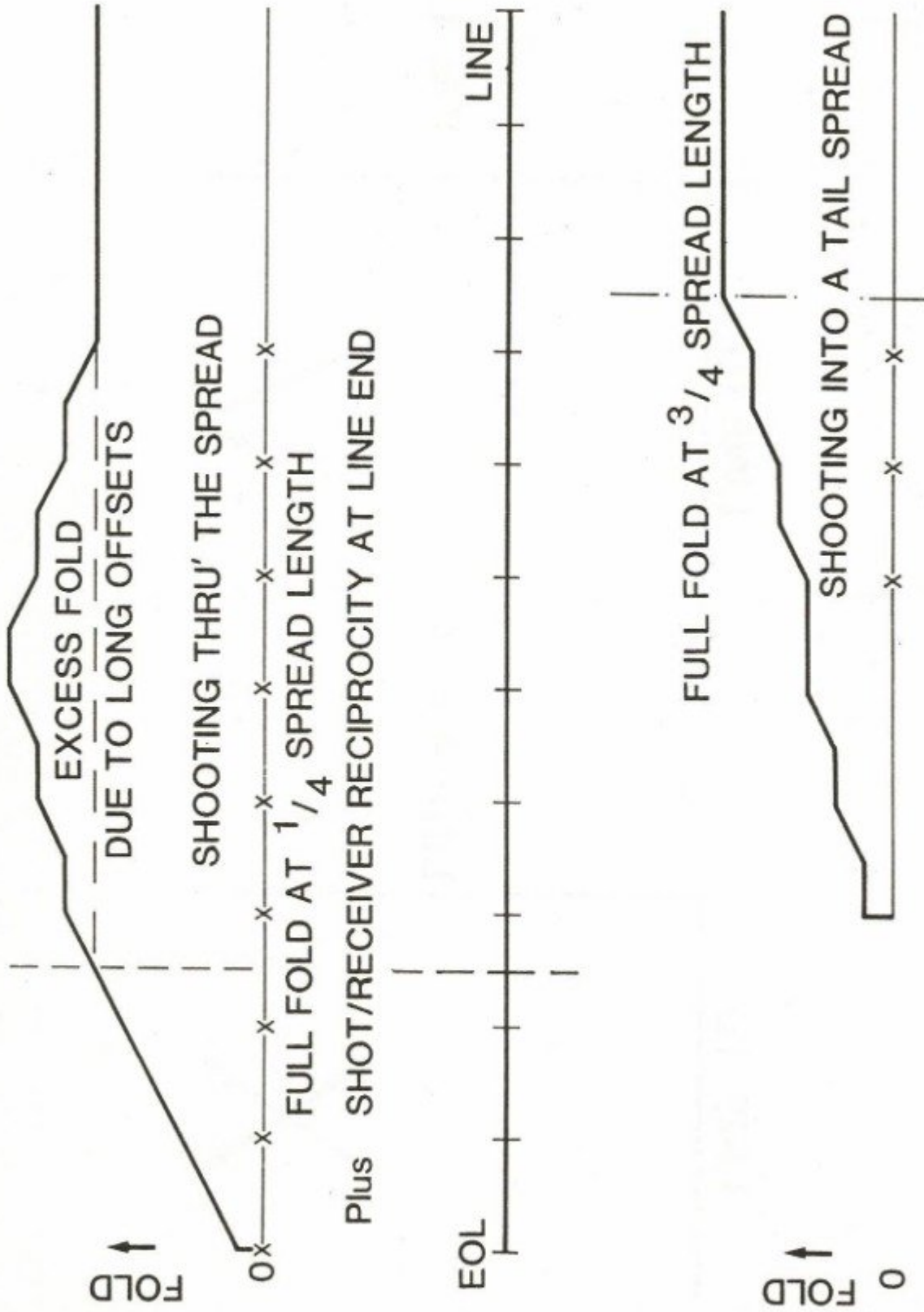


Figure 2. Alternative means of stacking on and off.
Şekil 2. Alternatif yığma şekilleri.

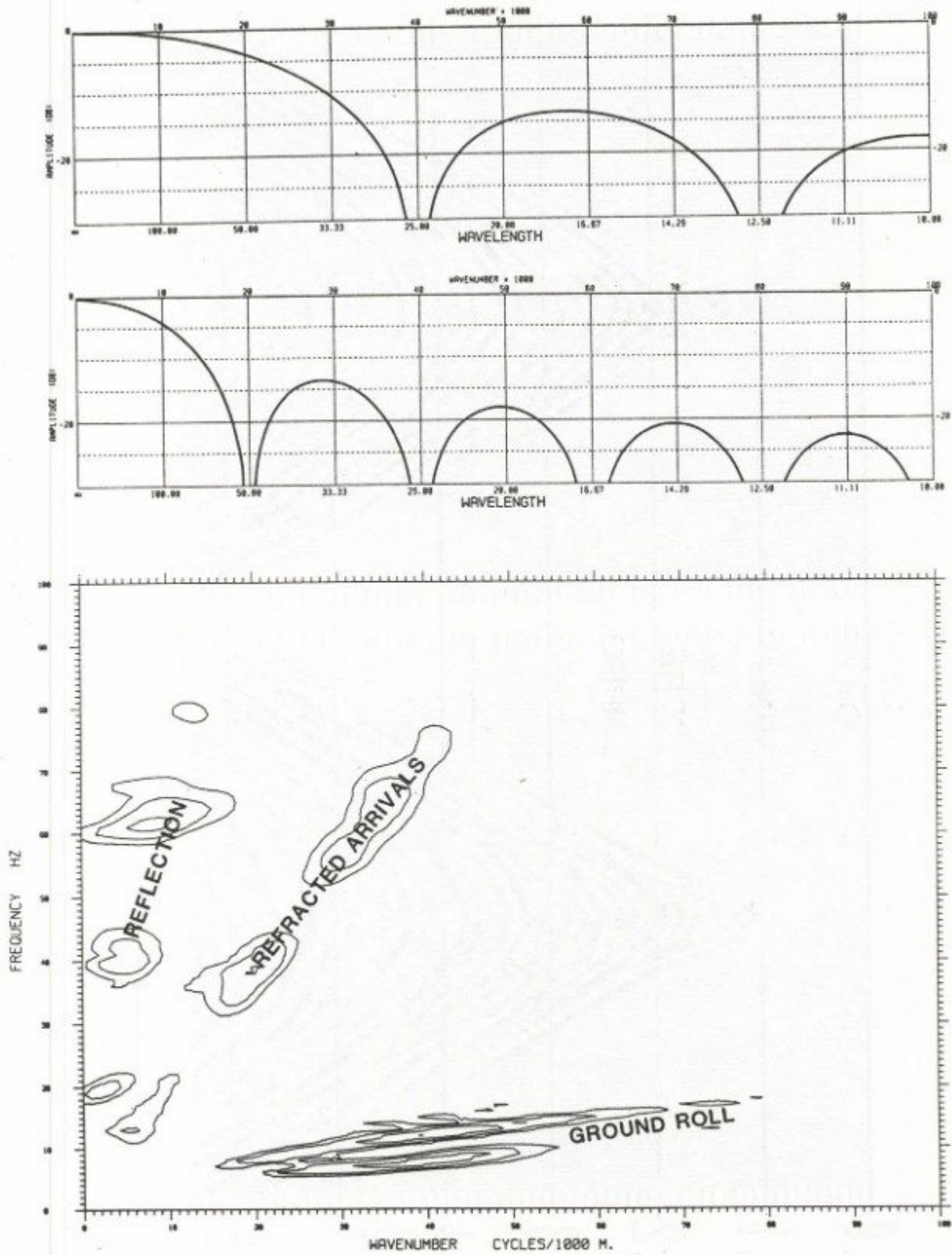


Figure 3. Spatial filtering effects in F-K space.
 Şekil 3. F-K ortamında uzaysal süzgeç etkileri.

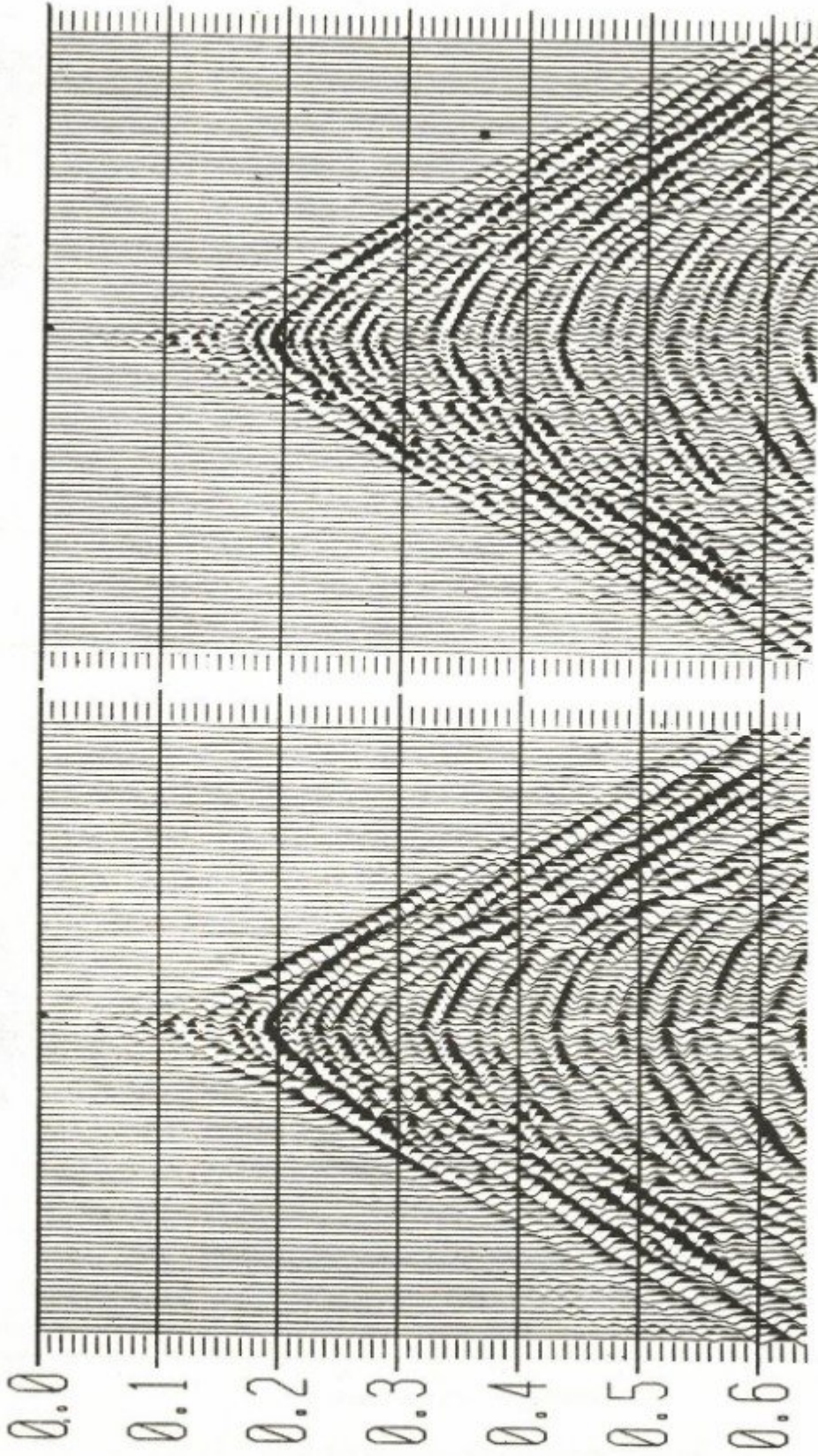


Figure 4. Linear sweep, Non-linear sweep.
 Şekil 4. Doğrusal ve doğrusal olmayan sweep.

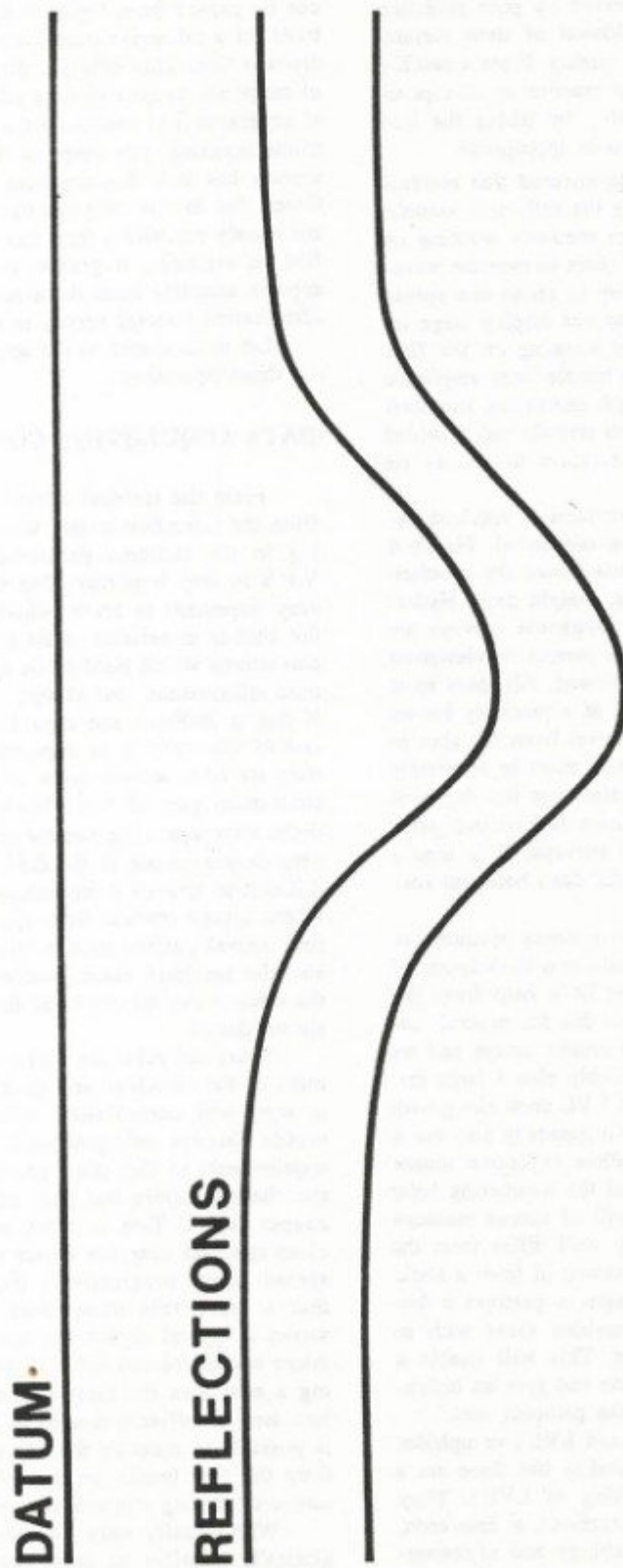


Figure 5. 'Crooked Line' section.
Şekil 5. Kırıklı hat kesiti.

a crooked line, residual statics algorithms see this as a static anomaly, whereas it is an expression of true structure along the line track. Attempting to deal with this in an automatic fashion is often hindered by poor statistics in the cross line sense, the likelihood of time variant cross dips, and probable poor data quality. From a residual statics viewpoint it is then good practice to attempt to straighten out severe bends, possibly by taking the line cross country using whatever source is appropriate.

By the above means we have ensured that residual and refraction static methods using the reflection seismic data may be used. Residual statics methods working on the reflection data can take care of short to medium wavelength static anomalies, generally up to about one spread length, provided such anomalies do not display large local variations. Refraction methods working on the first breaks from the reflection data can handle large amplitude local anomalies and long wavelength anomalies, provided these are represented in the refracted arrivals and provided there is frequent additional information to act as tie points.

What kind of additional information is required depends on the type of survey being conducted. Figure 6 shows the two basic cases, dynamite below the weathering and a source such as Vibroseis, weight drop, Hydra-Pulse etc., acting on the surface. Dynamite surveys are generally the easiest from the static correction viewpoint provided a few simple rules are followed. All shots must be detonated below the weathering, at a precisely known depth and the time for energy to travel from the shot to the surface (known as the uphole time) must be accurately recorded. Even with the best of intentions the depth of weathering may not always be known beforehand, after all we are conducting exploratory surveys. It is thus a wise precaution to drill the occasional deep hole and conduct a full uphole survey.

With surface sources we are in a worse position, we are now forced to know the velocities and thicknesses of the near surface layers and we get little help from the reflection data or the first breaks on this for several reasons; we use receiver and probably source arrays and we have long station intervals and probably also a large initial offset. It is most usual to run an LVL crew along with a surface source crew. This crew will generally also use a surface source or an extremely shallow explosive source and can provide average estimates of the weathering layer parameters at localised points. It will of course measure horizontal velocities and these may well differ from the vertical velocities we are more interested in from a static correction viewpoint. Again it is wise to perform a few upholes where possible, and to combine these with an LVL survey centred over the hole. This will enable a measure of the anisotropy to be made and give an indication of how this varies throughout the prospect area.

Where and how frequently should LVL's or upholes be sited? It is not possible to generalise but there are a few simple rules to follow for siting of LVL's. They should be sited at or near line intersections, at line ends, at any known changes in surface geology and at reasonably frequent intervals between these points. Basically the same rules apply for upholes except that permitting

considerations are more crucial and fewer are needed in areas where LVL data is usable.

As to how frequent tie points need to be, some idea can be gained from figure 7 which shows a sequence of trials for a refraction statics routine on model data from a crooked line. This example shows the required frequency of tie points to give relative statics calculated from model generated first breaks on the deepest horizon more absolute meaning. The shape of the relative statics curve is correct but it is floating and needs tying periodically. Given that in this case the tie points are perfect as they are merely calculated from the model we might be justified in requiring a greater density of tie points than appears adequate here. An average density of 500m for a 25m station interval survey is about right.

Let us now look at the actual mechanics of performing these operations.

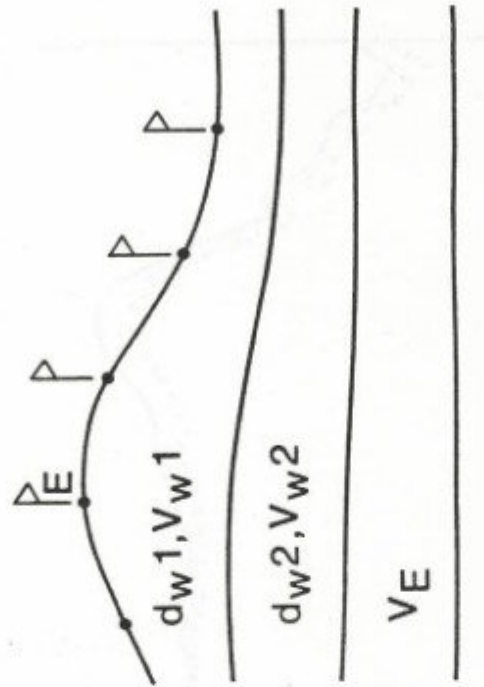
DATA ACQUISITION CONSIDERATIONS

From the residual statics viewpoint and even more from the refraction statics viewpoint accuracy in surveying in the stations, particularly such things as offset V.P.'s is very important. For refraction statics it is also very important to know where the closest geophone to the shot is in relation to its station. Figure 8 shows the corrections which need to be applied to the basic arrival time information, two of these use the refractor velocity. If this is 2000m/s and there is a 4m error in where the end of the array is as opposed to where we think it is, then we have a time error of 2ms, representing a very substantial part of the relative static between two stations. Here again the stack array comes in handy as it is very easy to check in the field, and it should not be too difficult to arrange a reporting procedure for any stations where arrays deviate from normal. Figure 9 shows the first arrival pattern from a station bunched on one side and the resulting static profile shown dashed, knowing the error it can be corrected for; giving the static profile shown dotted.

There are rules for LVL's also, the aim is measurement of the velocities and thicknesses of all layers down to some well consolidated layer after which the velocity profile changes only gradually. This leads to conflicting requirements in that short group spacings are needed for the shallow layers but long offsets are needed for the deeper layers. This is often accommodated by having close spacings near the source points at each end of the spread which progressively increase into the centre so that a reasonable offset may be obtained. Figure 10 shows a typical layout for such a spread as well as a micro spread for soil velocity determination. When entering a new area the most important decision to make is how long an offset is needed to pick up the deep event. It is possible to measure the velocity of the deep refractor from the first breaks on the reflection data, it is then a matter of finding this velocity on the LVL spread.

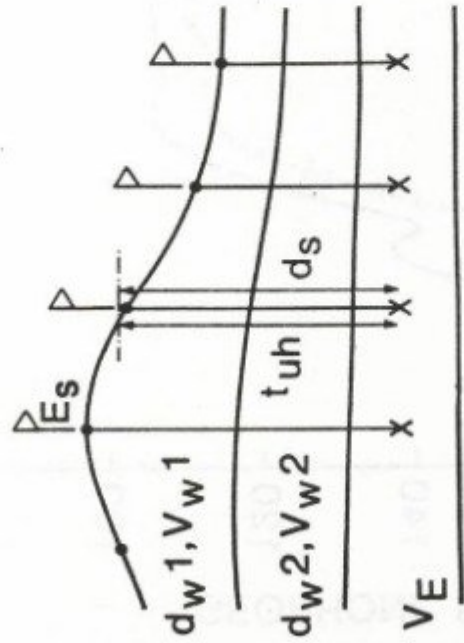
With usually only 24 channels available it is not generally possible to meet both of the above requirements so additional shots are taken beyond the spread on each side. If possible the spread and shots should be ar-

SURFACE SOURCE



$$\text{Static} = - \left(\frac{E - E_d - \sum d_w}{V_E} + \sum \frac{d_w}{V_w} \right)$$

BURIED SOURCE



$$\text{Shot Static} = - \left(\frac{E_s - d_s - E_d}{V_E} \right)$$

$$\text{Geophone Static} = -(\text{Shot Static} + t_{uh})$$

Figure 6. Static corrections.
Şekil 6. Statik düzeltmeler.

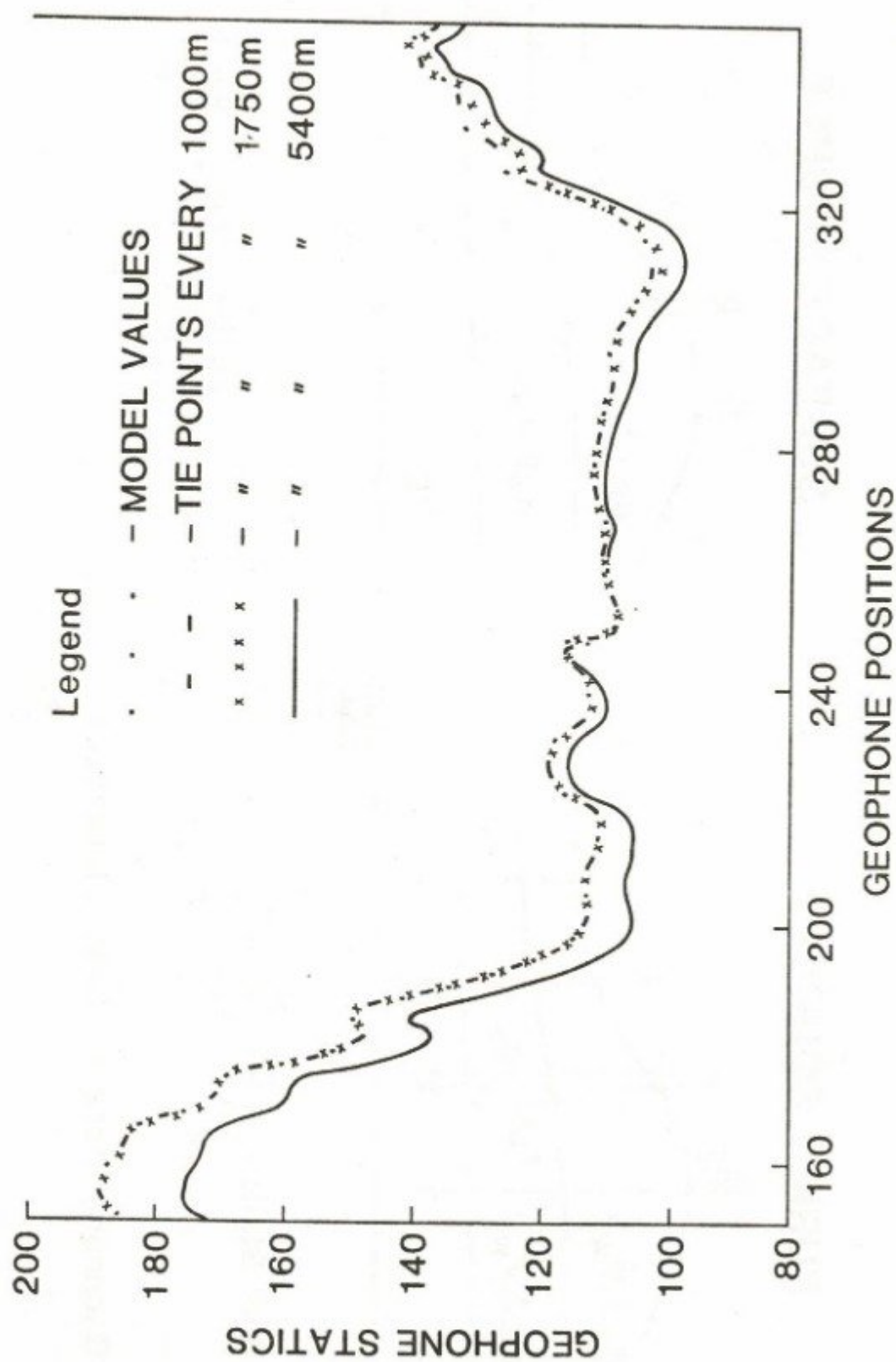


Figure 7. Tie point density.
 Şekil 7. Bağlantı noktası yoğunluğu.

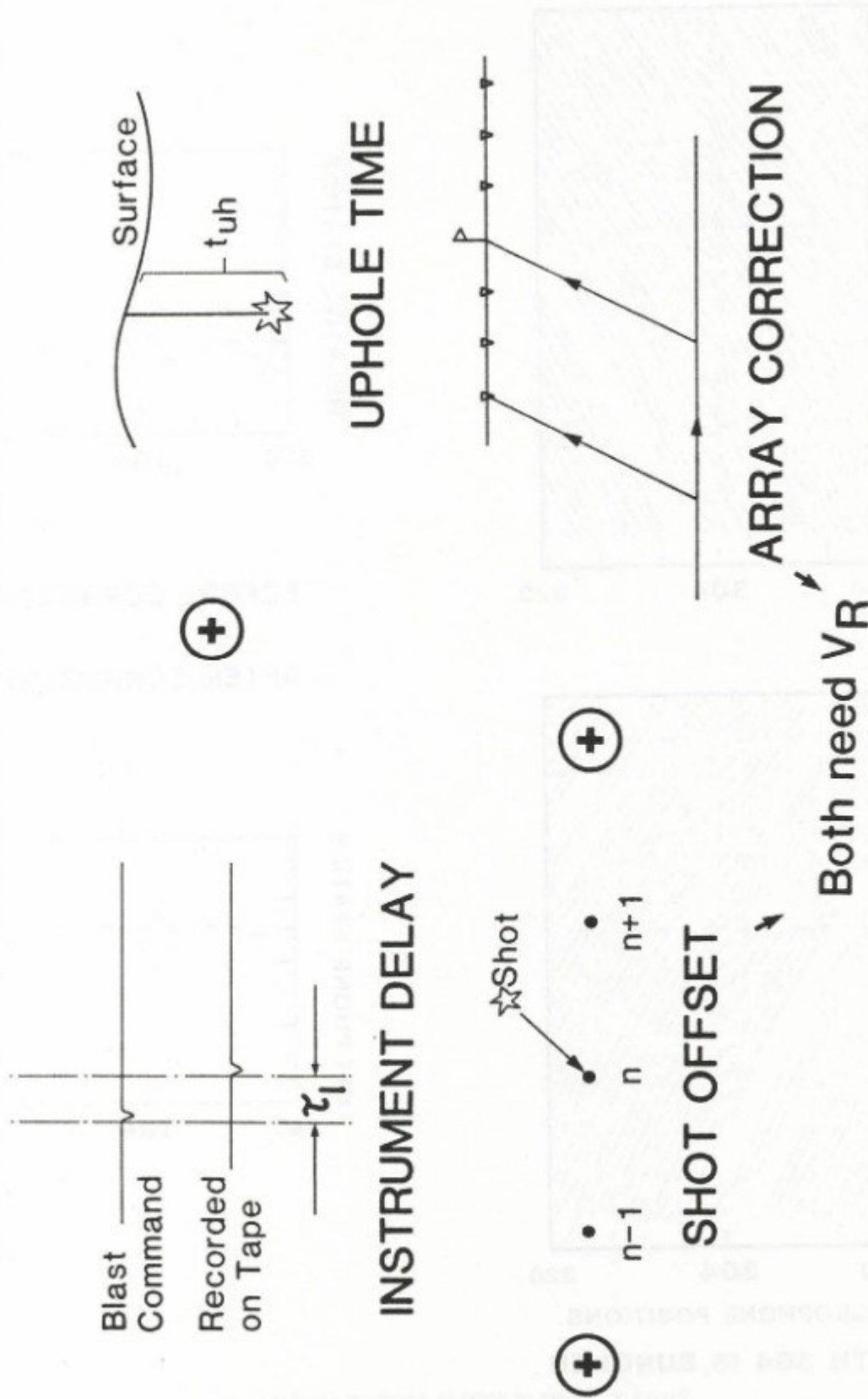
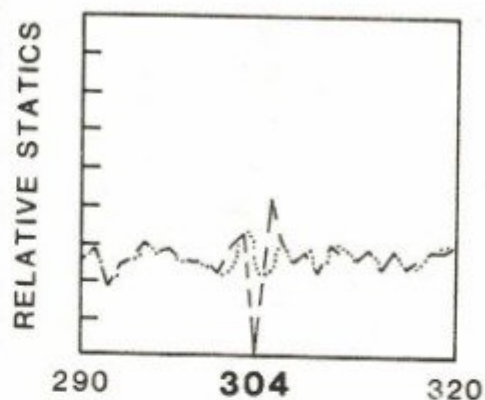
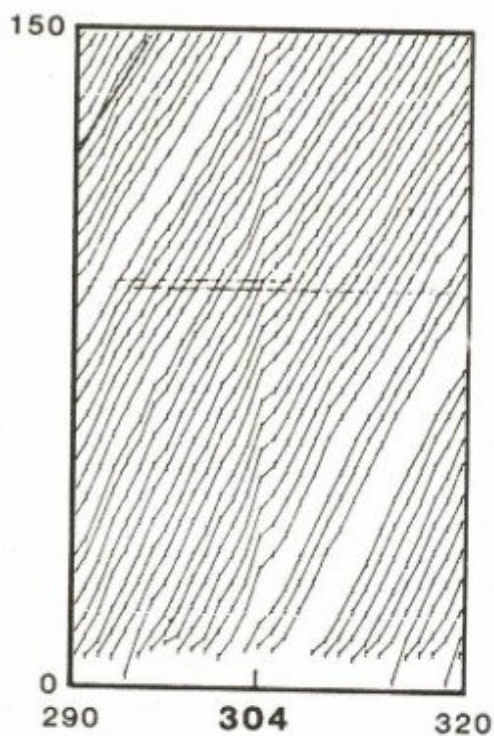
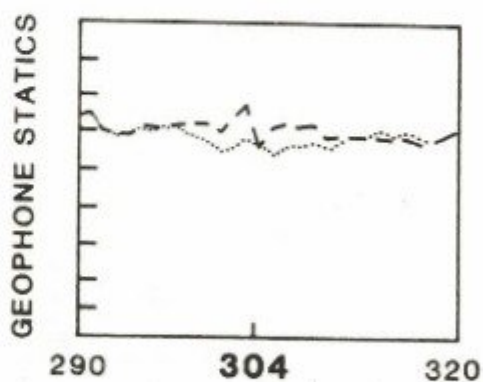
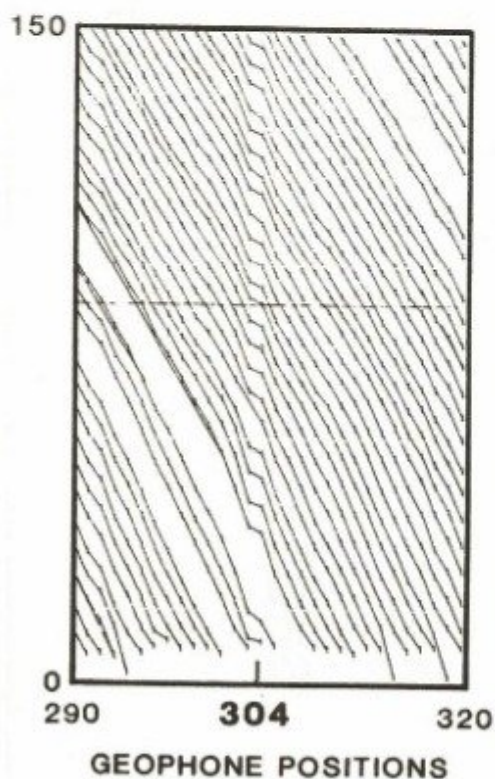


Figure 8. Corrections required for absolute times.
 Şekil 8. Mutlak zaman değerleri için gerekli düzeltmeler.



BEFORE CORRECTION

AFTER CORRECTION

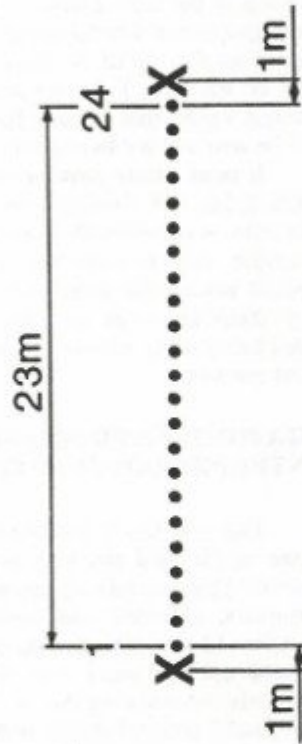


STN 304 IS BUNCHED

Figure 9. Effect of error in geophone position.

Şekil 9. Jeofon noktasında yapılan hatanın etkileri.

FOR "SOIL" VELOCITY



FOR "NEAR SURFACE" - Max Offset $> (3 \times W_x \text{ depth})$

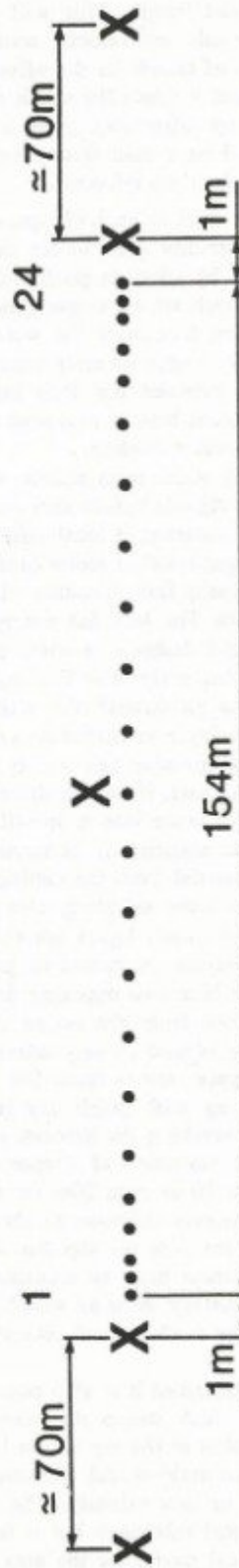


Figure 10. Example LVL spread layouts.
Şekil 10. Düşük hız tabakası serim örnekleri.

ranged such that the outer shots are extended out by about 1/2 to 3/4 of the spread length. This will allow some overlap of data and enable the velocity transition offset to be found. A fair rule of thumb for the offset required is that this should be about 3 times the depth of investigation in order to pick up refractions from it, the spread should thus be a little longer than this to enable several picks to be made from the deep refractor.

As the dimensions used in an LVL spread are much smaller than we are normally used to for the reflection spread, great care must be taken in positioning both the source and receivers, which are all single geophones, usually with a low resonant frequency for wide bandwidth signal recording. Another source of error which can easily creep in is in timing between the shot initiation and recording, a wise precaution here is to devote one channel to some form of time break recording.

Whilst considering acquisition points, what things should be considered as regards uphole surveys? These can provide a great deal of accurate, if local information provided they are well designed and carefully executed. Figure 11 shows on the left a cheap fast procedure which produces very poor quality data. The hole has not gone through the weathering, only one detector is used and too few shots are taken too infrequently. The first rule is; make the hole deep enough to go through the weathering and far enough into the next layer to enable its velocity to be measured. Such depth information can usually be approximated from other seismic data, if not the driller can be instructed to drill some distance into a specified consolidated material, perhaps assisted by someone who can readily recognise the material from the cuttings.

We then follow the same sampling rules as used for LVL surveys; i.e. the shallower layers are sampled more finely than the deeper layers. A spread of geophones is laid on the surface in at least two opposing directions, either an expanding interval from the centre is used or a cluster of geophones is placed closely around the hole and the remainder are spaced out at about 5m. The hole is shot from the bottom up with small charges, both to avoid sealing it off (or breaking the harness, if used) and creating cavities in the ray-paths of deeper shots. Shot spacings at depth can be 10 or even 20m for a very deep hole but should progressively decrease to about 2m over the top 10m, possibly 1m over the top 5m. Again, with such fine samplings distances must be accurate both down the hole and along the surface. Also as with LVL's an accurate time break must be available and accurate recording must be used.

Using the layout described it is also possible to produce a Meissner plot which shows the wavefield as it would emanate from a shot at the top of the hole. This is useful in spotting horizontal/vertical anisotropy and in locating bands of high or low velocity. The information is only of extremely local relevance but it may help in establishing the geological model for the area.

Uphole surveys are an extension of regular uphole recording as performed on a dynamite crew. Here again the charge depth at time of detonation should be accurately known. It has been recent practice to measure the uphole locally in the shot firing system and transmit this

as a time back to the recording system for recording on an auxiliary trace. Such systems are subject to a number of errors, they are primarily threshold detectors and are thus prone to anything which affects the signal level; pick up, variations in transmitted energy and/or receiver plant sensitivity, casing breaks, any extraneous noise. A better answer is to record the uphole information in its entirety and preferably at a higher sampling rate than used by the recording system, using some form of local recorder.

Figure 12 shows an uphole signal recorded on such an instrument capable of sampling down to 1/4ms on up to 8 separate channels. A casing break is clearly visible, yet the time break can still be picked to greater than 1ms accuracy. Another phenomenon which is verified by use of this device is the effect of the drilling activity around the top of the hole. Figure 13 shows signals from 3 identical geophones simultaneously recorded at different offsets from the top of the hole. The 'phones closer to the top of the hole have the shortest travel path but the longest times, this is most likely due to the disturbance of the near surface by the drill.

It is of course possible that the hole is not perfectly vertical but this slowing down is often observed close to the hole. A recommended practice would be to use such a recorder with at least four wide band 'phones radially spaced around the hole, away from the disturbed zone, say about 2m from the hole. As dynamite statics rely very heavily on uphole times this should become standard practice.

STATIC DATA PROCESSING AND INTERPRETATION CONSIDERATIONS

Just how much processing of statics data should be done in the field and how much should be done in the centre? This depends on many things and varies between countries, operators and contractors. As we should be concerned here with good practice, what should this be in general and how much could we deviate from this without seriously deteriorating the results? Obviously the correlation based residual statics will be performed in the processing centre, as they require the use of larger computers. It is possible to run refraction based statics routines (using the statics from the high fold available in reflection data) in the field, but it is probably best to do this in the processing centre where the effects can be checked on stacked data.

There are advantages in determining the field statics in the field. With these we are seeking to get within range of residual statics routines and provide the information needed for removing the long wavelength components. There are numerous occasions when a survey is well designed for what is expected but what comes out of the data provides a few surprises, it is just as well for as all that this is the case, otherwise there would be no point in the exercise anyway. In such instances it is useful to be able to be aware at the time that this is so, to be able to examine the data for any errors and possibly repeat some experiments or generate some infill data. Going back weeks or months later to plead for another couple of

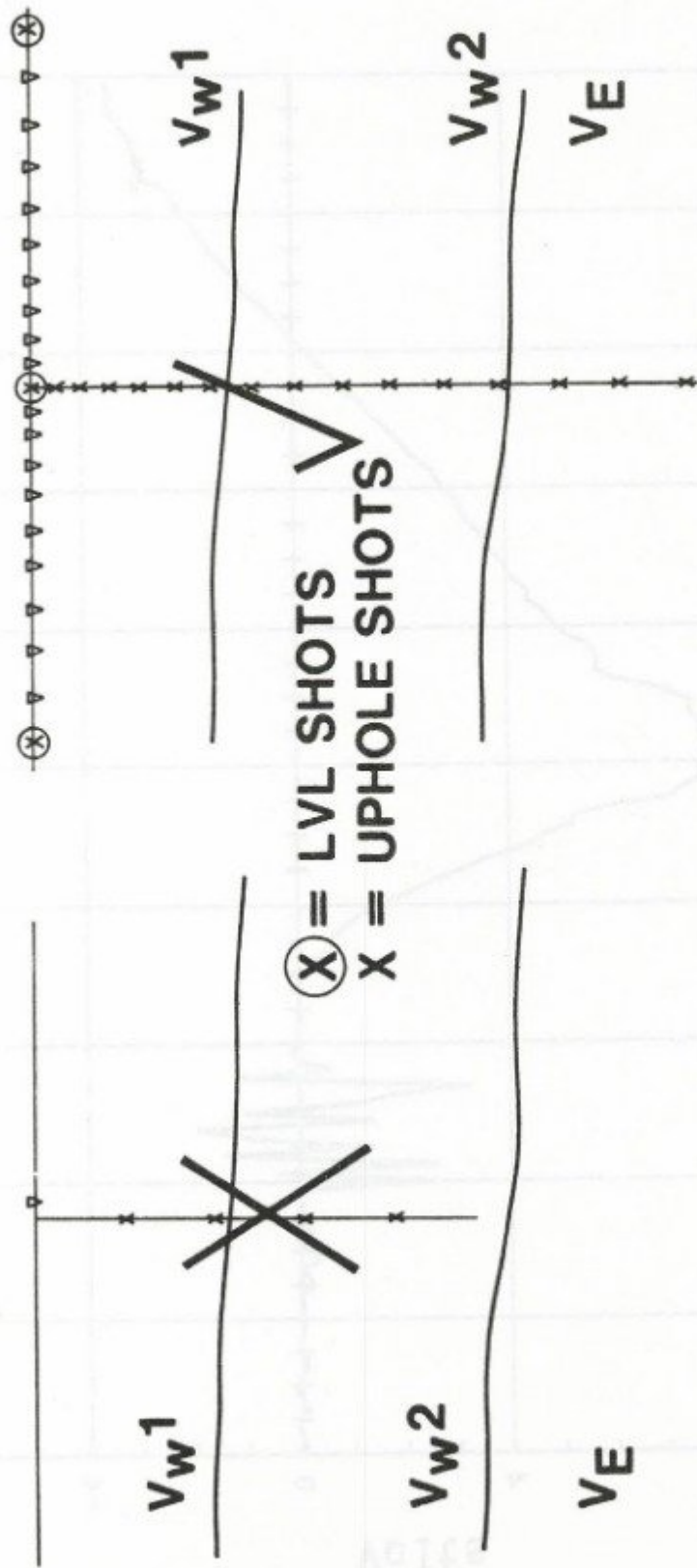


Figure 11. Uphole recording technique.
 Şekil 11. Kuyu üstü zamanı kayıt yöntemi.

Shot Point 0237A
 No of samples is 252. Sample Rate is 0.250 ms. Gain is 8.
 Window is 0 - 40 ms and -8 to +8 volts.

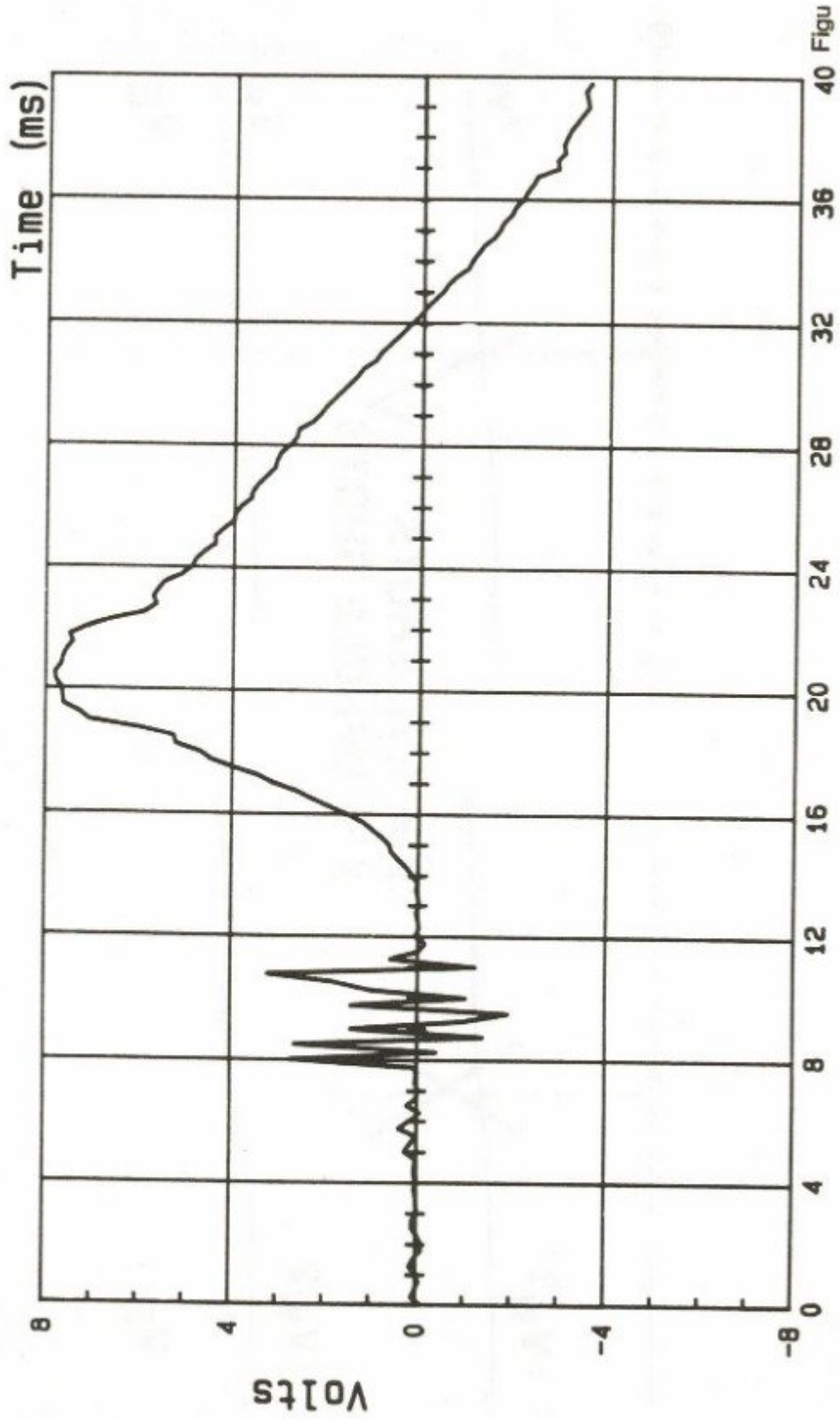


Figure 12. Shot showing casing break.
 Şekil 12. Muhafaza borusundan gelen ilk kırılmalar.

Shot Point 0225 .
 No of samples is 252. Sample Rate is 0.250 ms. Gain is 8.
 Window is 14 to 30 ms and -3.945 to 3.925 volts.

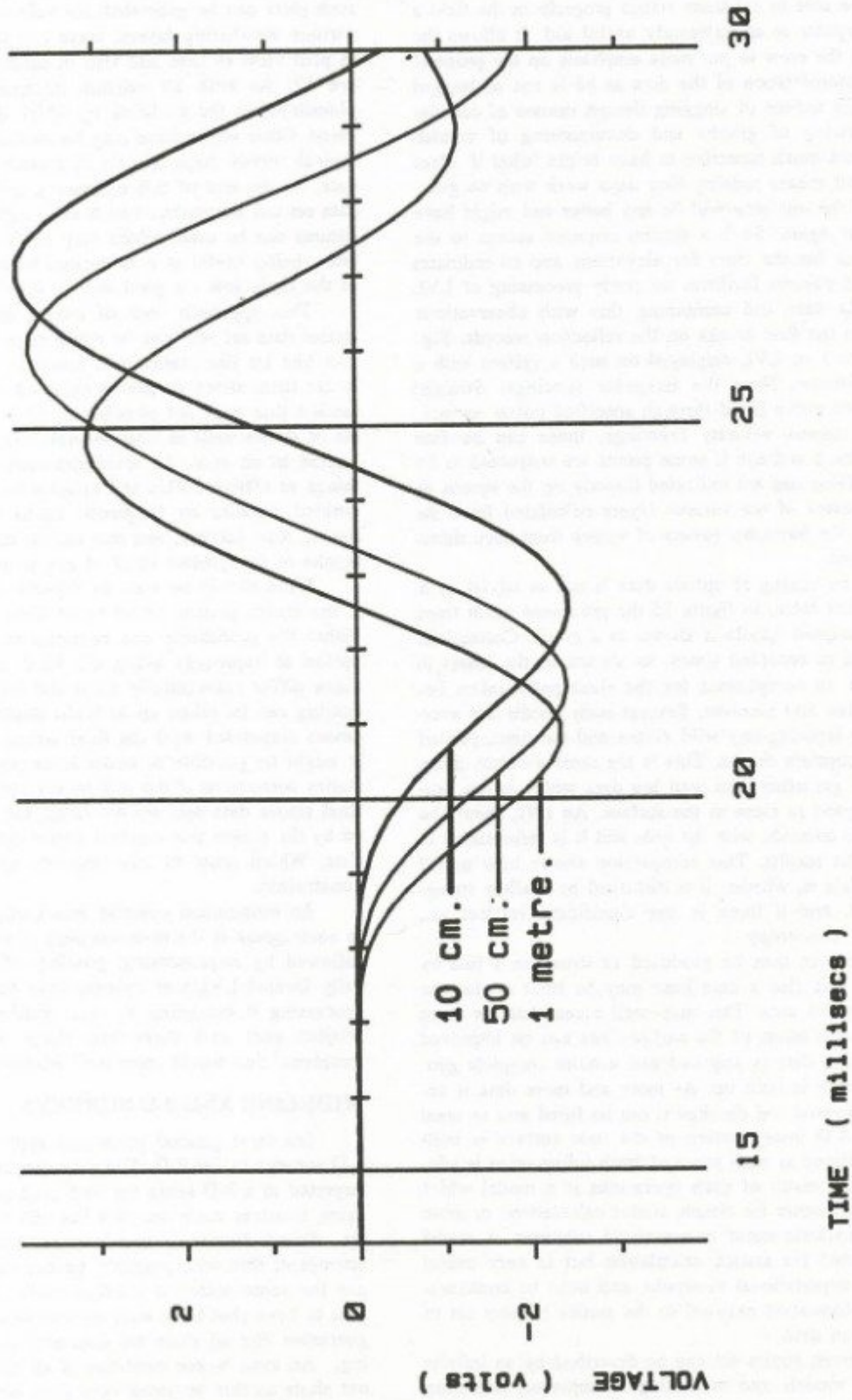


Figure 13. Different distances from shot hole.
 Şekil 13. Atış kuyusundan çeşitli uzaklıklar.

uphole sites is more of an embarrassment and problem than to do it whilst the crew is there. There is another factor for computing field statics as correctly as possible on the crew; it helps to remove some of the feeling that everything can be sorted out in the processing centre.

To be able to calculate statics properly in the field a small computer is an extremely useful aid. It allows the person on the crew to put more emphasis on the processing and interpretation of the data as he is not so bogged down in the tedium of slogging through masses of calculations, drawing of graphs and documenting of results. There is not much incentive to have bright 'what if' ideas if the result means redoing four days work with no guarantee that the outcome will be any better and might have to be done again. Such a system requires access to the survey data for the lines for elevations and co-ordinates and should possess facilities for ready processing of LVL and uphole data and combining this with observations made from the first breaks on the reflection records. Figure 14 shows an LVL displayed on such a system with a colour monitor. Note the irregular spacings. Straight lines can be curve fitted through specified points to indicate the various velocity layerings, these can be fine tuned by hand and eye if some points are suspected to be in error. Velocities are indicated directly on the screen as are thicknesses of the various layers calculated from the intercepts; the harmonic means of values from each direction are used.

The processing of uphole data is not as trivial as it might at first seem. In figure 15 the processed result from a finely sampled uphole is shown as a graph. Corrections are needed to recorded times, as shown in the insert in this figure, to compensate for the slant paths taken between source and receiver. Several such results are averaged, after ignoring any wild values and the times plotted at the appropriate depths. This is the most absolute information we get other than well log data which is not usually very good so close to the surface. An LVL should be recorded to coincide with the hole and it is informative to compare the results. This comparison shows how useful the LVL data is, whether it is disturbed by shallow stringers or not, and if there is any significant vertical vs., horizontal anisotropy.

Statics can then be produced as usual on a line by line basis, but also a data base may be built up for the whole prospect area. This may well mean that the static corrections for some of the earlier lines can be improved upon as more data is acquired and a more complete geological picture is built up. As more and more data is acquired, processed and checked it can be fitted into an areal model. A 3-D interpretation of the near surface is built which is refined as each piece of fresh information is added to it. The result of such operations is a model which may be used either for simple statics calculations or more complex 'dynamic static' or wavefield solutions. A model is not needed for statics calculation but is very useful from an interpretational viewpoint and must be constructed from information external to the statics number set or the reflection data.

Any given statics set can be described by an infinite number of models and modelling attempts on reflection

data need some stable starting point to prevent results from being too influenced by esthetics. Figure 16 shows a contoured display of refractor velocity over an area (which may be shown in colour on the field system), including all new data plus some vetted vintage data. Many such plots can be generated, for velocity and thickness of various weathering layers, these can be interpreted both in plan view as here and also in section as shown in figure 17. As with all seismic interpretation, geological plausibility is the yardstick by which the results are measured. Other information may be included, e.g., local geological survey maps to help in assessing the verity of the data. At the end of this exercise a self consistent statics data set can be produced such as in figure 18. Appropriate datums can be used, which may be fixed or floating, the latter being useful if it is desired to keep the magnitude of the static low - a good idea in high resolution surveys.

This approach does of course mean that the final statics data set will not be ready on a line by line basis. The line by line statics will however be as good if not better than, those generally obtained and it is my contention that it is not possible to have a truly consistent set of statics until at least several loops have been investigated in an area. An areal approach also enables such things as offline LVL's and upholes to be properly incorporated, upholes are frequently up to 100 metres off the line in road surveys, and this can be too far to use their results in an absolute sense at any point on the line.

What should be done as regards processing the data if the statics picture needs to be built up over the area? Either the processing can continue as normal; with the option to reprocess using the final statics data set if these differ substantially from the original set, or processing can be taken up to brute stacks and further processes suspended until the final statics data set is ready. It might be possible to make some post stack structural statics corrections if the differences between original and final statics data sets are not large, but this is complicated by the effects that residual statics may have had on the data. Which route to take depends on budget and time constraints.

An economical exercise which might be worthwhile in some areas is the re-assessment of vintage statics data followed by re-processing, possibly after some strategically located LVL's or upholes have been completed. As processing is becoming an ever smaller element of total project cost and there are many areas with static 'problems' this would seem well worthwhile.

WIDELINE AND 3-D SURVEYS

The same general guidelines apply for wideline and 3-D surveys as for 2-D. The data should obviously be interpreted in a 3-D sense for both such survey types, surveying becomes more complex but still has the same criteria. Some source - receiver reciprocity should be attempted, this will probably be the case in 3-D but is not for some wideline configurations. It is not a good idea to have shot lines with no receivers unless there is a guarantee that all shots are detonated below the weathering. An even worse condition is all receiver lines without shots as this provides very poor control for separat-

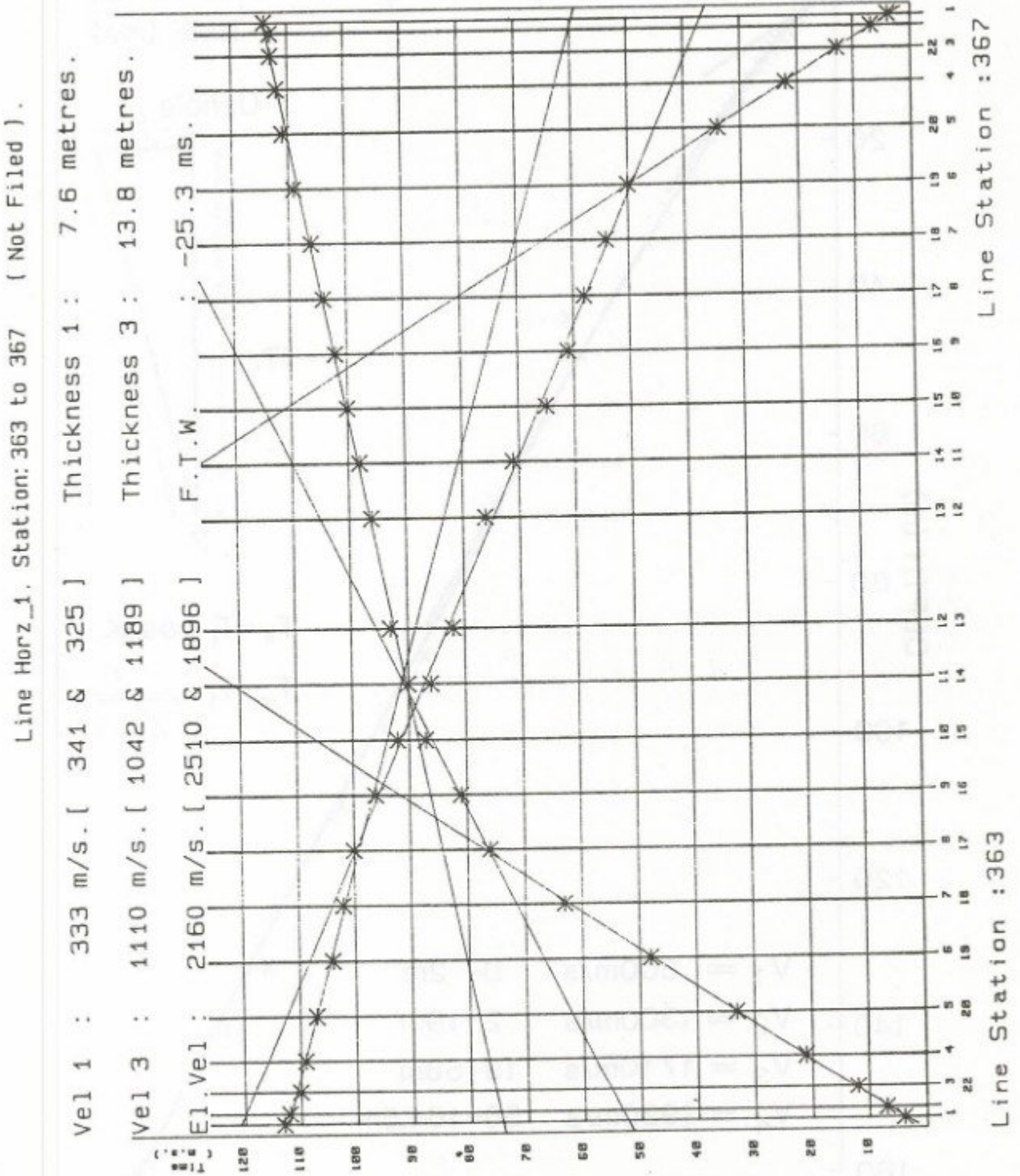


Figure 14. Low velocity layers calculation.
 Şekil 14. Düşük hızlı tabakaların hesaplanması.

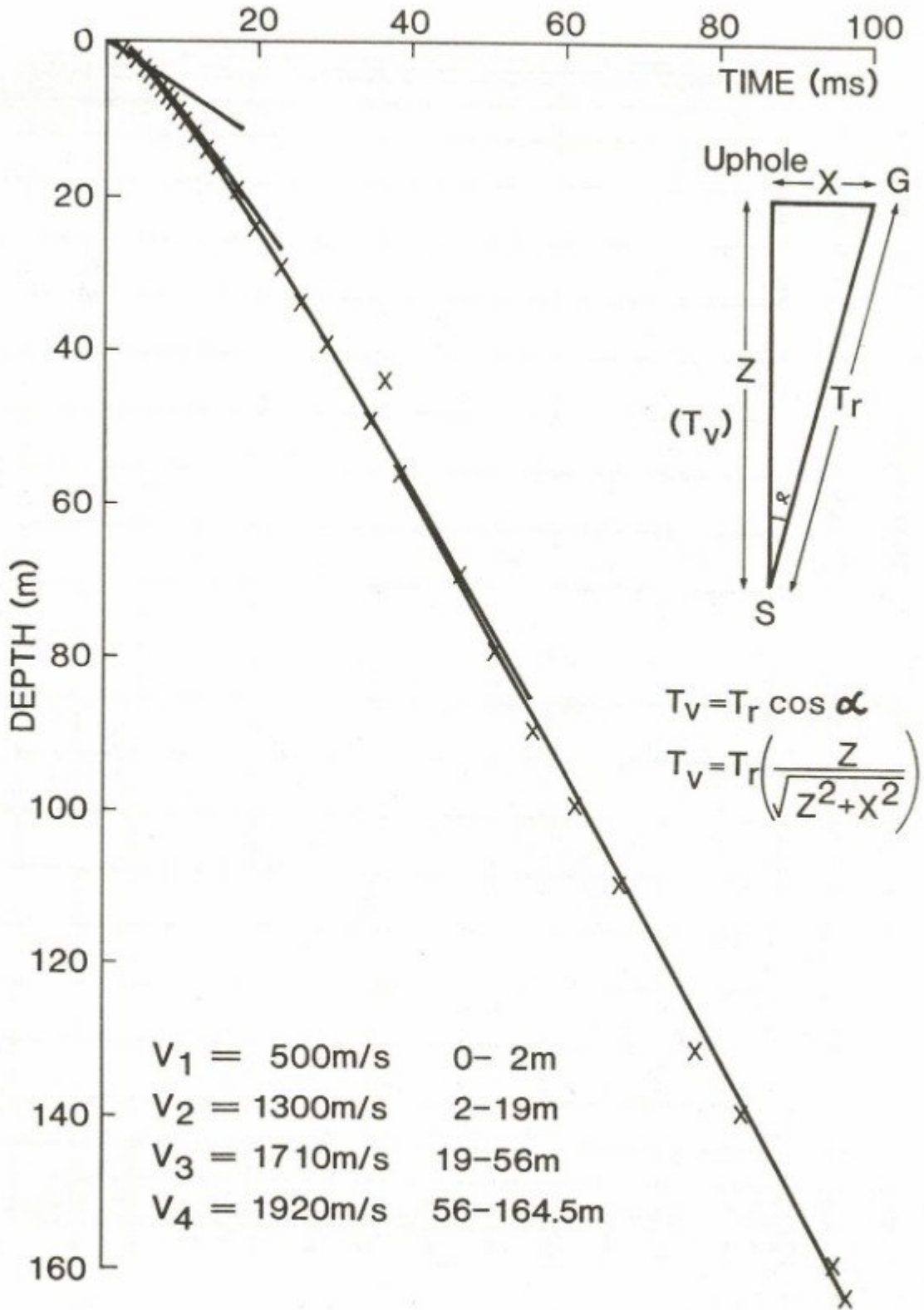


Figure 15. Results from a well acquired & processed uphole.
 Şekil 15. Bir kuyu atışının işlenmiş sonuçları.

File Line Nos
: 1, 2, 3, 5, 7,
Elevation Velocity.
Local Trend.
Correlation Coeff:
0.431

(El. Vel. Contours)

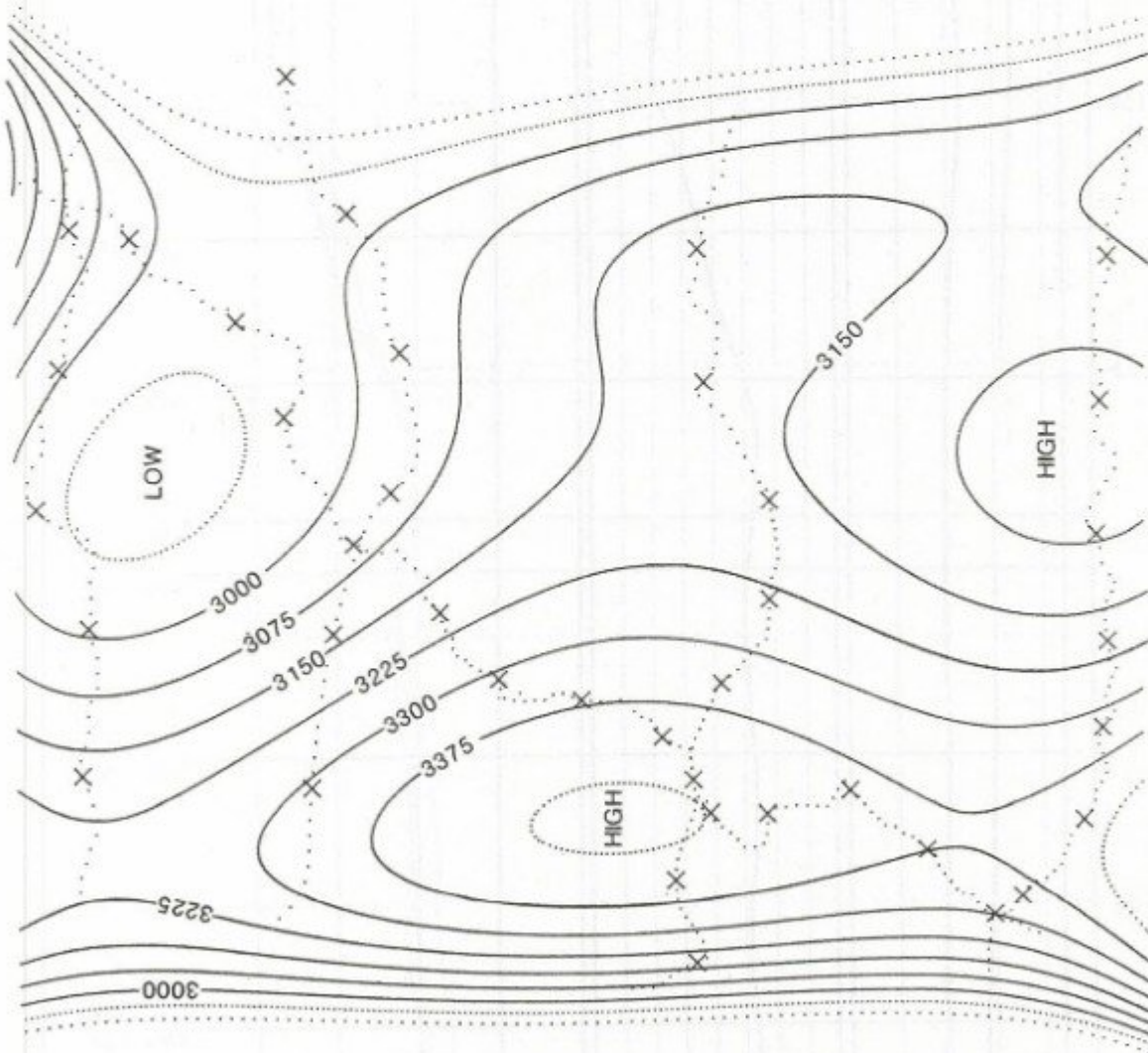
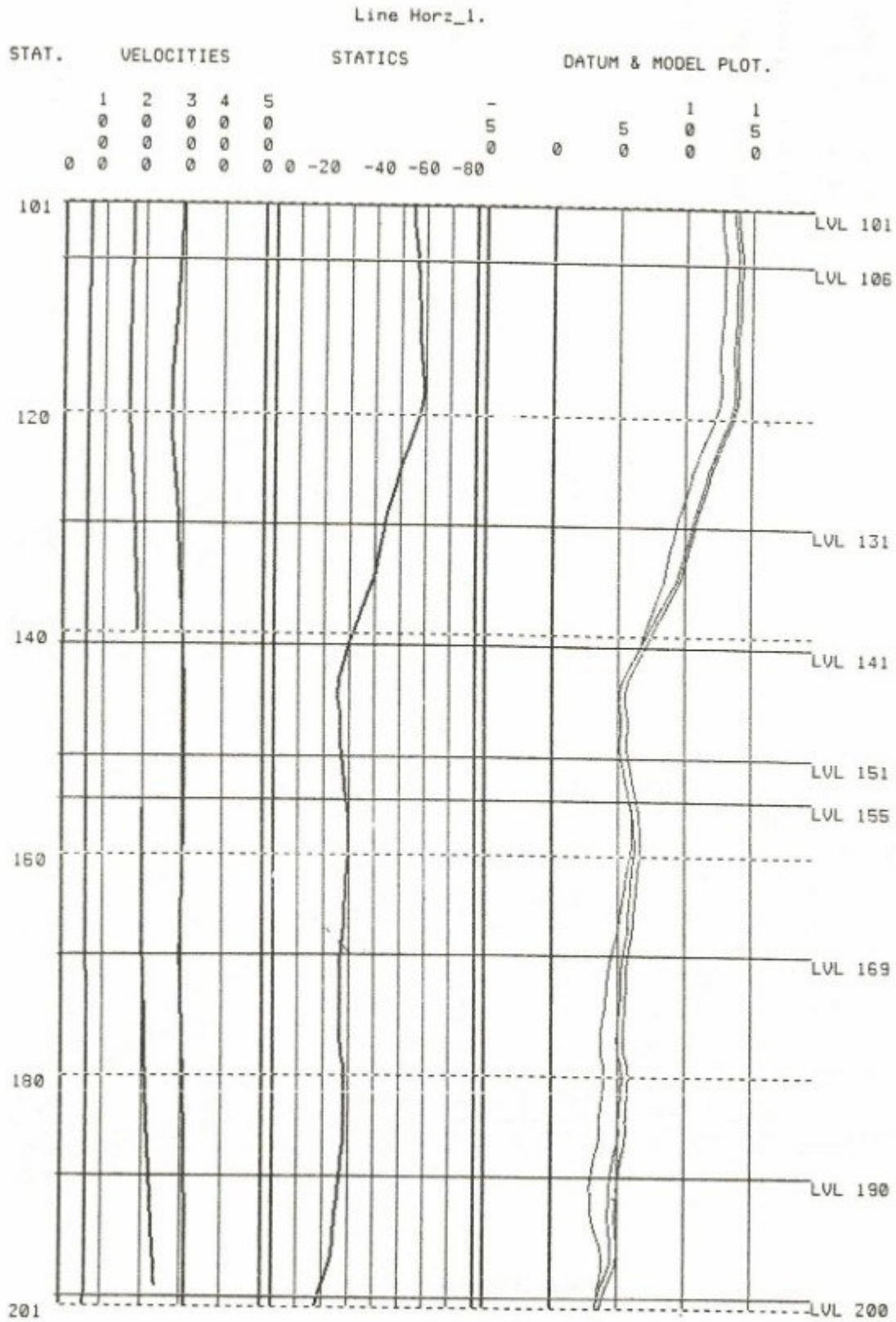


Figure 16. Statics.
Şekil 16. Statik düzeltmeler.



(ms) PLAN VIEW



Figure 18. Statics (ms) plan view.

Şekil 18. Statik düzeltmeler (ms) plan görüntüsü.

ing out such things as cross dip from statics. Thus it would seem a good idea to put at least the odd shot into receiver only lines on wideline surveys, the problem is actually less in 3-D as there is more data available from surrounding areas.

CONCLUSIONS

Statics still remain as a prime potential error source in land seismic data. As a general rule insufficient attention has been paid to the problem, though there are signs that this is improving, this is probably due to the fact that it often takes a poor second place to the primary activity of acquiring and processing the reflection data, is something of a tedious slog and costs money. Many improvements in statics processing have appeared over the years, sometimes giving the impression that little attention need be paid to the problem in the field. In fact the problem of resolving the statics or near surface problem, is one for both the field crews and the processing centres, preferably with some communication between them. A lot can be done using good practice and careful attention to detail to solve the problem. The use of micro or mini computers in the field can remove a lot of the tedium

from the task of computing field statics and assist in improving the analysis and interpretation of the data. Finally the best attempts possible should be made to gather, process and interpret the relevant information at the time of the survey. Failure to take the problem seriously will result in data of less than the required veracity and may lead to some very expensive wrong decisions being made at a later stage.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Mr. S.N. Glazer for discussions on statics in general and refraction statics in particular, Mr. B. Clarke for his work on the field system and in providing display material, Mr. M. Hunter for help in display material and Mrs. C. Hickey for the bulk of the artwork. Thanks are also due to the directors of Horizon Exploration Ltd., for permission to contribute to this seminar and publish this material.

REFERENCE

- Anstey N.A. 1986, Whatever happened to ground roll?, The Leading Edge 5, March 1986.

AŞKER TEPE - KİLİMLİ (ZONGULDAK) YÖRESİNDEKİ BÜYÜK FAYIN KONUMUNUN YATAY GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ VE DOĞAL UÇLAŞMA ÖLÇÜMLERİ İLE SAPTANMASI

Determination of the Orientation of the Büyük Fault in Asker Tepe - Kilimli (Zonguldak) Region By Using the Horizontal Apparent Resistivity and Self-Potential Measurements

İbrahim ONUR* ve Fethi ERGÜDER**

ÖZET

Taşkömürü üretimi hazırlık aşamasında, işletme projelerinin sağlıklı olması için, süreksizlik konumlarının önceden belirlenmesi önemlidir. Zonguldak taşkömürü üretim alanı, Asker Tepe - Kilimli yöresinde yer alan Büyük Fay, MTA tarafından yapılmış olan jeolojik haritada kuzeye eğimli ve normal fay olarak yorumlanmıştır. Ancak, üretim projesi hazırlama aşamasında, galeri sürülürken, Büyük Fayın eğiminin güneye olabileceği ortaya çıkmıştır. Bu çelişkiye çözüm getirebilmek için, sahadaki süreksizlik yüzey izine dik olacak şekilde alınan Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultusu üzerinde yatay görünür öz direnç ve doğal uçlaşma ölçümleri yapılmıştır.

Özdirenç ve doğal uçlaşma ölçümlerinin yorumundan, Büyük Fayın yaklaşık 80° güneye eğimli ve normal fay değil bir ters fay olduğu bulunmuştur. Ayrıca, sahadaki diğer süreksizlikler ve bazı kömür damarları saptanmıştır.

ABSTRACT

In order to prepare a sound mining project prior to the hard coal production determination of discontinuities is very important. The Büyük Fault in the area of Asker Tepe - Kilimli is accepted as normal fault dipping to the north by the geological study prepared by MTA in the Zonguldak Coal field. However, the observations made in development gallery driven for a production project have indicated that the initial finding may not be correct. In order to settle this disagreement, horizontal apparent resistivity and self-potential (SP) measurements have been performed along the NW-SE profile perpendicular to the surface trace of the discontinuity in the area.

According to the interpretation of the resistivity and SP measurements, it has been found that the Büyük Fault is not a normal but a reverse fault, dipping about 80° to south. Furthermore, additional information regarding the discontinuities and some seams have been obtained.

GİRİŞ

Süreksizlik, yerin fiziksel özelliklerinden birinin sürekliliğinin kesintiye uğramasıdır. Bu kesinti düzlem ya da yamuk bir yüzey boyunca oluşabilir. Süreksizlik düzleminin yatay düzlem ile yaptığı açıya süreksizlik eğim açısı denir. Süreksizlikler yer kesiti içindeki biçimlerine göre T, TT türü gibi isimler alır (Ercan 1982 a, 1982 b).

Yanal süreksizliklerin yerlerinin, eğim açılarının ve süreksizlik biçimlerinin saptanmasında elektrik öz direnç

yönteminin etkinliği çeşitli yazarlar tarafından gösterilmiştir (Long 1954, Appira ve Roy 1971, Ercan 1982 b). Karbonifer havzalarındaki kömür damarlarının elektrik öz direnç yöntemiyle saptanması konusunda çeşitli araştırmalar yapılmış (Verma ve Bruin 1979, 1982) ve bugün de sürdürülmektedir. Zonguldak taşkömürü havzasında süreksizlikler ile ilgili çalışmalar TTK Jeofizik ekibince yürütülmektedir. Süreksizliklerin saptanması, kaydırma doğrultusu boyunca kuramsal bir derinlik için elde edilen görünür öz direnç haritalarından yapılmaktadır (Karaoğlu ve Çalışkan 1987).

* H.Ü. Zonguldak Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü - ZONGULDAK

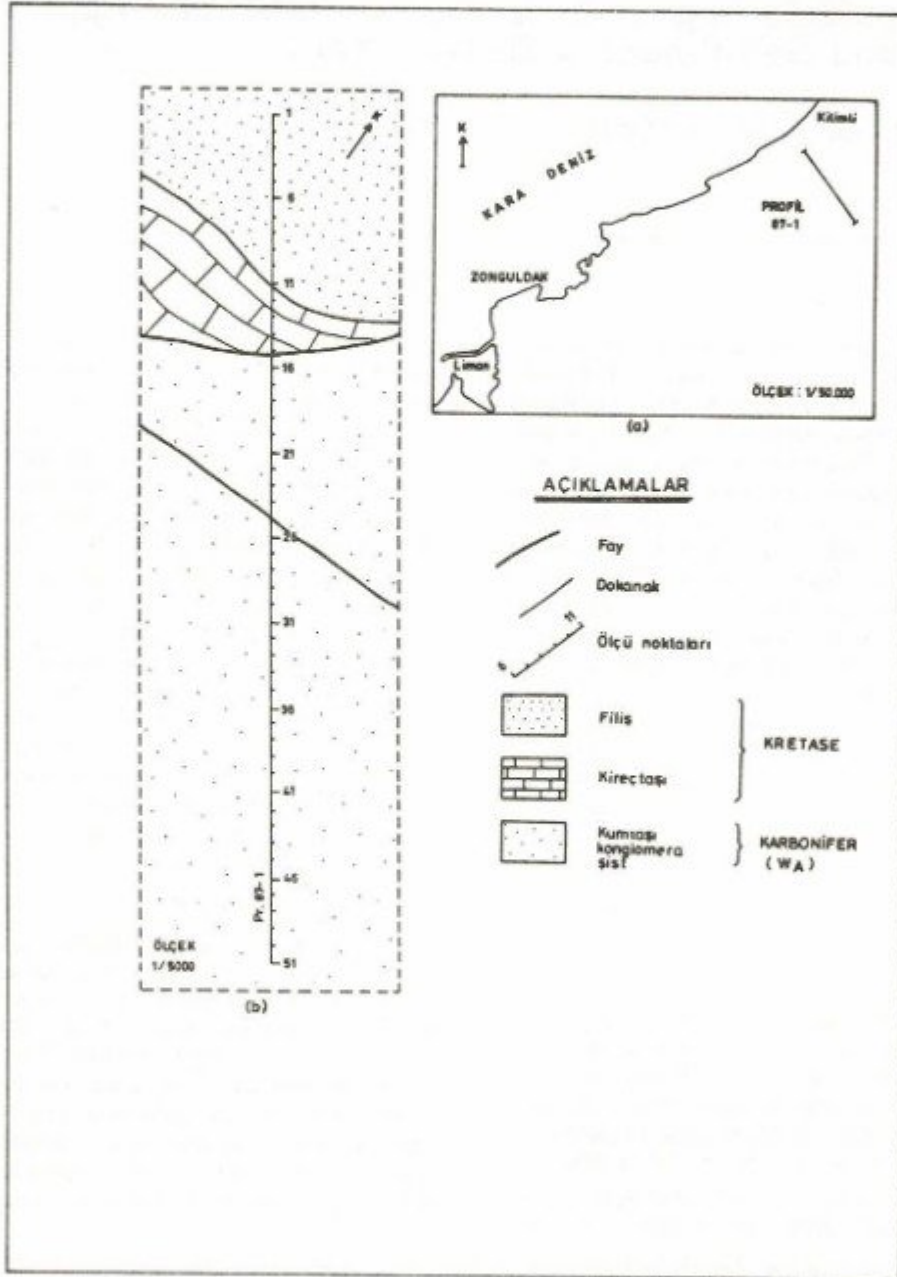
** T.T.K. - Genel Müdürlüğü - ZONGULDAK

Kömür damarlarının taban ve tavanları çoğunlukla kil barmı olup, kömür damarı % 30'a varan gözeneklilik içerebilir. Bu gözenekler içlerinde, yeraltı suyu seviyesine bağlı olarak bir miktar su taşır veya doygun olabilir (Verma ve Bruin 1979). Uygulama alanı olan Asker Tepe - Kilimli taşkömürü bölgesinde, bu koşullar altında ve dirençli taşkömürü ile onu çevreleyen iletken Karbonifer katları arasındaki öz direnç ayrılığından dolayı doğal uçlaşma yöntemi uygulanabilir. Bu yöntem, ayrı işaretli iyonların bir süreksizlik boyunca yığılma noktaları yerlerin bulunmasını amaçlar. Süreksizliklerin yeri ve eğim açısı yığınsal ve türev ölçülerinin biçimlerine bakarak yaklaşık olarak saptanabilir (Ercan 1982 c, 1982 d).

Çalışmada, Asker Tepe - Kilimli taşkömürü bölgesindeki Büyük Fayın ve diğer süreksizliklerin yerleri ve eğimlerini saptamak amacıyla yatay görünür öz direnç ölçümlerine ek olarak doğal uçlaşma ölçümleri yapılmıştır.

ÇALIŞMA ALANI VE JEOLojİSİ

Çalışma alanı, Zonguldak iline bağlı Kilimli Asker Tepe ve civarındadır. Çalışma alanının yeri, Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultulu 1000 m uzunluğundaki çalışma doğrultusu ve çalışmamıza temel teşkil eden MTA tarafından yapılmış 1/5000 ölçekli jeolojik harita (Tongal ve diğ. 1982) Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. a) Asker Tepe-Kilimli bölgesinin yeri. b) Jeolojik haritası (Tongal ve diğ. 1982'dan) ve KB-GD ölçü doğrultusu.

Fig. 1. a) Location of Asker Tepe - Kilimli region. b) Geological map (After Tongal ve diğ. 1982) and the NW-SE line.

Çalışma doğrultusu üzerinde Karbonifer ve Kretase yaşlı birimler gözlenmiştir. Karbonifer, Westfaliyen-A yaşlı birimlerle temsil edilmektedir. Kilitaşı, kumtaşı, konglomera, şist ve kömür damarlarından oluşmaktadır. Kumtaşları gri-açık gri renkli ve ince-iri tanelidir. Konglomeraların çakılları kuvars, kuvarsit, porfirite ve siyemit içeriklidir. Serinin altında ince denizel kireçtaşları gözlenmektedir. Yapılan sondajlardan Westfaliyen-A'nın ortalama kalınlığı 800 m olarak belirlenmiş ve içerisinde 22 adet kömür damarı bulunmuştur. Kömür damarlarının kalınlıkları 0,60-5,60 m eğimleri ise 15°KB - 45°KB arasında değişmektedir. Bu birim üzerine faylı olarak Apsiyen kireçtaşı gelmektedir. Birim, litolojik olarak gri-koyu gri renkli ve bol fosillidir. Orta-iyi tabakalanma göstermekte olup yer yer kumlu marn seviyeleri içerir. Apsiyen kireçtaşının üzerine uyumlu olarak Apsiyen yaşlı filiz gelmiştir. Birim, kumlu marn seviyeleri içeren grimsi renkli marnlardan oluşmuştur. Ortalama kalınlığı ise 700 m'dir (Örek 1988).

YATAY ELEKTRİK GÖRÜNÜR ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMLERİ

Süreksizliklerin yerlerinin ve eğimlerinin bulunmasında en etkin yöntem elektrik öz direnç geçişlerine en duyarlı olan yatay elektrik görünür öz direnç (Kaydırma) ölçümleridir. Süreksizlikler en büyük, seçik ve simgesel belirtilerini, süreksizlik yüzey izini 90° ile geçen doğrultulardaki ölçümler üzerinde gösterirler (Ercan 1982 b).

Çalışmada, süreksizlik yüzey izini dik geçecek şekilde alınan KB-GD doğrultusu üzerinde, kaydırma aralığı 20 m alınarak Wenner ve Schlumberger dizilimleri ile görünür öz direnç ölçümleri yapılmıştır. Wenner diziliminde elektrot aralığı $r = 40$ m, Schlumberger diziliminde

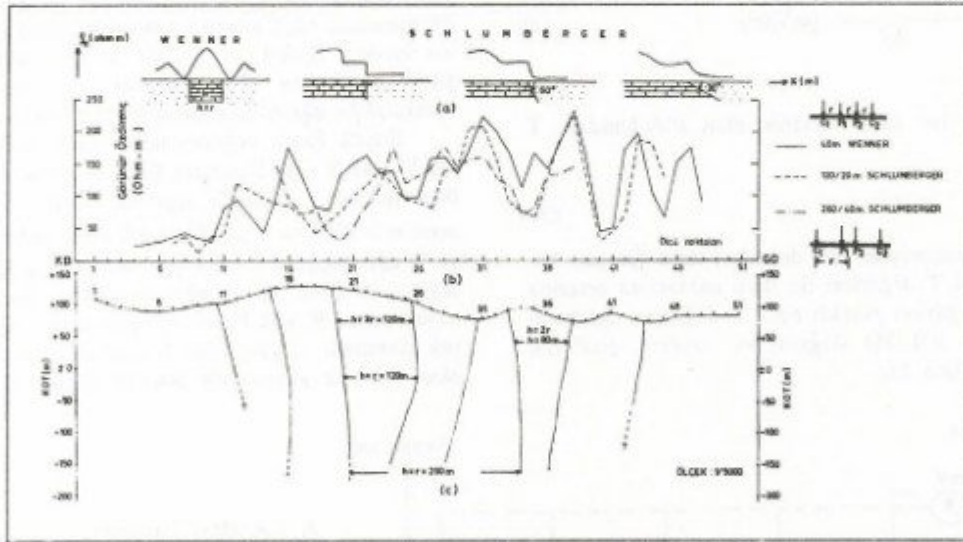
yarı açılım boyu $r = 120$ m ve $r = 260$ m seçilerek bu kuramsal derinliklere ait yatay görünür öz direnç eğrileri elde edilmiştir (Şekil 2).

Wenner ve Schlumberger dizilimlerine ait yatay görünür öz direnç eğrileri, Ercan (1982 b)'nin T ve TT türü süreksizlikler için sunduğu kuramsal yatay görünür öz direnç eğrilerinden yararlanarak değerlendirilmiştir. Saptanan süreksizlikler ve 15 numaralı ölçü noktası civarında bulunan Büyük Fayın değerlendirilmesinde kullanılan kuramsal eğriler Şekil 2'de gösterilmiştir.

Büyük Fayın değerlendirilmesinde, $r = 40$ m Wenner dizilimi görünür öz direnç eğrisi için TT türü süreksizlik biçimi, $r = 120$ m ve 260 m yarı açılım boylu Schlumberger dizilimi eğrileri için ise T türü süreksizlik biçimi göz önüne alınmıştır. Wenner dizilimi yatay görünür öz direnç eğrisinin kuramsal eğriden farklı olarak sağ yanının yukarı kalkmasından bu süreksizliğin tam 90° eğime sahip olmadığı, 60° - 90° arasında bir eğimle güneye dalacağı, aynı süreksizliğin $r = 120$ m Schlumberger dizilimi için 30° - 60° arasında bir eğime, $r = 260$ m için ise 60° - 90° arasında bir eğime sahip olacağı bulunmuştur. Nitekim Domuzcu damarının üretimi için sürülen -100 m ile -150 m kotu arasındaki galeride Büyük Fayın dike yakın bir eğimde olduğu gözlenmiştir (Örek 1988).

DOĞAL UÇLAŞMA ÖLÇÜMLERİ

Çözelti içerik yoğunlukları aynı iki oluşuğu dokunağa getiren olgu genellikle bir kırık olabilir. Kırığın, yarıllardaki çözelti ayrılıkları için bir sınır oluşturmaya, dolaylı olarak kırığın bir yanında (+) bir yanında (-) yüklerin toplanmasına neden olur. Bu sınır geçilirken gerilim ayrılığı genlikçe büyür. Asker Tepe - Kilimli yöresinde izlenen doğal uçlaşma belirtilerinin çözelti



Şekil 2. a) Büyük Fayın değerlendirilmesinde kullanılan kuramsal yatay görünür öz direnç eğrileri (Ercan 1982'dan). b) KB-GD doğrultusu üzerinde ölçülen yatay görünür öz direnç eğrileri c) Saptanan süreksizliklerin konumları.

Fig. 2. a) Theoretical apparent resistivity curves used for the interpretation of the Büyük Fault (After Ercan 1982 b). b) The horizontal apparent resistivity curves observed on the NW-SE line. c) The orientations of the discontinuities determined by using the theoretical curves.

yükü ayrılığının doğurduğu öz direnç ayrılığından kaynaklandığı sanılmaktadır.

Çalışma alanındaki dirençli taşkömürü ile onu çevreleyen karbonifer katlarının, iletken Apsiyen filiz ile dirençli kireçtaşlarının öz direnç değerlerindeki ayrılık ve gözenekliliklerinden dolayı içlerindeki su sızıntı ya da akmaları, uçlaşma ayrılığına neden olabilir.

Çalışmada, doğal uçlaşma ölçümleri aynı KB-GD doğrultusu boyunca açma biçiminde sürdürülmüştür. Kullanılan açma biçimi Şekil 3'de görülmektedir.

Uygulamada, önce iki fincan arasındaki gerilim ayrılığı (FG) milivolt olarak ölçülmüştür. Sonra fincanlardan negatif uçlu olanı öncü fincan olarak adlandırılıp, hep önde sürülmüştür. Her 100 metrede bir FG değerindeki değişim belirlenip, ölçü noktalarına dağıtılmış (çözültü yoğunluğu gerilim düzeltmesi) ve her noktada ölçülen toplam gerilim (TG) değerlerinden çıkartılarak o noktadaki doğal gerilim (DG) (mV) elde edilmiştir (Ercan ve diğ. 1983).

$$DG = TG - FG \text{ (mV)} \quad (1)$$

Ölçüler her 20 metrede bir alınmıştır. 100 metrede bir ardçı fincan öne geçtiğinde, her atlama noktasında gözlenen düzeltilmiş değerler son noktadaki değere eklenerek, tüm ölçüler başlangıç noktasına yığılmıştır. Elde edilen yığınsal gerilim (YG) değerleri, seçilen başlangıç noktasına göre gerilim ayrılığını simgeler.

Gerilim değerlerinden Türev değerlerini elde edebilmek için, önce doğal uçlaşma elektrik alan (E) değerleri bulunmuştur. Bunun için, her 20 metrede bir, bir sonra ölçülen DG bir öncekinden çıkarılmış, bulunan değer (-1) ile çarpılıp gerilim kol boyuna ($\Delta x = 20$ m) bölünmüştür (Ercan ve diğ. 1983)

$$E = -\frac{\partial G}{\partial x} = -\frac{DG_{i+1} - DG_i}{\Delta x} \text{ (mV/m)} \quad (2)$$

Türev (T) ise eksi elektrik alan olduğundan, T değerleri,

$$T = -E \text{ (mV/m)} \quad (3)$$

bağıntısından bulunmuştur. YG değerleri öncü fincanın bulunduğu noktaya, T değerleri iki ölçü noktasının ortasına atanarak, YG değerleri sürekli eğri, T değerleri ise basamak biçiminde KB-GD doğrultusu üzerine çizilerek gösterilmiştir (Şekil 4).

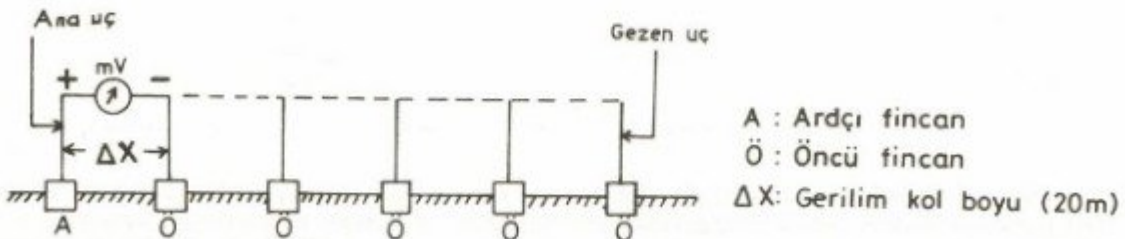
Apsiyen filiz üzerinde +0.35 ile + 2.05 mV/m arasında değişen, Apsiyen filiz ile Apsiyen kireçtaşı kantağında -1.85 mV/m'e varan T değerleri bulunmuştur. Apsiyen kireçtaşı ile karbonifer kantağını temsil eden 14-15 ölçü noktaları arasındaki Büyük Fayın üzerinde - 5.3 mV/m'lik T değeri saptanmıştır. Karboniferi temsil eden Westfaliyen - A yaşlı birimler üzerinde ise T değerleri -2.4 ile +8.8 mV/m arasında değişmektedir (Şekil 4).

Yığınsal gerilim filiz üzerinde +147 mV doruk değerine ulaşırken, filiz-kireçtaşı kantağında +17 mV'a değin bir düşüş göstermektedir. Kireçtaşı-Karbonifer kantağı ise +60 mV doruk değeri ile -45 mV çukur değeri arasındaki ani bir düşüşle kendisini göstermektedir. Karbonifer üzerinde YG eğrisi salınarak -320 mV değerine ulaşmıştır (Şekil 4).

Süreksizlik kanatlarındaki ayrı uçlaşmayı doğal uçlaşma ölçülerinden değerlendirmek için, α açısıyla uçlaşmış küre taslağı seçilmiştir. Bu taslak biçimi süreksizliklerin eğimlerinin saptanmasında da kullanılır (Ercan 1982 c, 1982 d). α artı ve eksi uçları ayıran çizginin yatay ile saat yelkovanı yönünde yapmış olduğu açıdır. Kuramsal yoldan elde edilen YG ve T eğrilerinin biçimi α uçlaşma açısına, genliği ise uçlaşma derinliğine bağlıdır. Kuramsal YG ve T eğrileri Ercan (1982 c) tarafından sunulmuştur. Değerlendirme, araziden elde edilen YG ve T eğri biçimlerini kuramsal YG ve T eğri biçimleriyle karşılaştırmak suretiyle yapılmıştır.

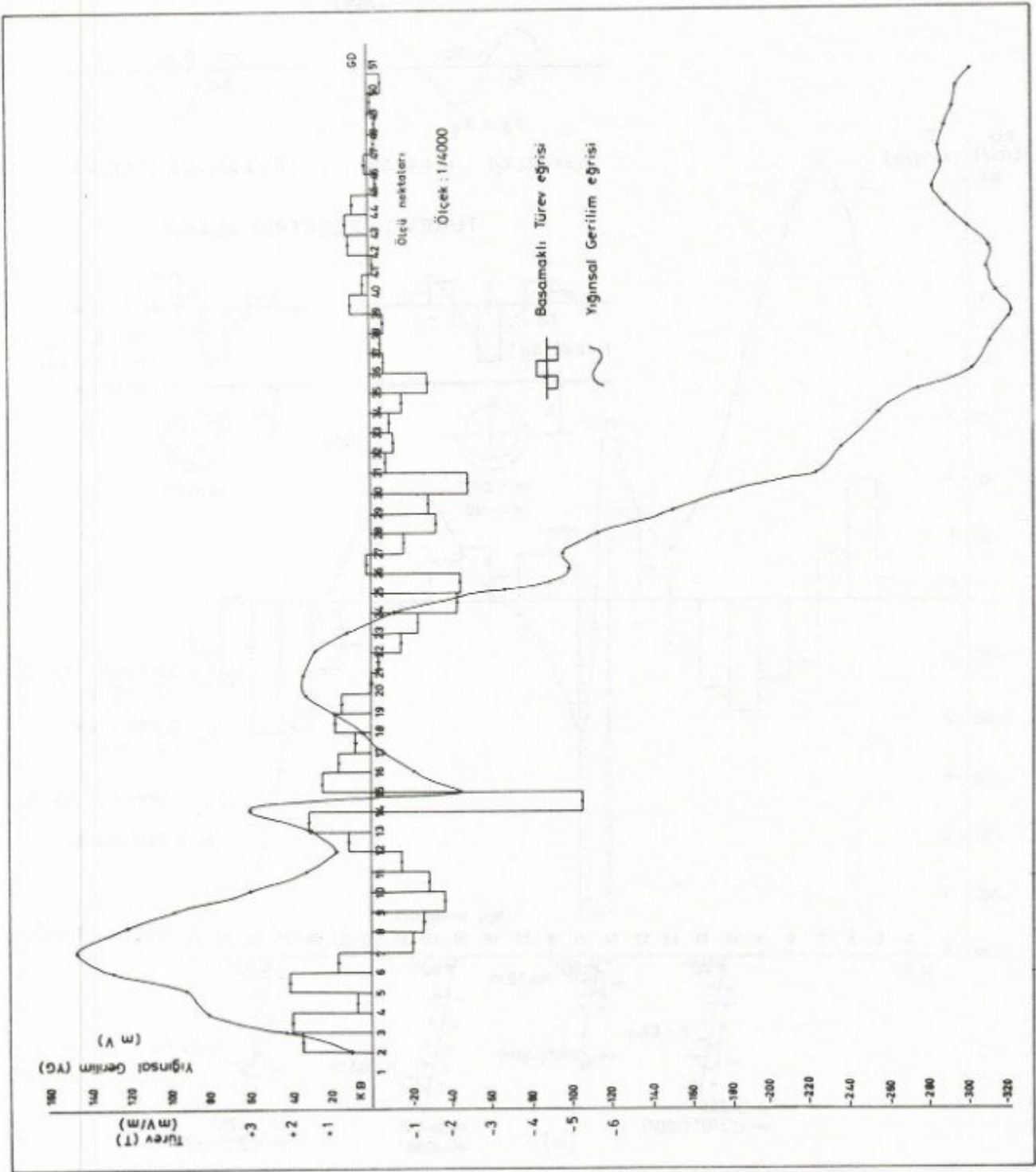
Bölgesel doğal uçlaşma belirtisi, 24 numaralı ölçü noktası civarında kuzeybatısı (+), güneydoğusu (-) mV değeri gösteren yaklaşık 400 m derinliğinde (YG eğrisinin doruk ve çukur noktaları arasındaki yatay uzaklığın 1.42 ile çarpılması sonucu bulunmuştur) 270° (-90°)'lik düşey bir uçlaşma mekanizmasının varlığını simgelemektedir. Uçlaşma açısının 90° olması Karboniferin, 24 numaralı ölçü noktası yakınında yüzey izi olabilecek bir kırıkca (Şekil 5 ve 7'de 25-26 noktaları arasında görülen Kuzey Fayı olarak bilinen süreksizlik) süreksizliğe uğratıldığı kanısını güçlendirir.

Büyük Fayın değerlendirilmesinde kullanılan kuramsal YG ve T eğri biçimleri Şekil 5'de sunulmuştur. 14-15 ölçü noktaları arasında saptanan Büyük Fayın uçlaşma açısı $\alpha > 225^\circ$ ve $\alpha < 270^\circ$ (-90°) arasındadır. Arazi YG ve T eğri biçimleri, daha çok -90° ile uçlaşmış küre taslağına ait YG ve T eğri biçimleri ile uyum içinde olduğundan, Büyük Fayın uçlaşma açısı yaklaşık 80° olarak alınmıştır. Süreksizlik, Kuzeybatısı artı Güneydoğusu eksi uçlaşma gösterecek şekilde güneye doğru dalmak-

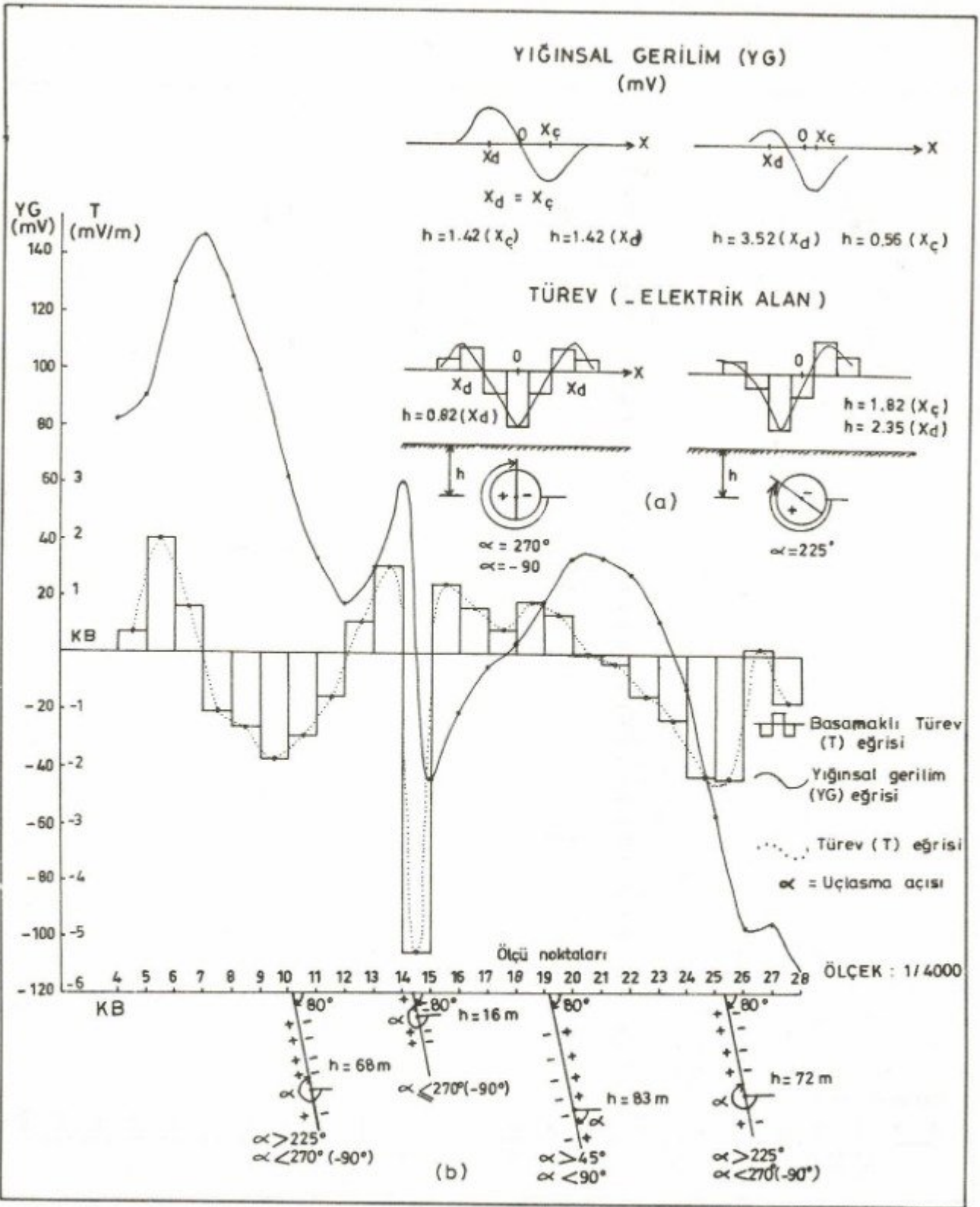


Şekil 3. Doğal Uçlaşma ölçme düzeni (Ercan 1982 c'dan).

Fig. 3. Self-Potential measuring system (After Ercan 1982 c).



Şekil 4. Asker Tepe - Kilimli alanında KB-GD doğrultusu üzerinde ölçülen Doğal Uçlaşma değerleri.
Fig. 4. Self-Potential values measured on the NW-SE Line in the Asker Tepe - Kilimli area.



Şekil 5. a) Büyük Fayın değerlendirilmesinde kullanılan kuramsal Doğal Uçlaşma eğrileri (Ercan 1982 c'dan). b) Kuramsal Doğal Uçlaşma eğrilerinin kullanımı ile saptanan süreksizlikler.

Fig. 5. a) Theoretical Self-Potential curves used for the interpretation of the Büyük Fault (After Ercan 1982 c). b) The discontinuities determined by using the theoretical Self-Potential curves.

tadır. Uçlaşma odak derinliği ise $h = 16$ m bulunmuştur. Büyük Fay çizilen jeolojik kesitten de görüleceği gibi bir ters faydır.

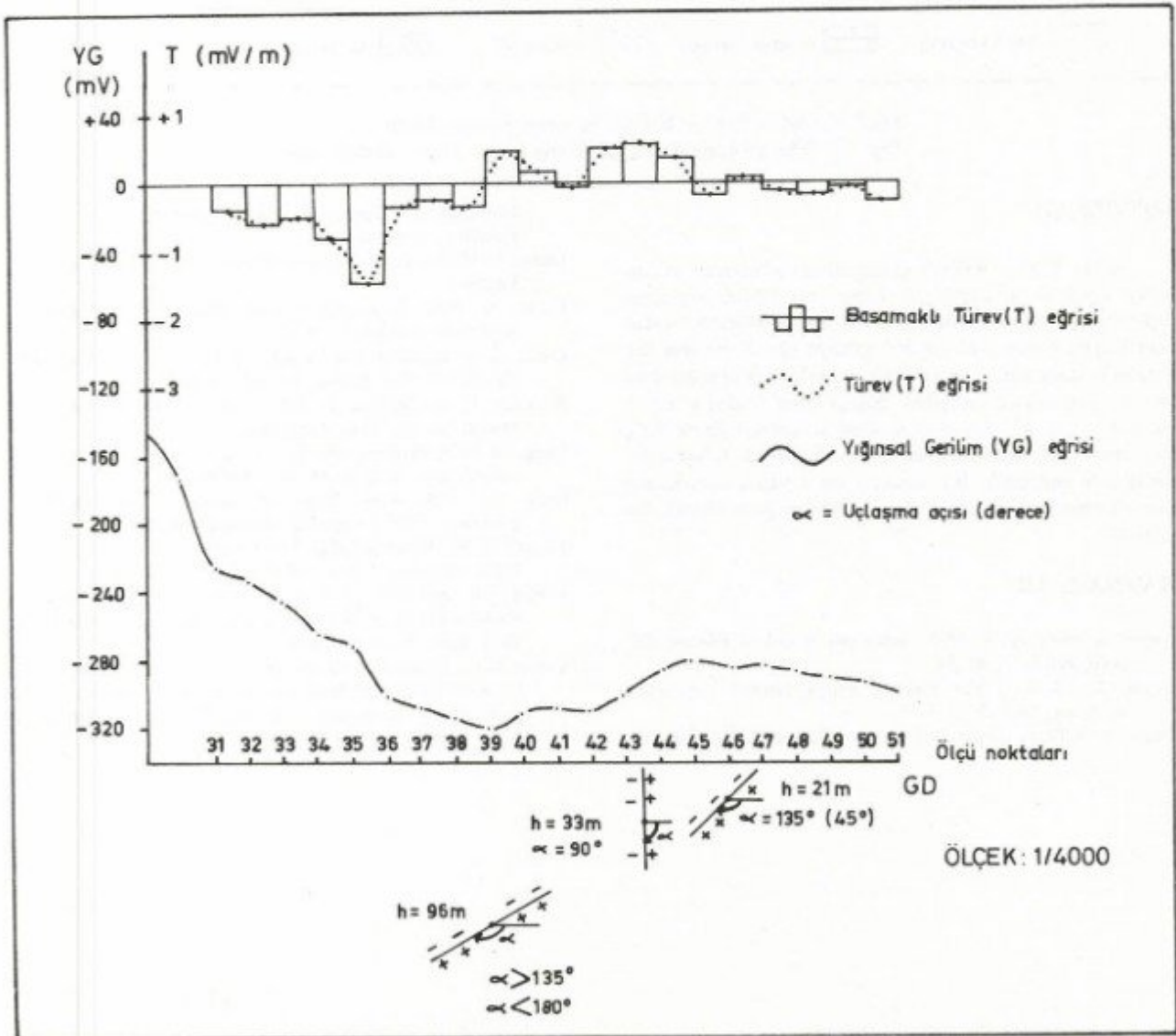
Çalışma alanındaki diğer süreksizliklerin yerleri, eğim açıları ve uçlaşma derinlikleri de saptanarak Şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir. 39 numaralı ölçü noktası altında, uçlaşma odak derinliği $h = 96$ m, uçlaşma açısı 135° ile 180° (ya da 0° ile 45°) arasında saptanan kuzeybatıya eğimli süreksizlik, işletilmekte olan Kurul kömür damarına (ortalama kalınlığı 1.2 m) denk gelmektedir (Şekil 6). T eğrisinden, 46 ölçü noktası altında, uçlaşma odak derinliği $h = 21$ m olarak saptanan yaklaşık 135° (45°) kuzeybatıya eğimli süreksizlik de Piriç kömür damarı (ortalama kalınlığı 1.0 m) ile çakışmaktadır (Şekil 6).

ÖLÇÜ DOĞRULTUSUNUN JEOLojİK KESİTİ

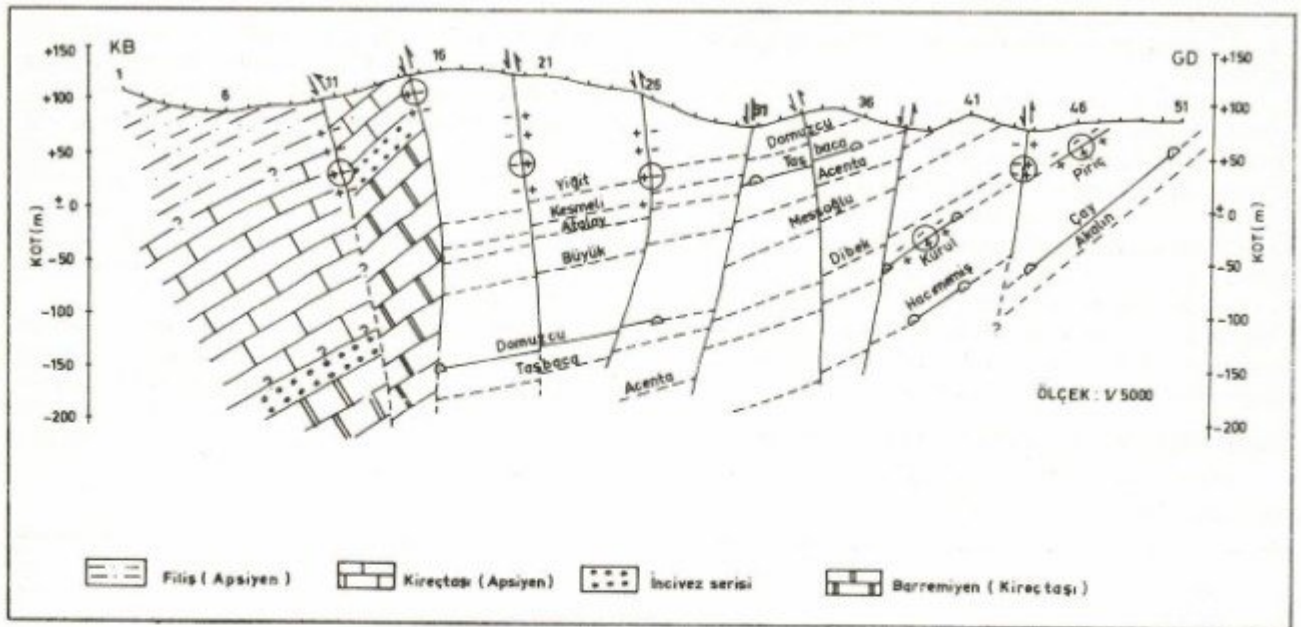
Asker Tepe - Kilimli yöresindeki çalışma doğrultumuz için, Örek (1988) tarafından bir jeolojik kesit

çalışması yapılmıştır. Bu jeolojik kesit üzerine, yatay elektrik görünür öz direnç ve doğal uçlaşma ölçülerinin değerlendirilmesi sonucu saptanan Büyük Fay ve diğer süreksizlikler işlenerek, çalışma alanının jeolojik yapısı çıkarılmıştır (Şekil 7). Karbonifer içinde görülen düz çizgiler, üretim planından jeolojik kesit üzerine aktarılan kömür damarlarını, kesikli çizgiler ise olası diğer kömür damarlarını göstermektedir. Süreksizlikler üzerinde görülen daireler ise bu süreksizliklerin doğal uçlaşma yöntemi ile de saptandıklarını belirtmekte ve uçlaşma odak derinliklerini simgelemektedir.

Saptanan süreksizlikler genelde yaklaşık 80° güneye eğimlidirler. Süreksizliklerden birkaçının ise kuzeye eğimli olduğu görülmektedir (Şekil 7). Bunlardan Kuzey Fayı olarak bilinen 25-26 ölçü noktaları arasındaki süreksizliğin yaklaşık -50 m kotundan sonra kuzeye eğimli olacağı bulunmuştur.



Şekil 6. Kuramsal Doğal Uçlaşma eğrilerinin kullanımı ile saptanan süreksizlikler.
Fig. 6. The discontinuities determined by using the theoretical Self-Potential curves.



Şekil 7. Asker Tepe - Kilimli alanının jeolojik kesiti.

Fig. 7. The geological section of the Asker Tepe - Kilimli area.

SONUÇLAR

Asker Tepe - Kilimli (Zonguldak) yöresinde alınan yatay Elektrik Görünür Öz direnç ve Doğal Uçlaşma ölçümlerinin değerlendirmesi sonucunda, çelişkiye neden olan Büyük Fayın yaklaşık 80° güneye eğimli bir ters fay olduğu bulunmuştur. Ayrıca, diğer süreksizliklerin konumları da saptanarak çalışılan doğrultunun jeolojik kesiti hazırlanmıştır. Üretim planlarından konumu bilinen Piriç ve Kurul isimli taşkömürü damarlarında Doğal Uçlaşma belirtisi elde edilmiştir. Bu sonuç, yüzeye yakın olan kömür damarlarının anılan yöntemle seçilebileceğine olumlu bir işaretir.

KAYNAKLAR

- Appira, A. and Roy, A. 1971, Resistivity model experiment, *Geoeexploration* 7, 45-54.
 Ercan, A. 1982 a, Yer elektrik çalışmalarında süreksizlik tanımları, *Jeofizik* 9, 3-17.
 Ercan, A. 1982 b, Yapay Doğru Akım Öz direnç Yöntemlerinde

Süreksizlikler Üzerine Kaydırma Ölçümleri, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.

- Ercan, A. 1982 c, Doğal Uçlaşma Yöntemi, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.
 Ercan, A. 1982 d, Kızıldere sıcak alanında doğal uçlaşma ölçümleri, *Jeofizik* 9, 19-34.
 Ercan, A. ve diğerleri 1983, Kozlu Taşkömürü Bölgesi Jeofizik Çalışmaları, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul.
 Karaoğlu, L. ve Çalışkan, S. 1987, Kilimli Büyük Fay çalışması raporu, No. 43, TTK, Zonguldak.
 Long, O. 1954, Mapping nearly vertical discontinuities by earth resistivities, *Geophysics* 19, 739-760.
 Örek, A. 1988, Asker Tepe ve civarının jeolojik kesit çalışması, TTK, Zonguldak (yayınlanmamış).
 Tongal, O. ve diğerleri 1982, Asker tepesi ve civarının jeolojik harita çalışması, MTA, Zonguldak (yayınlanmamış).
 Verma, R.K. and Bruin, N.C. 1979, Use of electrical resistivity methods for study of coal seams in part of the Jharia Coalfield, India, *Geoexploration* 17, 163-176.
 Verma, R.K., Bandopodhyay and Bruin, N.C. 1982, Use of electrical resistivity methods for the study of coal seams in parts of the Reninganz Coalfield (India), *Geoexploration* 30, 115-127.

IMPROVEMENT OF MT SOUNDINGS THROUGH COMBINATION WITH TDEM SOUNDINGS

MT Sondajlarının, TDEM Sondajlarıyla Birleştirilerek Geliştirilmesi

Paolo CAPUANO*, Paolo GASPARINI**, Andrea ZERILLI*

ABSTRACT

One major problem in the interpretation of magnetotelluric (MT) data is to identify the smooth apparent resistivity curve when the actual sounding curves are distorted by small and large scale lateral resistivity discontinuities and by cultural noise. Time-domain electromagnetic (TDEM) soundings at the same MT sites, carried out with the central loop mode, make a significant contribution by identifying the most representative high-frequency part of an MT curve. The combination of TDEM and MT methods is an efficient way to overcome problems due to cultural noise, shallow resistivity discontinuities which produce a frequency-independent shift of the MT curve (static shift), and larger scale discontinuities which cause frequency-dependent splitting of the two orthogonal (E and H mode) MT curves.

ÖZET

Manyetotellurik (MT) verilerin yorumunda en büyük sorunlardan biri, sondaj eğrilerinin küçük veya büyük yanal öz direnç süreksizlikleri ve kültürel gürültü ile bozulduklarında gerçek görünümlü öz direnç eğrisini saptamaktır. Bir lupun merkezinde alınan Zaman Bölgesi (TDEM) elektromanyetik ölçümleri, MT eğrisinin yüksek-frekans bölümünün tanınmasına büyük katkı sağlar. TDEM ve MT yöntemlerinin birlikte kullanımı, kültürel gürültü, MT eğrisinde frekans-bağımsız kaymaya (static-shift) neden olan sığ öz direnç süreksizlikleri ve iki ortogonal MT (E ve H modları) eğrisinin birbirinden frekans-bağımsız olarak ayrılmasına neden olan büyük ölçekli öz direnç süreksizlikleri sorunlarının yenilmesinde etkin bir yoldur.

INTRODUCTION

In recent years the magnetotelluric (MT) method has been increasingly utilized as an alternative to D.C. resistivity or even to seismic reflection methods in the exploration of oil and geothermal fields.

A number of factors concur to the increasing demand for MT surveys. They include:

- cost effectiveness in volcanic-covered "no reflection" areas;
- ability to detect conductors at great depths; since these are often seismically undetectable low velocity layers, synthesis with reflection data can be very important;
- the additional information about geoelectrical structures which can be extracted from MT soundings, including the degree of departure from the ideal 1-D conditions, the azimuthal variation of electrical properties at different penetration depths, etc.

- the lack of environmental damages produced during the survey, in contrast to explosions, vibrations, long cable spreads used by seismic reflection surveys.

This is becoming very important in some western European countries where exploration is made within cultivated land or in areas under environment protection laws;

- the portability and ease of use of state-of-the art MT equipment even in locations with difficult access;
- the development of very compact and powerful portable computers, which permit data processing and preliminary interpretation in the field;

The use of MT method in complex situations requires increasingly sophisticated data acquisition, processing and interpretation. Two major problems need to be overcome to achieve meaningful interpretations:

- the occurrence of coherent noise which hides the signal at frequencies higher than 10 Hz. It is produced by human activities and it becomes a major disturbing effect in locations close to

* GEOSYSTEM s.r.l., V.le Abruzzi, 17-20131 Milano, Italy.

** Dipt. Geofisica e Vulcanologia, University of Napoli, ITALY

densely inhabited areas;

- the distortion of 1-D MT curves produced by shallow lateral variation in conductivity, due either to rough topography or to geological heterogeneity.

In this paper we want to show how the combination with time domain electromagnetic soundings (TDEM) can help to overcome these problems, providing the optimum apparent resistivity curve for interpretation.

MT AND TDEM DATA ACQUISITION

The MT method consists of the computation and interpretation of the transfer function (Z) relating the time variations of the electrical (E) and geomagnetic (H) natural fields on the surface of the Earth. Z is a tensor (the impedance tensor), whose horizontal components form a 2×2 complex matrix. The elements of the matrix are related to the average resistivity of the layer penetrated by the electromagnetic wave of a given frequency.

Computation of the single matrix elements allow to determine apparent resistivities along two perpendicular directions. When the resistivity distribution within the

Earth is 1-D there is no variation of apparent resistivity with direction. When the resistivity distribution is 2-D, it is necessary to choose a coordinate system as resistivity will change with direction. The usually chosen coordinate system has one axis parallel to geological strike and the other perpendicular to it. Two apparent resistivity curves are obtained: one is normally called E-mode, and the other H-mode. A third curve can be obtained from the Z_{xx} and Z_{yy} elements of the impedance matrix. It is not dependent on direction and it is therefore called invariant apparent resistivity curve.

An MT sounding consists typically of the measurement of the time variations of two horizontal components of the electrical field and of the three components (two horizontals and the vertical) of the magnetic field over a frequency range from 200 to 0.005 Hz. The typical MT lay-out is shown in Fig. 1. The electric dipoles have a length of 100-200 m. The magnetic sensors are high sensitivity induction coils. Advanced real-time PC-based acquisition systems allow electric and magnetic signals to be amplified, filtered, processed and finally stored in the field.

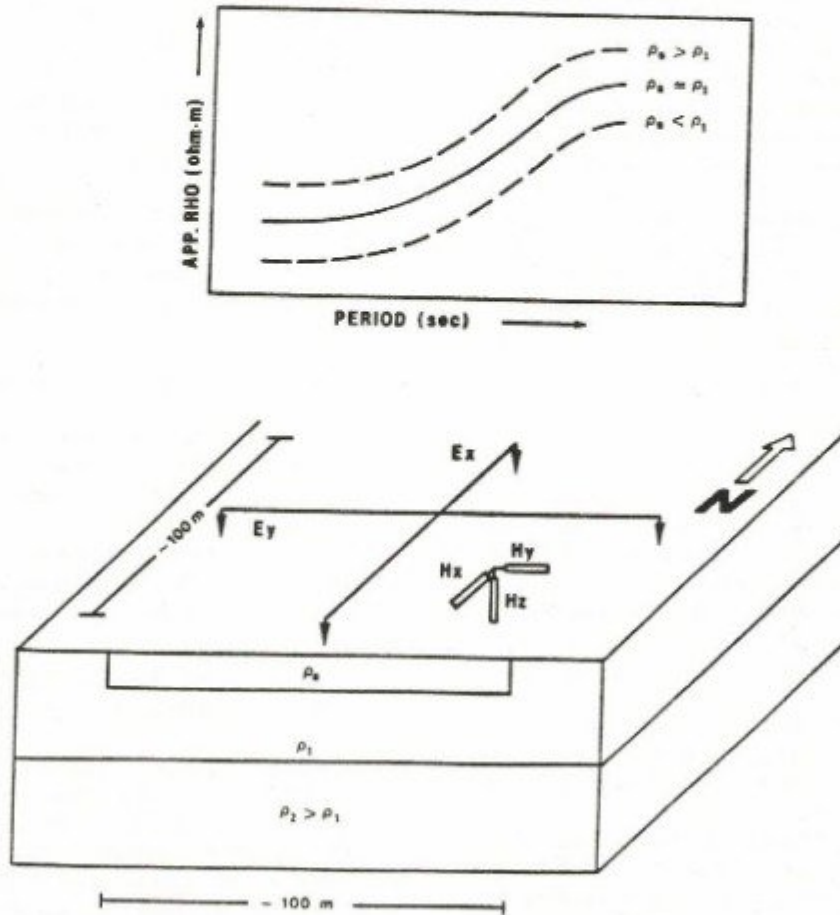


Fig. 1. Lay-out of a 5-component MT sounding. The upper part of the figure shows the static shift due to a thin three dimensional inhomogeneity underlying the sounding site.

Şekil 1. Beş-bileşekli MT sondajı ölçüm düzeni. Şeklin alt bölümünde, sondaj noktasının altında uzanan üç boyutlu bir süreklilik nedeniyle oluşan statik-kayma görülmektedir.

Unlike MT method, the TDEM soundings utilize an artificial source of electromagnetic waves. A typical layout of a concentric loop TDEM sounding consists (Fig. 2) of a 200-300 m square loop driven by a transmitter which emits signal pulses at fixed repetition rates (typically 2.5 or 25 Hz) and a small centrally located receiving coil. The primary magnetic field induced by the emitting coil propagates inside the Earth. The flow of energy downward has a typical "smoke rings" structure (Nabighian, 1979). When the energy flow meets an electrical conductor, high intensity eddy currents will be generated.

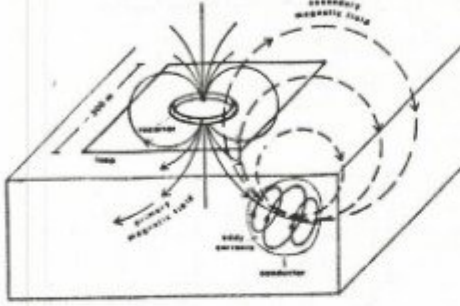


Fig. 2. Lay-out of central loop TDEM sounding. The patterns of primary and secondary magnetic fields are shown.

Şekil 2. Merkezi-lup TDEM sondajı ölçü düzeni. Birincil ve ikincil manyetik alan çizgileri gösterilmiştir.

These will produce a secondary magnetic field, whose vertical component will be detected by the receiving coil. The signals are fed into a multichannel processor where the decay with time of the received signal is measured. The occurrence of a conductive layer will decrease the decay rate of the signal.

Consequently, TDEM apparent resistivities are obtained as a function of decay time of the signal (see Fig. 3), whereas MT apparent resistivities are obtained as a function of period of the electromagnetic wave oscillation (see Fig. 4). In order to merge the two data sets, it is

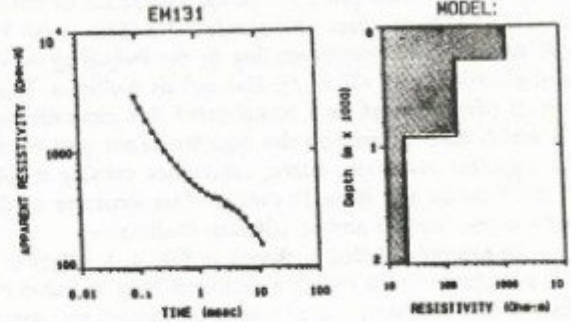


Fig. 3. TDEM apparent resistivity curve and corresponding 3-layer model, (• measured values; — calculated values).

Şekil 3. TDEM görünür öz direnç eğrisi ve ona karşılık gelen 3-katman modeli. O ölçülen değerler, — hesaplanan değerler.

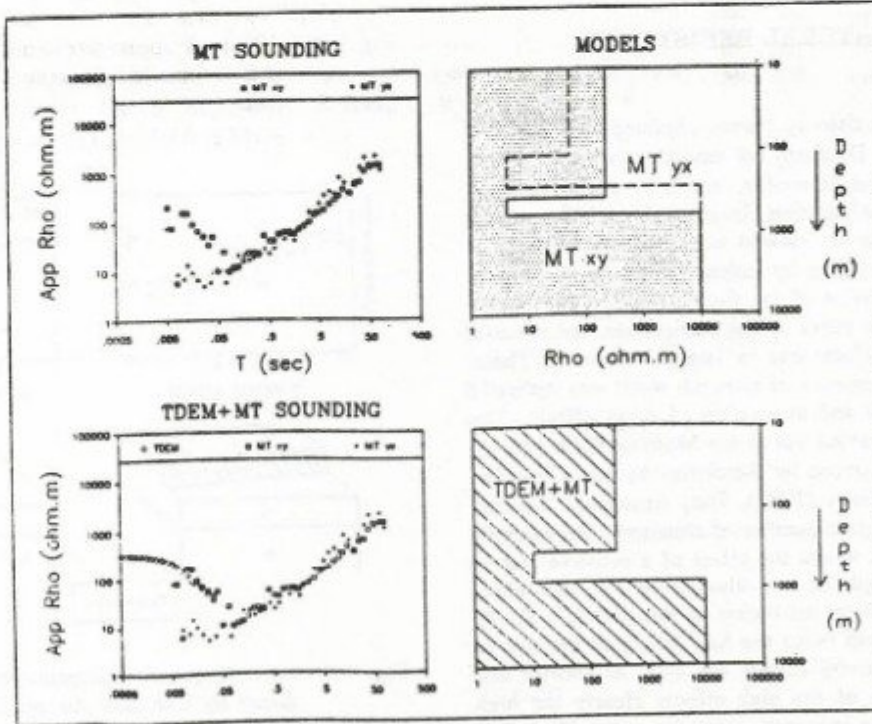


Fig. 4. Apparent resistivity curves and corresponding 1D inversion models from MT and TDEM data collected in a Southern Italy volcanic area. Upper part: MT sounding. Lower part: Combined TDEM-MT sounding.

Şekil 4. Güney İtalya'da volkanik bölgede ölçülen MT ve TDEM görünür öz direnç eğrileri ve 1 boyutlu değerlendirme modelleri. Üst bölüm: MT sondajı. Alt bölüm: TDEM+MT sondajlarının birlikte değerlendirilmesi.

necessary to transform TDEM apparent resistivity as a function of period. The method we have used was suggested by M. Stark, Unocal Co. It is based upon consideration of MT and TDEM penetration depths and a study of synthetic data to calculate the factor relating TDEM decay time to MT period.

HIGH FREQUENCY NOISE IN MT SOUNDINGS

When MT soundings are carried out in inhabited areas, one of the main problems is the occurrence of coherent noise at frequencies above a few Hz. This noise has well defined peaks corresponding to the frequency of the local electric power (50 or 60 Hz) and its multiples. However, it often appears as a complicated fine structure signal which distorts strongly the high frequency part of the MT apparent resistivity curve, sometimes causing a split of the E-mode and H-mode curves. This structure of the noise makes simple analog filtering ineffective.

An example of this is shown in Fig. 4. It refers to a MT sounding carried out in a Southern Italy volcanic region, where pervasive cultural noise disturbed the apparent resistivity curves at periods shorter than 0.1 sec. The good quality of the data for periods longer than 0.1 could not be exploited conveniently because of the ambiguity of data at high frequencies. The combination with a TDEM sounding carried out in the same site permitted the unequivocal definition of the high frequency part of the apparent resistivity curve and thus the definition of the best curve to be used for modelling.

EFFECTS OF LATERAL RESISTIVITY VARIATIONS

MT apparent resistivity curves obtained over an horizontally layered (1-D) Earth are smooth, do not have any split between E and H modes, and are readily inverted without further manipulation. In general an MT apparent resistivity curve can be viewed as a 1-D curve which is perturbed to some degree by lateral variations of the geo-electrical characteristics of the Earth. A basic step in the interpretation of the curve is the recognition and removal of the disturbing effects due to lateral variations. Therefore an impressive amount of research work was dedicated to the classification and evaluation of these effects. This work was mainly carried out at the Moscow State University and was summarized by Berdichevsky and Dmitriev (1976) and Rokytiatsky (1982). They calculated 2-D forward models for a great number of situations. An example is reported in Fig. 5, where the effect of a resistive slab of thickness h and length $2L$ is evaluated for MT sites along a profile departing from the center of the slab ($d = 0$). At a distance greater than twice the half length of the slab ($d = 2$) apparent resistivity curves are 1-D. At shorter distances the presence of the slab affects clearly the high frequency part of the apparent resistivity curve. The effect attenuates as a function of frequency.

Deep lateral inhomogeneities affect mainly the low frequency part of the apparent resistivity curve (Fig. 6). Modifications of MT curves produced by a shallow inho-

mogeneity, represented by a topographic step, are schematically shown in Fig. 7. MT soundings located at distances much greater than the size of the step give rise to smooth and unsplit apparent resistivity curves, which are typical of 1-D situation. As the sounding site approaches the step (soundings MT2 and MT5) apparent resistivity curves of E and H modes start to split at long periods.

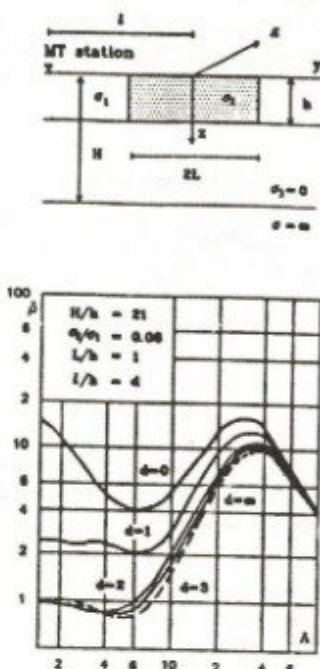


Fig. 5. Effect on apparent resistivity curves due to a shallow inhomogeneity.

Şekil 5. Homojen ortam içinde sıg süreksizliğin görünür öz direnç eğrisine etkisi.

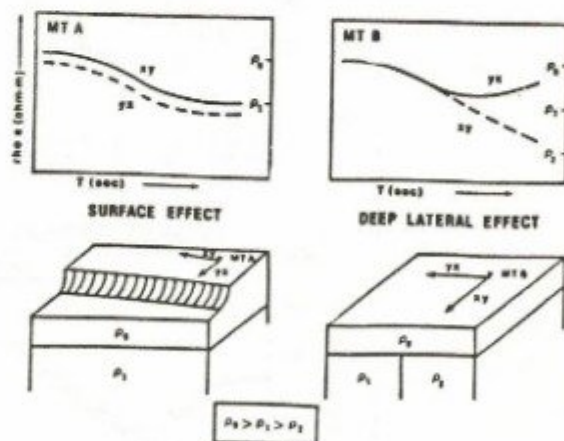


Fig. 6. Left: frequency-independent (static) shift produced by a shallow discontinuity; Right: frequency-dependent effect of a deep discontinuity.

Şekil 6. Solda; sıg süreksizlikçe oluşturulan frekans-bağımsız kayma; Sağda; derin süreksizliğin frekans-bağımlı etkisi.

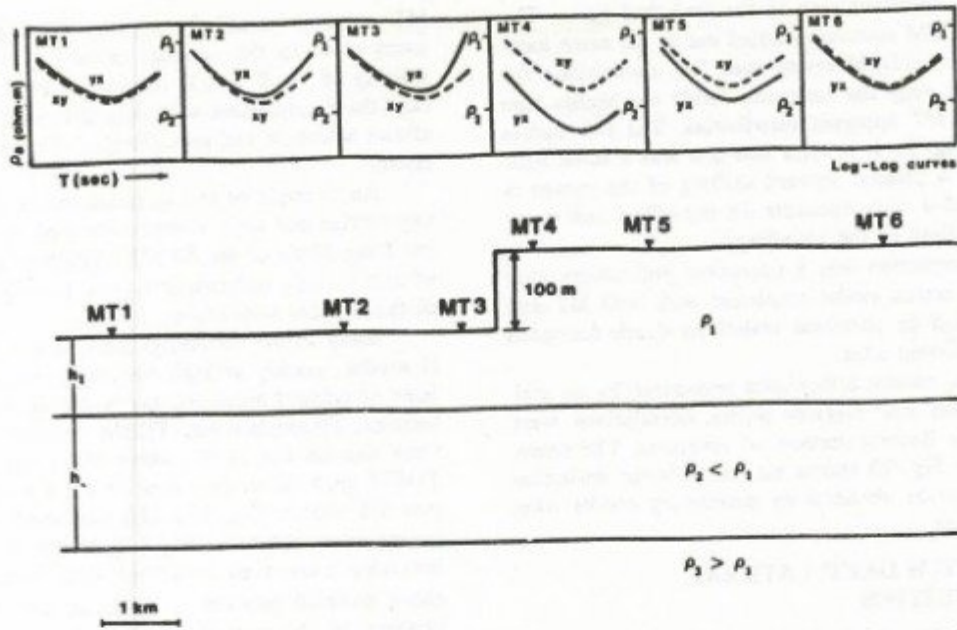


Fig. 7. MT resistivity curves at different distances from a topographic step on a horizontally-layered Earth. (from Z-axis, Modelling and interpretation of magnetotelluric data).

Şekil 7. Yatay-katmanlı yer üzerindeki bir topoğrafik atımdan değişik uzaklıklardaki MT öz direnç eğrileri (Z-ekseninden, MT verisinin yorumu ve modellenmesi).

The distortion source is at a great distance in comparison with its size, so the degree of distortion of the curves is still frequency dependent. When the soundings are located near the topographic step, the two modes are clearly split and the degree of splitting is not frequency dependent. The considerable alteration of apparent resistivities at 10 Hz produced by topography is further illustrated in Fig. 8. The same type of frequency independent curve distortion occurs when a thin geoelectric inhomogeneity directly underlies the measurement site (Fig. 1). This class of frequency independent curve distortion is called "static shift". The removal of static shift is a necessary step before modelling.

STATIC SHIFT CORRECTION

Sternberg et al. (1982, 1985) and Andrieux et al. (1984) suggested the use of TDEM central loop soundings to correct MT soundings for static shift. The static offset is mainly caused by the electric field variations that the anomalous body produces. Determination of the apparent resistivity by measurements involving only the magnetic field are an effective way to by-pass the problem. TDEM soundings provide us with just this kind of measurement. In order to reach the objective, it is necessary that a sufficient overlap exists in terms of skin depth between TDEM and MT soundings.

In the following we present some examples of successful applications of the method. They are relative to a survey carried out as part of a geothermal exploration project. In some soundings a parallel upward offset of the E-mode with respect to the H-mode curve was observed. In this situation the MT invariant curve could be assumed

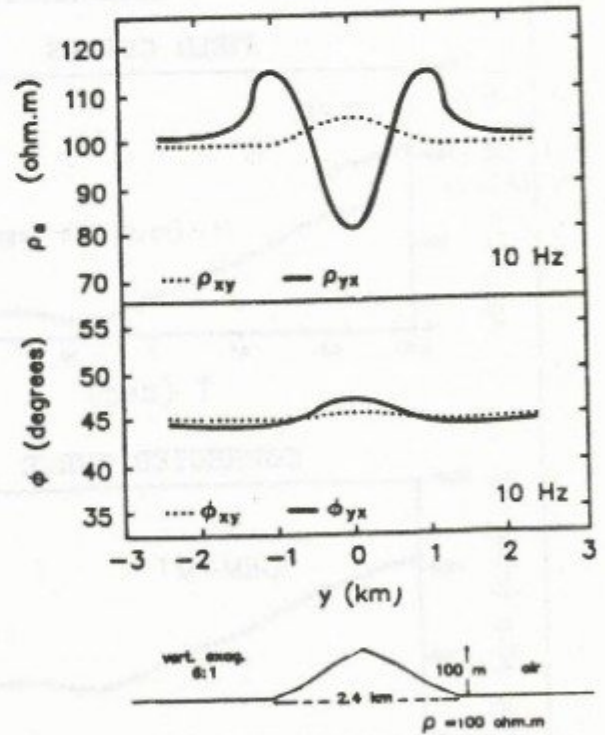


Fig. 8. Variation of apparent resistivity at a fixed frequency (10 Hz) along a profile crossing a topographic feature on an electrically uniform Earth (from Wannamaker et al., 1986).

Şekil 8. Tekdüze ortamda topoğrafik bir yapı boyunca sabit frekansta (10 Hz) görünür öz direncin değişimi (Wannamaker ve diğ. 1986).

to be the best approximation to the unshifted curve. The results of a TDEM sounding carried out at the same location showed that TDEM resistivities (i.e. resistivities determined using only the magnetic field) are higher than corresponding MT apparent resistivities. The two curves run parallel (Fig. 9). It is clear that this was a static shift effect, so that a parallel upward shifting of the curves is all that is needed to compensate for the effect and to allow 1-D modelling of the soundings.

Such a correction was a necessary preliminary step to have an inversion model consistent with both MT and TDEM data and to correlate resistivity-depth functions obtained at different sites.

In order to reduce ambiguities introduced by an arbitrary subdivision into discrete layers, correlations were made using the Bostick method of inversion. The example reported in Fig. 10 shows the much better definition of conductive areas obtained by correlating results from TDEM + MT data.

DEALING WITH DEEP LATERAL DISCONTINUITIES

As shown in section 4, deep lateral electrical discontinuities produce frequency dependent disturbance of

MT apparent resistivity curves. When the discontinuity starts close to the surface, as in Fig. 5, it produces as splitting of the E and H modes a high frequency. In this case the combination with results from TDEM soundings allows selection and modelling of the most representative curve.

An example of this situation comes from an MT survey carried out on a volcanic covered prospect in Southern Italy. None of the 40 MT soundings showed evidence of static shift, indicating a quite homogeneous situation in the shallow subsurface.

Many of the soundings showed a splitting of E and H modes, mainly at high frequency, partly due to problems of cultural noise and partly due to deep lateral geoelectrical discontinuities. TDEM central loop soundings were carried out at the same MT sites. In most cases TDEM apparent resistivities fit quite clearly one of the two MT modes (Fig. 11). The combined TDEM and MT curves were inverted using 1-D MT programs. Results of inversion were then compared with Bouguer anomalies along selected profiles in order to reconstruct the morphology of the top of resistive, high density basement formed by carbonate rocks of Mesozoic age (Fig. 12).

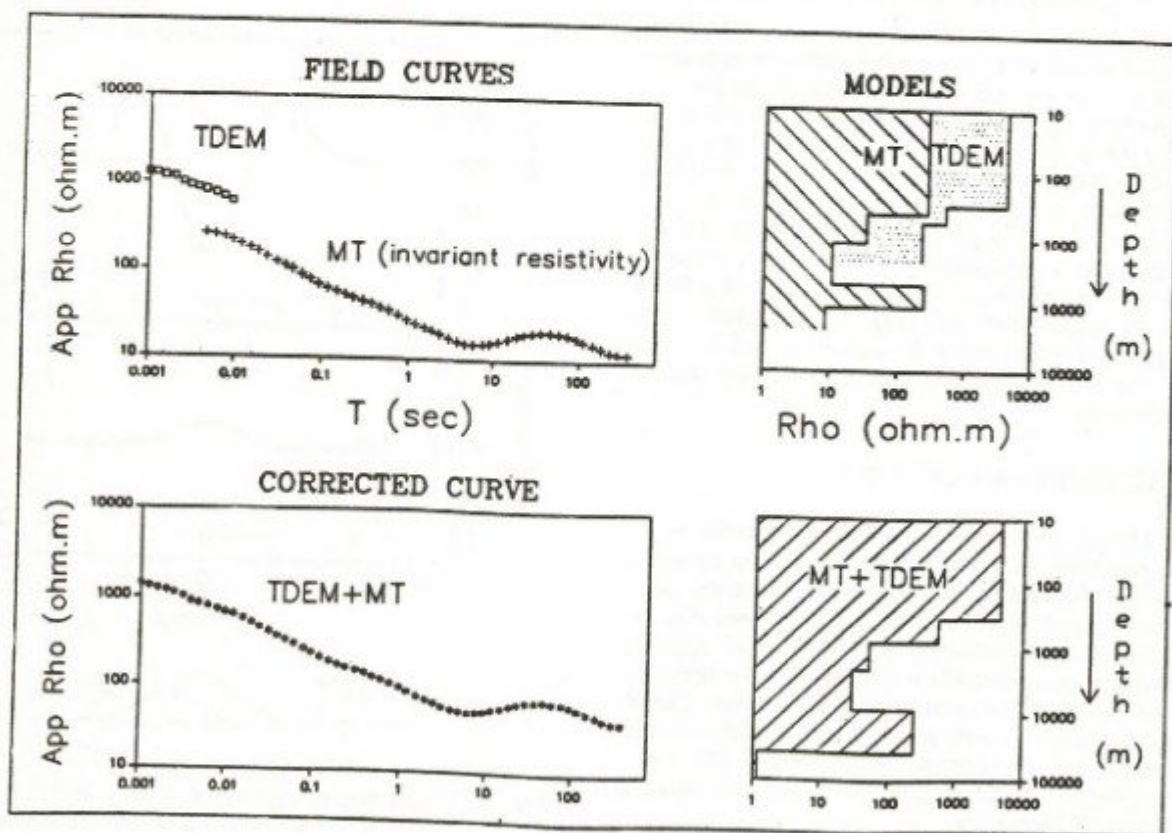


Fig. 9. Static shift correction of an MT invariant resistivity curve using TDEM data.

Şekil 9. TDEM verisi kullanılarak MT öz direnç eğrisinin de statik-kayma düzeltilmesi.

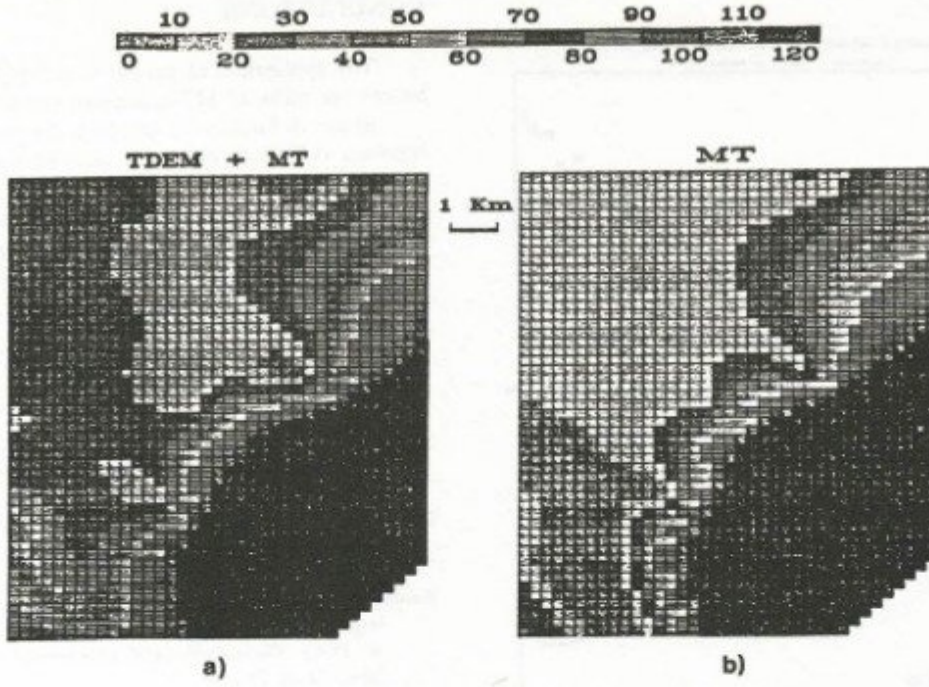


Fig. 10. Example of resistivity maps (3000 m depth) obtained from Bostick inversion of a) Combined TDEM + MT and b) MT soundings showing evidences of static shift.

Şekil 10. Bostick dönüşümü ile elde edilen (3000 m derinlik) öz direnç haritaları örneği. a) TDEM+MT birlikte ve b) statik kayma gösteren MT sondajlarıyla.

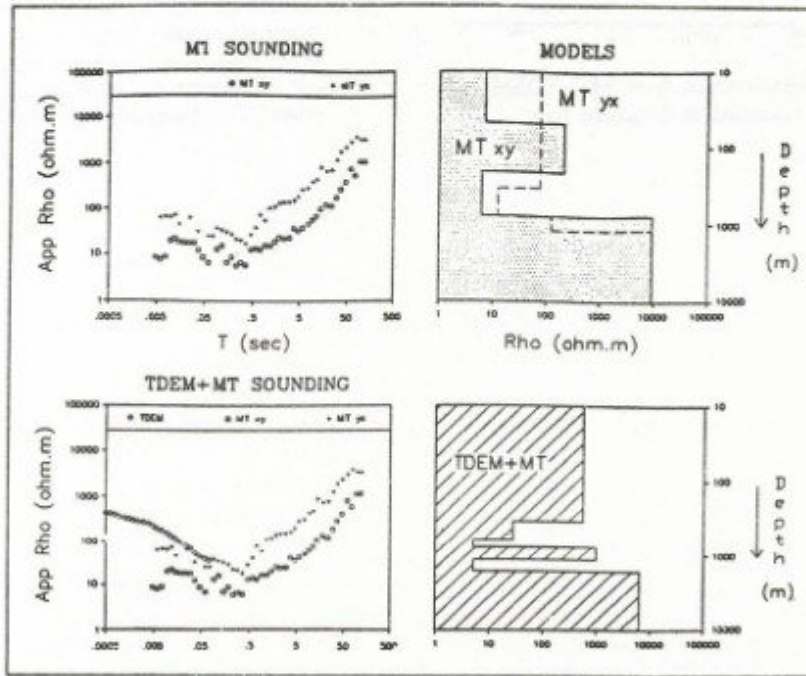


Fig. 11. Split E-mode and H-mode MT curves from Southern Italy (volcanic area). TDEM data closely match the upper MT curve.

Şekil 11. Güney İtalya (volkanik bölge) MT eğrilerinde E ve H modlarındaki ayrılma. TDEM verisi, üst MT eğrisine daha yakın olarak çakışmaktadır.

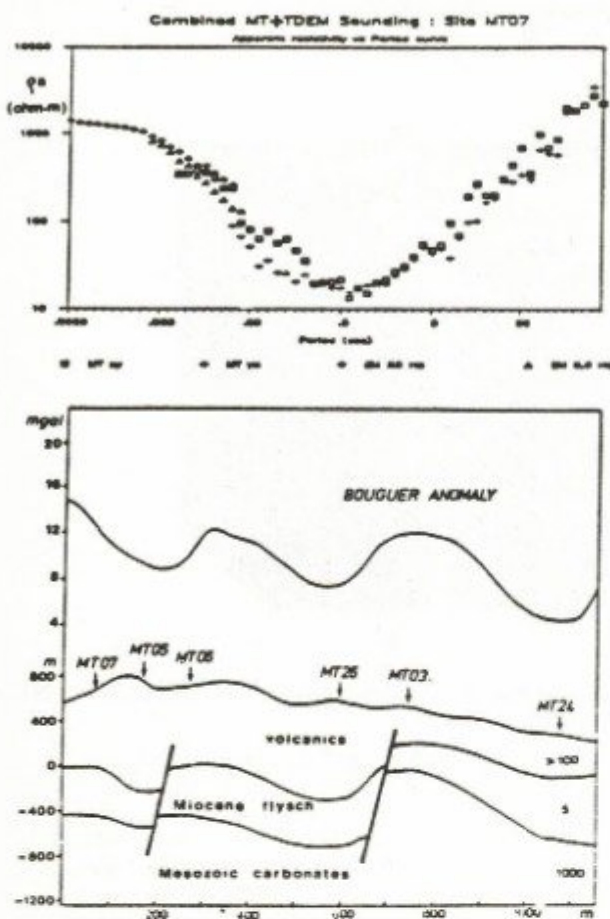


Fig. 12. Interpreted cross-section from MT, TDEM and gravity data collected in Southern Italy.

CONCLUSIONS

The application of central loop TDEM soundings enhances the utility of MT soundings when:

- a) the definition of the high frequency part of MT apparent resistivity curves is masked by a high level of cultural noise;
- b) there are static shift effects due to very local, shallow topographic and/or geological inhomogeneities;
- c) where the occurrence of shallow discontinuities causes, a high frequency splitting of E and H mode curves.

REFERENCES

- Andrieux P., Wightman W.E. 1984, The so-called static corrections in magnetotelluric measurements. 54th SEG Meeting (Abstract).
- Beamish D. 1986, Geoelectric structural dimensions from magnetotelluric data: methods of estimation, old and new. *Geophysics* 51, 1298-1309.
- Berdichevsky M.N., Dmitriev V.I. 1976, Basic principles of interpretation of magnetotelluric sounding curves. in: Adam A. (Ed.): *Geoelectric and geothermal studies*. Geophys. Mon. Akad. Kyado.
- Nabighian M.N. 1979, Quasi-static transient response of a conducting half space: an approximate representation. *Geophysics* 44, 1700-1705.
- Rokitisnky I.I. 1982, *Geoelectromagnetic investigation of the Earth's crust and mantle*. Springer-Verlag.
- Sternberg B.K., Washburne J.C., Anderson R.G. 1985, Investigation of MT static shift correction methods. 55th SEG Meeting (Abstract).
- WANNAMAKER P.E., STODT J.A., RJO L. 1986, Two dimensional topographic responses in magnetotellurics modelled using finite elements. *Geophysics*, 51: 2131-2144.
- Zhang P., Roberts R.G., Pedersen L.B. 1987, Magnetotelluric strike rules. *Geophysics* 52, 267-278.

TÜRKİYE'DE DEPREM SORUNUNUN GÖRÜNÜMÜ

Present Appearance of Earthquake Problem in Turkey

Selçuk SİPAHIOĞLU* ve Ömer ALPTEKİN*

ÖZET

Dünyanın en aktif sismik kuşaklarından biri olan "Alpin Deprem Kuşağı"ndaki Türkiye'de toplum yapısı, depremlerden büyük ölçüde etkilenmektedir. 1973 yılı istatistiklerine göre; Türkiye'nin % 92'si deprem bölgeleri içerisinde yer almakta, nüfusun % 95'i deprem bölgelerinde yaşamaktadır. Sanayi merkezlerinin % 98'i varolan veya yapılması planlanan barajların % 92'si, tarihi anıtların % 90'ından çoğu deprem bölgeleri içinde yer almaktadır. Son 50 yılda, Türkiye'de, depremler nedeniyle 57.596 kişi hayatını kaybetmiş, 310 129 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Depremlerin neden olduğu maddi zararlar ortalama olarak, yıllık ulusal gelirin 1/130'unu aşmaktadır.

Türkiye'de, doğal afetlerin yaralarını sarmak amacıyla 1959 yılına kadar münferit yasalar çıkarılmıştır. Depremlerden korunma ile ilgili çalışmalar, 1959 tarih ve 7269 sayılı "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ile Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" ve bu kanunun bazı maddelerinde değişiklik yapan 1968 tarih 1051 sayılı kanunla düzenlenmiştir. Ancak, depremlerle doğrudan ilişkili kamu kurumlarının kuruluş ve çalışmalarını düzenleyen ve deprem araştırmalarıyla ilgili herhangi bir özel kanun bulunmamaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi için, geleceğin ihtiyaçlarına da cevap verebilecek yeni kanun ve yönetmeliklerin düzenlenmesi gerekmektedir. Türkiye'de, depremlerle ilgili araştırmaların sayılarının azlığı, kaynak ve organizasyon yetersizliğinden ileri gelmektedir. Araştırmalara temel veriyi sağlayacak "Ulusal Sismik İstasyon Ağı" yurdumuzun deprem bölgelerinin tümünü kapsayacak şekilde henüz kurulmadığı gibi, mevcut verilerin araştırmacılara ulaşmasını sağlayacak bir organizasyon da yoktur. Bu durum, araştırmacıları eksik veri ile çalışmaya zorlamakta veya öncelikli araştırmaların ihmal edilmesine neden olmaktadır. Üniversitelerin, "deprem" ile doğrudan veya dolaylı olarak ilgisi bulunan Jeofizik, Jeoloji, Jeomorfoloji ve Sismotektonik konularında okutulan derslerin sayı ve saatlerinin çok az oluşu,

mühendis adaylarına, deprem konusunda gerekli temel bilgilerin verilememesine sebep olmaktadır.

Türkiye'de deprem zararlarının azaltılması konusunda başarılı çalışmalar yapılabilmesi için, ilgili meslek gruplarının, sorunun çözümüne katkılarını düzenleyecek ve bilgi iletişimini sağlayacak bir "Ulusal" organizasyona ve araştırmaları maddi açıdan destekleyecek yeni kurumlara gerek vardır.

ABSTRACT

Earthquakes have strong effects on the social life in Turkey. According to the 1973 statistics, 92 % of Turkey is considered seismically dangerous and 95 % of the population live under the earthquake danger. 98 % of the industrial centers, 92 % of the dams and power plants, and more than 90 % of the historical monuments are located in seismically active regions. Within the past 50 years, 57.596 people lost their lives and more than 310.129 buildings destroyed or heavily damaged from disastrous earthquakes. Total yearly loss from earthquakes amounts to about 1/130 of the National Gross Income.

Until 1959, several laws were in action to cure the damage from large earthquakes. Since 1959, the prevention and protection of earthquake damage has been coordinated by Act. No. 7269 and its 1968 version. None of these directly concern with earthquake studies and national institutions which are responsible from earthquake studies. There is urgent need for new regulations to organize earthquake studies in Turkey.

The lack of extensive earthquake studies in Turkey is due to insufficient funding and lack of basic data required for research. Turkey does not have a National Seismic Station Network which covers the whole territory. This causes the researchers to work with incomplete data.

A new national organization is urgently needed to improve the quality and quantity of earthquake studies in Turkey. Also, new institutions are required to support earthquake studies financially.

GİRİŞ

Bu çalışma ile, Türkiye'de geçmişte oluşan depremlere ve bunların getirdiği olumsuz etkilere, farklı bir açıdan bakılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın amacı, yalnız Jeofizik mühendislerine değil, deprem konusunda doğrudan ve dolaylı çalışmalar yapan diğer meslek mensuplarına, deprem sorununun bugünkü görünümünü yansıtmaktır. Bu nedenle, yazının hazırlanmasında teknik ayrıntılardan mümkün olduğunca kaçınılarak, sorunun daha çok genel görünümünün yansıtılmasına çalışılmıştır. Ayrıca, Türkiye'de olumsuz etkileri görülen diğer doğal afetlere de özetle yer verilerek, bu konuda bir karşılaştırma yapmaya da olanak sağlanmıştır.

Sosyal düzeni bozan, insan mutluluğu üzerinde olumsuz etkileri bulunan olaylar için kullanılan "Afet" sözcüğü, değişik şekillerde tanımlanabilmektedir. Bu sözcük genellikle, herhangi bir doğal veya yapay nedene dayanan, büyük hasar, yangın, can ve mal kaybı ile yaralanmalara neden olan olay veya olaylar için kullanılmaktadır. Bu tanıma göre yangın, su baskını, deprem, hava kirliliği, çığ düşmesi, salgın hastalık ve benzeri olaylar, afet özellikleri taşımaktadır. Ancak, bu olayların afet sayılabilmeleri için, toplum yapısında bir bozulmaya, düzensizliğe neden olmaları gerekir (Sey 1980).

Afetlerin toplum üzerindeki etkilerini doğrudan ve dolaylı etkiler olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Afetin toplumda sebep olduğu can ve mal kaybı ile günlük yaşam düzenindeki ani bozulmalar, doğrudan etkileridir. Bu tür etkilerden bir diğeri de parasal kayıplardır ki bundan en çok inşaat sektörü etkilenmektedir (Sey 1980). Örneğin, 1972 Nikaragua Depremi'ndeki sermaye kaybının % 53'ünün ve 1975 Guatemala Depremi'ndeki sermaye kaybının % 63'ünün inşaat sektöründe olduğu hesaplanmıştır (Anonim 1979).

Afetten sonra görülebilecek salgın hastalıklar, ulusal gelirin azalmasına sebep olabilecek üretim azalması, enflasyon, gelir dağılımındaki bozulmalar gibi etkiler ise afetin dolaylı etkileridir. Latin Amerika Ekonomik Konseyi (ECLA)'nin raporlarına göre, Orta Amerika Ortak Pazarı'na bağlı beş ülkede, 1960 ile 1974 yılları arasında meydana gelen doğal afetler, Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH)'nın % 23 azalmasına sebep olmuştur ve afetlerin dolaylı etkilerinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Genellikle, büyük bir şok etkisi yaratan doğal afetler, etkiledikleri yörelerin sosyal yapılarının kısmen, ekonomik yapılarının ise büyük ölçüde bozulmasına neden olurlar. Bazen, etkiledikleri bölgede, yeniden yerleşme olanaklarının ortadan kaldırarak büyüklüklerde tahribata neden olarak, göçlere de yol açabilirler. Doğal afetlerden etkilenen yerleşme birimlerinde altyapı kısmen veya tamamen felce uğrayabilir, bulaşıcı ve salgın hastalıklar ortaya çıkabilir, toplumun planladığı yatırımlar gecikir, ülke ekonomisinde duraklamalar, hatta gerilemeler görülebilir. Bunların ötesinde, bireysel ve toplumsal sorunlar ortaya çıkabilir.

DEPREM VE DİĞER DOĞAL AFETLER AÇISINDAN TÜRKİYE

Türkiye, gerek dünya üzerindeki konumu ve gerekse jeolojik özellikleri nedeniyle, yüzyıllar boyunca, pek çok doğal afetle karşılaşmıştır. Türkiye'de büyük can ve mal kayıplarına sebep olan afetler; deprem, yer kayması (heyelan), çığ, su baskını, yeraltı su tablasının yükselmesi ve kaya düşmeleridir. Başka ülkelerde rastlanılan tayfun, hortum, tsunami gibi doğal afetlerin ülkemizde büyük etkileri görülmemiştir (Ataman ve Tabban 1977). Bu doğal afetlerin Türkiye'nin nerelerinde daha etkili oldukları Çizelge 1'de açıklanmıştır. Çizelge 1'den de anlaşılacağı gibi, "Deprem" Türkiye'nin büyük bir kısmında etkin olan bir doğal afet özelliğini taşımaktadır.

Türkiye'yi geçmişte etkilemiş doğal afetler için, uzun zaman dönemine ait ayrıntılı istatistik bilgileri bulabilmek mümkün değildir. Yukarıda sözü edilen afetlerden sadece depremlerle ilgili olan ve günümüzden geriye yüzlerce yılı kapsayan bir geçmişe ait veriler bulmak ve değerlendirmek mümkün ise de, diğer afet türleri için, bu kadar uzun bir geçmişe dayalı veriler bulunmamaktadır. Bununla birlikte, Pehlivanlı ve Ataman (1977)'in inceledikleri 1960-1975 yılları arasındaki 15 yıllık bir döneme ait veriler, çok kısa bir zamanı kapsamalarına rağmen, afetlerin etkinlik bölgeleri ile bu etkinliğin özelliklerini belirlemeye yardım eden sonuçlar vermiştir.

Pehlivanlı ve Ataman (1977)'de yer alan verilerin bazıları Çizelge 2'de özetlenmiştir. Bu tablonun son sütununda verilen "tahripkârlık" bir yerleşim birimi için yıkılan konut sayısını göstermekte olup, yıkılan konut sayısının, doğal afetten etkilenen yerleşim birimi sayısına bölümünden elde edilmektedir. Çizelge 2'de görüleceği gibi, tahripkârlığa en büyük (88.63) olan doğal afet türü depremdir.

Çizelge 2'de adları geçen doğal afetlerin, 1960-1975 yılları arasındaki dönemde sebep olduğu ölü ve yaralı sayıları, Çizelge 3'de özetlenmiştir. Verileri, Ataman ve Tabban (1977)'dan alınan Çizelge 3'deki görüntü, depremin, diğer doğal afetlerden daha büyük can kayıplarına neden olduğunu vurgulamaktadır.

Depremlerimizle İlgili Sayısal Bilgiler

İmar ve İskân Bakanlığı'nca, 100-150 yıllık istatistik bilgilerden yararlanılarak hazırlanan ve 23.12.1972 tarih, 7/5551 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası", Şekil 1'de verilmektedir. Bu harita esas alınarak hesaplanan bilgiler, daha önceki yayınlarda yer almış olmakla birlikte, konunun önemi nedeniyle, burada yeniden özetlenecektir.

Tabban (1973)'de verilen sayısal bilgilerden yararlanılarak düzenlenmiş ve Ohta ve diğ. (1983)'de de yer alan, Türkiye'nin deprem bölgeleri ve bu bölgelerde yaşayan nüfus, büyük sanayi merkezleri ve hidroelektrik amaçlı barajların yüzdeleleri, Çizelge 4'de özetlenmektedir. Bu Çizelgedeki değerler, büyük ölçüde, 1973 yılındaki durumu yansıtmakla birlikte, Şekil 1'de verilen Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, bugün de kullanılmaktadır.

1973 yılından bu yana, Türkiye'nin nüfusu, özellikle sanayi bölgelerinde daha da arttığından, Çizelge 4'deki yüzdelerin de, önemli ölçüde artmış olabileceği açıktır. Çizelge 4'deki bilgilere göre, Türkiye topraklarının

% 91.4'ü deprem bölgelerinde yer almakta, bu bölgelerde nüfusun % 95'i yaşamaktadır. Büyük sanayi merkezlerinin % 98'i ve inşa edilmiş veya inşaatı planlanan barajların % 91.6'sı deprem bölgelerinde bulunmaktadır.

Çizelge 1. Türkiye'de 1960-1975 yılları arasında etkin olan Doğal Afetler ve Etki Alanları (Pehlivanlı ve Ataman, 1977'den yararlanılarak düzenlenmiştir).

Table 1. Natural Disasters and their Affected Areas for the period 1960-1975 (Compiled with the Information obtained from Pehlivanlı and Ataman, 1977).

DOĞAL AFET NATURAL DISASTER	ETKİ ALANI AFFECTED AREA
YER KAYMASI LANDSLIDE	DOĞU ANADOLU, DOĞU KARADENİZ VE DOĞU AKDENİZ BÖLGELERİ, ORTA ANADOLU'NUN BAZI KISIMLARI EASTERN ANATOLIA EAST PART OF BLACK SEA & EAST PART OF MEDITERRANEAN REGIONS, SOME PARTS OF INNER ANATOLIA
YERALTISUTABLASI YÜKSELMESİ CHANGING OF GROUND WATER TABLE	DOĞU VE ORTA ANADOLU'NUN BAZI KISIMLARI SOME PARTS OF EASTERN & INNER ANATOLIA
KAYA DÜŞMESİ ROCK FALLS	ORTA ANADOLU'NUN BAZI KISIMLARI SOME PARTS OF INNER ANATOLIA
SU BASKINI FLOODS	DOĞU ANADOLU, GÜNEYDOĞU ANADOLU, DOĞU KARADENİZ VE DOĞU AKDENİZ BÖL- GELERİ, ORTA ANADOLU VE EGE BÖLGESİ. NİN BAZI KISIMLARI EASTERN ANATOLIA, SOUTHEAST ANATOLIA, EAST PART OF BLACK SEA & EAST PART OF MEDITERRA- NEAN REGIONS, SOME PARTS OF AEGEAN REGION
ÇIĞ AVALANCHES	DOĞU ANADOLU'NUN BAZI KISIMLARI SOME PARTS OF EASTERN ANATOLIA
D E P R E M EARTHQUAKE	TUZ GÖLÜ - AKDENİZ ARASI İLE GÜNEY. DOĞU ANADOLU'NUN KÜÇÜK BİR KISMI DIŞINDA BÜTÜN TÜRKİYE WHOLE TURKEY EXCLUDING THE AREA BETWEEN SALT LAKE & MEDITERRANEAN, AND SMALL PART OF SOUTHEAST ANATOLIA

Çizelge 2. Türkiye'de 1960-1975 yılları arasında etkin olan Doğal Afetlerle ilgili bazı sayısal bilgiler (Ataman ve Tabban, 1977'den yararlanılarak düzenlenmiştir).

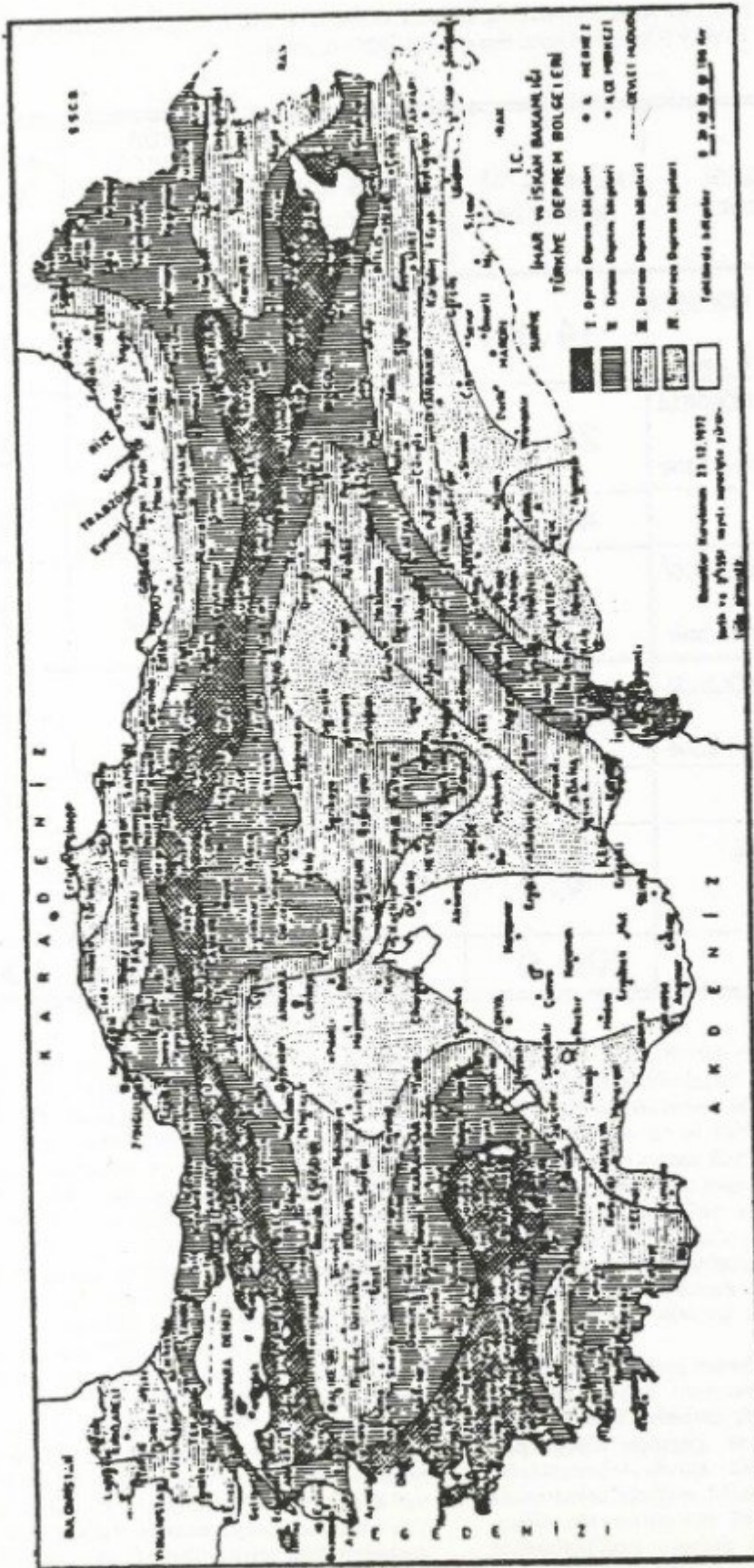
Table 2. Some numerical results of Natural Disasters seen in Turkey during the Period of 1960-1975 (Compiled with the Information obtained from Ataman and Tabban, 1977).

DOĞAL AFET NATURAL DISASTER	ETKİLENEN YERLEŞİM BİRİMİ SAYISI Number of Affected Settlements	TOPLAMA GÖRE YÜZDE Percent According to Total	YIKILAN KONUT SAYISI Number of Destroyed Buildings	TOPLAMA GÖRE YÜZDE Percent According to Total	TAHRİPKÂRLIK Destructiveness
YER KAYMASI LANDSLIDE	1 079	32.98	32 000	22.50	29.66
YERALTI SU TABLASI YÜKSELMESİ CHANGE of GROU. WATER Tabl.	45	1.37	1 954	1.37	43.42
KAYA DÜŞMESİ ROCK FALL	333	10.18	14 291	10.05	42.92
ÇIĞ AVALANCHE	36	1.10	758	0.53	21.06
SU BASKINI FLOOD	945	28.85	24 582	17.28	26.02
KASIRGA CYCLONE	71	2.17	1 087	0.76	15.31
DEPREM EARTHQUAKE	762	23.29	67 542	47.49	88.63
T O P L A M Total	3 271	100.00	142 214	100.00	

Çizelge 3. Türkiye'de 1960-1975 yılları arasında etkin olan Doğal Afetlerdeki ölü ve yaralı sayıları (Ataman ve Tabban, 1977'den yararlanılarak düzenlenmiştir).

Table 3. Numbers of dead and injured people due to Natural Disasters occurred between 1960 and 1975 in Turkey (Compiled with the Information obtained from Ataman and Tabban, 1977).

DOĞAL AFET NATURAL DISASTER	CAN KAYBI LOSS of LIVES	TOPLAMA GÖRE % PERCENT ACCORDING TO TOTAL	YARALI SAYISI NUMBER OF INJURED PEOPLE	TOPLAMA GÖRE % PERCENT ACCORDING TO TOTAL
• YER KAYMASI • YERALTI SU TABLASI YÜKSELMESİ • KAYA DÜŞMESİ • ÇIĞ • SU BASKINI • KASIRGA • LANDSLIDE • CHANGE OF GROUND WATER TABLE • ROCK FALL • AVALANCHE • FLOOD • CYCLONE	1 046	13.08	1 365	13.65
DEPREM EARTHQUAKE	6 954	86.92	8 635	86.35
Toplam TOTAL	8 000	100	10 000	100



Çizelge 4. Türkiye Deprem Bölgelerine göre Alan, Nüfus, Endüstri Merkezi ve Barajların Dağılımı (Tabban, 1973'deki verilerle düzenlenmiştir).

Table 4. Distributions of Surface Area, Population, Industrial Centers, and Hydraulic Dams within the Earthquake Zones of Turkey (Compiled with the data of Tabban, 1973).

DEPREM BÖLGESİ Earthquake Zone	ALAN %'Sİ Surface area	NÜFUS %'Sİ Population	BÜYÜK ENDÜSTRİ MERKEZLERİ % 'Sİ Big Industrial Centers	HİDROELEKTRİK BARAJLAR % 'Sİ Hydraulic Dams
1. DERECE DEPREM BÖLGESİ ($I_0 \geq IX$) First degree hazard zone	14.8	22	24.7	10.4
2. DERECE DEPREM BÖLGESİ ($I_0 = VIII$) Second degree hazard zone	28.4	29	48.8	20.8
ARA TOPLAM First Sum	43.2	51	73.5	31.2
3. DERECE DEPREM BÖLGESİ ($I_0 = VII$) Third degree hazard zone	28.8	24	12.0	33.3
4. DERECE DEPREM BÖLGESİ ($I_0 = VI$) Fourth degree hazard zone	19.4	20	12.8	27.1
ARA TOPLAM Second Sum	91.4	95	98.1	91.6
TEHLİKESİZ BÖLGE ($I_0 \leq V$) No hazard zone	8.6	5	1.7	8.4
T O P L A M T o t a l	100.0	100	100.0	100.0

Türkiye'de, şiddetleri 8 ve daha büyük olan depremlerin 1. ve 2. Derece Deprem Bölgeleri'nde olduğu kabul edilmektedir. Bu bölgeler ülke topraklarının % 43.2'sini oluşturmakta ve nüfusun % 51'i bu tür tehlikeli deprem bölgelerinde yaşamaktadır. Büyük sanayi merkezlerinin % 73.5'inin bu bölgelerde yer alması ise, endişe vericidir.

Türkiye'de, depremlerin neden olduğu zararların ekonomik değerinin, yaklaşık olarak, yıllık toplam milli gelirin 1/130'unu aştığı hesaplanmıştır (Gürpınar 1978). İşgücü ve bina maliyetlerinin artmış olduğu bu yıllarda, deprem zararlarının milli gelir içindeki oranının, daha da büyük olacağı açıktır.

Türkiye, Prehistorik Çağlardan günümüze kadar, pek çok uygarlığın beşiği olmuştur. Bugün de ülke topraklarında çok değerli kültür hazineleri bulunmaktadır. Ne yazık ki bu zengin miras, geçmişte olduğu gibi, günümüzde de deprem tehdidi altında bulunmaktadır. Anadolu ve Arıoğlu (1977), tarihi anıtların korunmasına önem verilmemesi ve gerekli önlemlerin alınmaması halinde, tarihsel anıtların pek çoğunun yitirilebileceğini

vurgulamışlardır. Anadolu ve Arıoğlu, Anadolu'daki tarihi sit alanları ve anıtların envanterini çıkararak bunları üç gruba ayırmışlar, bu kültür mirasının (Çizelge 5) deprem bölgelerine göre dağılımlarını incelemişlerdir (Şekil 2). Çizelge 5 ve Şekil 2'den de anlaşılacağı gibi, günümüze kadar ayakta kalmayı başarmış tarihi anıtların büyük çoğunluğu, deprem tehlikesi altında bulunmaktadır.

Depremlerin, Türkiye'de neden olduğu can ve mal kayıplarının nitelik ve niceliğini açıklayan daha pek çok örnek vardır. Bunlar, konuyla ilgili oldukça çarpıcı sonuçlar ortaya koymaktadır. Daha önceleri, Gençoğlu ve diğ. (1977) ile Ohta ve diğ. (1980)'ne de konu olan bir karşılaştırma (Çizelge 6), söz konusu örneklerden bir başkasıdır.

Çizelge 6'da, Türkiye'nin Doğu ve Batı bölgelerinde, 1966-1976 yılları arasında oluşan 10 yıkıcı depremin neden olduğu can ve mal kayıplarına ait sayısal bilgiler verilmektedir. Bu çizelgenin incelenmesinden, nüfus yoğunluğunun batıya nazaran daha az ve yerleşim birimlerinin daha seyrek olduğu Doğu Anadolu'da, depremlere

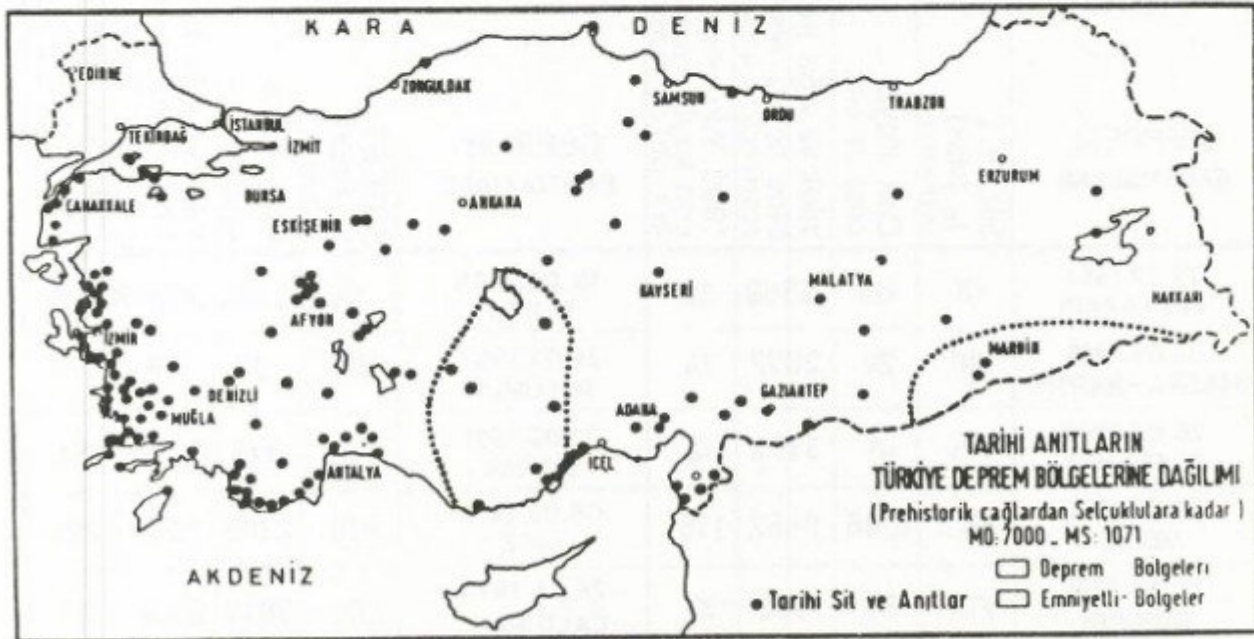
rin neden olduğu can ve mal kayıplarının daha büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bu karşılaştırma için, Doğu ve Batı Anadolu'da oluşan aynı şiddetlerde, aynı sayıda depremler ele alınmıştır. Bunlara ait verilerin kaynağı ise, Ek 1'de verilen TAU (1986)'un deprem listesidir. Çizelge 6'daki karşılaştırmadan çıkarılan önemli sonuçlar şunlardır:

1. Batı Anadolu'da, nüfus yoğunluğu daha büyük ve yerleşim birimleri daha sık olmasına rağmen, yıkıcı depremlerin, Batı Anadolu'da sebep oldukları 1 can kaybına karşılık, Doğu Anadolu'daki can kaybı 7'nin üzerindedir.

Çizelge 5. Türkiye'de Deprem Tehlikesi altında bulunan Tarihi Sit ve Anıtlar hakkında sayısal bilgiler (Anadol ve Arıoğlu, 1977).

Table 5. Statistical data for the Historical Seats and Monuments under earthquake danger in Turkey (After Anadol and Arıoğlu, 1977).

GRUP	D Ö N E M	YILLAR	SAPTANAN YAKLAŞIK SİT VE ANIT SAYISI	DEPREM TEHDİDİ ALTINDA BULUNMA %'Sİ
I	PREHİSTORİK ÇAĞLARDAN SELÇUKLULAR'a kadar	M.Ö.7000 - M.S.1071	256	96
II	SELÇUKLULAR'dan OSMANLILAR'a kadar	1071-1299	158	90
III	OSMANLILAR'dan CUMHURİYET'e kadar	1299-1923	580	98



Şekil 2. Tarihi Anıtların Türkiye Deprem Bölgelerine Göre Dağılımı (Anadol ve Arıoğlu, 1977).

Fig. 2. Distribution of the Historical Monuments in Turkey (After Anadol and Arıoğlu, 1977).

2. Çizelge 6'daki toplam can kayıpları dikkate alındığında, yıkılan her 1000 bina için Batı Anadolu'daki can kaybı 58 olmasına karşılık, Doğu Anadolu'da bu sayı 216'ya (% 372.41) çıkmaktadır.
3. Yıkıcı depremler nedeniyle, Batı Anadolu'da yıkılan her 1 binaya karşılık, Doğu Anadolu'da yaklaşık 2 bina (% 198.72) yıkılmakta veya ağır hasar görmektedir.

Bununla birlikte, yerleşim birimlerinin konumları, yapı türleri, ağır iklim şartlarının ulaşım ve acil yardımı olumsuz yönde etkilemesi, Doğu Anadolu'daki can ve mal kaybını artırıcı birer unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bilindiği gibi, can ve mal kayıplarının büyüklüğü üzerinde depremin oluş saati, mevsim ve iklim şartları, ulaşım, yerleşim birimlerinin konumu, zemin davranışı, bina tipleri ve malzemesi, topoğrafik özellikler ve nüfus yoğunluğunun etkileri büyüktür. Bunlara ek olarak, depreme bağlı olarak ortaya çıkabilen yangın, sel, su baskını ve salgın hastalıklar ile acil yardım ve kurtarma işlemlerinin de kayıpların miktarı üzerinde rolü bulunmaktadır. Bunlara rağmen, Çizelge 6, Doğu ile Batı

Anadolu arasında, büyük etkileşim farklarının varolduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye depremleriyle ilgili olarak yukarıda sunulan istatistiki bilgiler, çoğunlukla, ya Deprem Araştırma Enstitüsü'nün geçmiş yıllardaki ya da Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü'nün 1986 yılında yayınlanan "Deprem" isimli yayınlarından (TAU 1986) elde edilmiştir. Ancak, bu istatistiki bilgiler, görüldüğü kadar açık değildir.

Türkiye'de, 1900 yılından bu yana oluşan yıkıcı depremlerin sebep olduğu can ve mal kayıplarını sergileyen birçok yayın bulunmaktadır. Bu yayınların çoğunda, aynı deprem için son derece çelişkili bilgiler bulunmaktadır. Bu çelişkileri sergilemek için yalnızca 6 yayın esas alınarak, can kayıplarıyla yıkılan veya ağır hasar gören bina sayılarını gösteren bir liste hazırlanmıştır (Ek 2). Bu listenin hazırlanmasında; 1. Pehlivanlı ve Ataman (1977), 2. Sey (1980), 3. Ohta (1980), 4. Tabban (1980), Ambraseys ve Jackson (1981), 6. TAU (1986)'dan yararlanılmıştır. Ek 2'de sunulan listenin kaynak sütununda görülen sayılar, yararlanılan

Çizelge 6. Türkiye'nin Doğu ve Batı Bölgelerinde 1966-1976 Yılları Arasında Oluşmuş Depremler Hakkında Bazı Sayısal Veriler (Veriler TAU, 1986'dan alınmıştır).

Table 6. Regionally Tabulated Earthquake Disasters for the Period of 1966-1976 (Data taken from the TAU, 1986).

BATI ANADOLU WEST OF ANATOLIA					DOĞU ANADOLU EAST OF ANATOLIA				
DEPREM EARTHQUAKE	ŞİDDET I ₀ (MSK) INTENSITY	Can Kaybı LOSS OF LIFE	Yıkık ve Ağır hasarlı bina sayısı - NUMBER OF DESTROYED BUILDINGS	1000 Yıkık yapı için can kaybı - LOSS OF LIFE PER 1000 DESTROYED BUILDINGS	DEPREM EARTHQUAKE	ŞİDDET I ₀ (MSK) INTENSITY	Can Kaybı LOSS OF LIFE	Yıkık ve Ağır hasarlı bina sayısı - NUMBER OF DESTROYED BUILDINGS	1000 Yıkık yapı için can kaybı - LOSS OF LIFE PER 1000 DESTROYED BUILDINGS
22.07.1967 ADAPAZARI	IX	89	5569	16	19.08.1966 VARTO	IX	2394	20007	120
03.09.1968 AMASRA - BARTIN	VIII	29	2072	14	26.07.1967 PÜLÜMÜR	VIII	97	1282	76
28.03.1969 ALAŞEHİR	VIII	41	3702	12	22.05.1971 BİNGÖL	VIII	878	5617	156
28.03.1970 GEDİZ	IX	1086	9452	115	06.09.1975 LİCE	VIII	2385	8149	293
12.05.1971 BURDUR	VIII	57	1542	37	24.11.1976 ÇALDIRAN	IX	3840	9332	411
Toplam - TOTAL		1302	22337	58	Toplam - TOTAL		9594	44387	216

kaynakların yukarıda verilen sıra numaralarını işaret etmektedir. Bir depremin, söz konusu 6 kaynaktan yalnızca birinde yer alması halinde, bu depremin var olup olmadığı, deprem kataloglarından ayrıca araştırılmıştır. Kataloglardan alınan depremleri belirlemek için kaynak olarak (K) harfi kullanılmıştır. Başka bir deyişle, kaynağı (K) ile gösterilen depremler, kataloglarda da yer almakta olup, gerektiğinde böyle depremlere ait veriler için kataloglardaki verilerden de yararlanılmıştır. Depremleri tahkik için başvuru deprem katalogları ise şunlardır: Ergin ve diğ. (1967), Ergin ve diğ. (1971), Güçlü ve diğ. (1986), Ayhan ve diğ. (1987), Shebalin ve diğ. (1974).

Görüldüğü gibi, Ek 2'de verilen listede 114 deprem bulunmaktadır. Bu depremlerden, 40 tanesi (% 35.08) 6 kaynağın hepsinde, 7 tanesi (% 6.14) 5 kaynakta, 3 tanesi (% 2.63) 4 kaynakta, 7 tanesi (% 6.14) 3 kaynakta, 19 tanesi (% 16.66) 2 kaynakta, 38 tanesi (% 33.33) ise sadece 1 kaynakta yer alan depremlerdir.

Türkiye'de son 50 yılda oluşmuş depremlerdeki can kaybı ve yıkılan veya ağır hasar gören bina sayılarıyla ilgili TAU (1986)'nın listesiyle, Ek 2'de verilen listeden türetilmiş bazı sayısal bilgiler, Çizelge 7 ve Çizelge 8'de birbirleriyle karşılaştırılmaktadırlar. Bu karşılaştırmada,

tarafımızdan derlenen listedeki en büyük değerler (listede nokta ile işaretli) dikkate alınmıştır.

Çizelge 7 ve 8'deki sonuçlar da, depremlerimize ilişkin bilgilerimizin durumunu göstermektedir.

Doğu ile Batı arasında bir fark gözetmeden, Türkiye genelinde oluşmuş depremlerin Magnitüd-Can Kaybı ve Magnitüd-Hasar ilişkilerine bakıldığında da, deprem çalışmalarında ileri gitmiş ülkelere göre, kayda değer farklılıkların bulunduğu görülmektedir. Bu konuda, bir Türk-Japon Araştırma Grubunun bir yayınında rastlanılan sonuçlara, burada değinmekte yarar vardır. Ohta ve diğ. (1983), Türkiye'de 1925-1976 yılları arasında oluşan 46, Japonya'da 1872-1978 yılları arasında oluşan 35 depremi göz önüne alarak, Magnitüd-Can Kaybı ve Magnitüd-Hasar ilişkilerini incelemişlerdir (Şekil 3). Ohta ve diğ. (1983)'nin söz konusu ilişkiler için buldukları korelasyon katsayıları 0.42 ve 0.54'dür. Her iki durum için de korelasyon katsayılarının küçük oluşu, ilk bakışta, can kaybı ve hasarın büyüklüğünde magnitüd dışında başka faktörlerin de rolü olduğunu akla getirmektedir. Nitekim, yukarıda sözü edilen karşılaştırmanın sonuçlarına göre, 7.0 magnitüdündeki bir deprem için, Türkiye'de Japonya'dakinin 30 katı yapısal hasar ve 15 katı bir can kaybı olabileceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 7. Son 50 Yılda Türkiye'de Oluşmuş Depremlerdeki Mal ve Can Kayıplarının Karşılaştırılması.

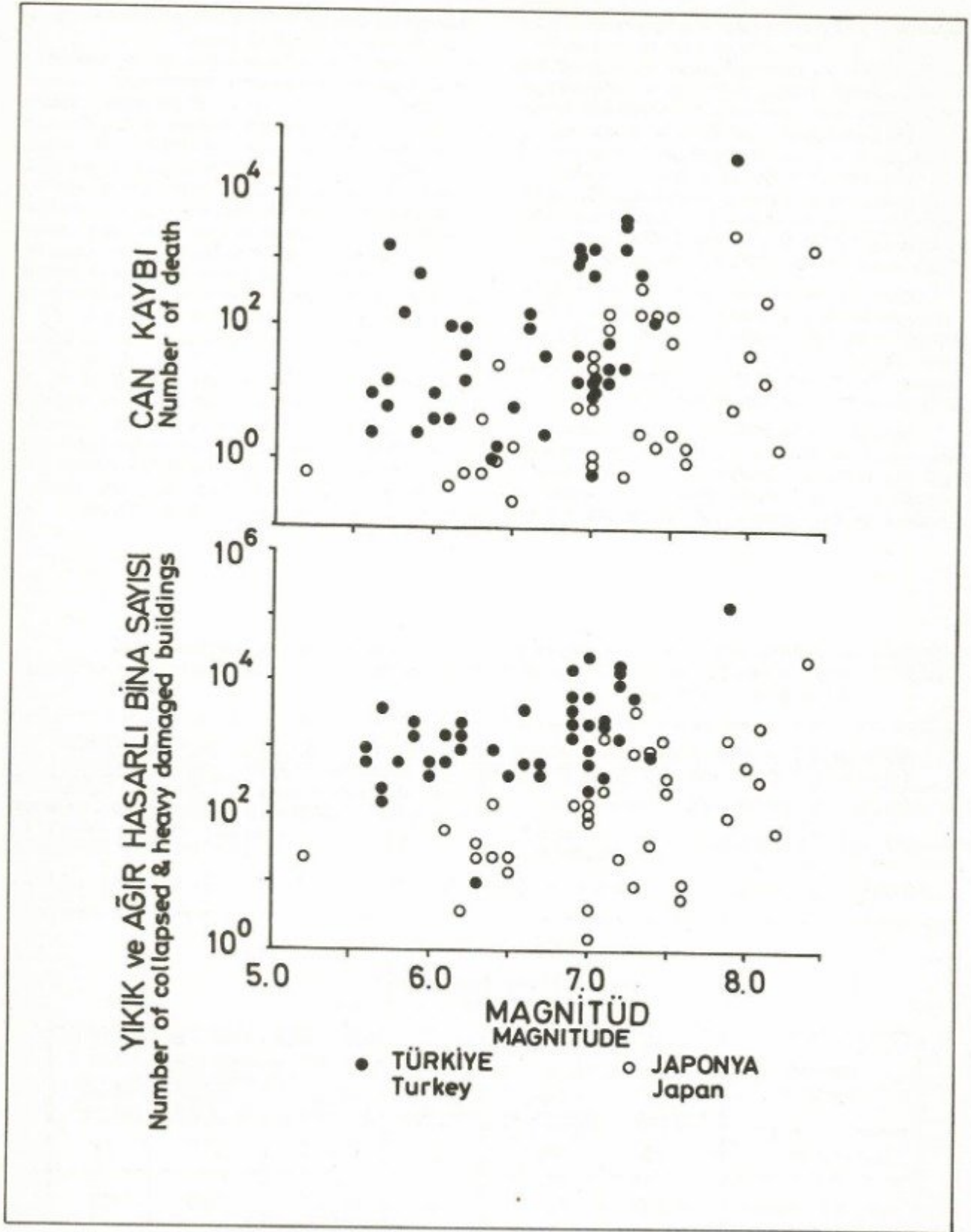
Table 7. Comparison for the Loss of Lives and the Property Damage Caused by Earthquakes Occurred During the Last 50 Years in Turkey.

SON 50 YILDA (1938 Kırşehir Depremi'nden Günümüze Kadar) OLUŞAN DEPREMLERDE CAUSED BY EARTHQUAKES OCCURRED DURING THE LAST 50 YEARS (SINCE 1938 KIRŞEHİR EARTHQUAKE)							
TOPLAM CAN KAYBI -Total Loss of Life				TOPLAM YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA SAYISI Total number of collapsed & heavily damaged buildings			
TAU(1986)	S.S.,Ö.A.(1988)	FARK DIFFERENCE	FARK %'Sİ PERCENT of DIF.	TAU (1986)	S.S.,Ö.A.(1988)	FARK DIFFERENCE	FARK %'Sİ PERCENT of DIF.
57 596	67 972	+10 376	18.02	310 129	461 098	+150 969	48.68

Çizelge 8. Çizelge 7'den çıkarılan sonuçlar.

Table 8. Results Derived from Table 7.

KAYNAK Reference	CAN KAYBI ORTALAMALARI MEANS FOR THE LOSS OF LIFE			YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA SAYISI ort. MEANS FOR THE NUMBERS OF COLLAPSED & HEAVILY DAMAGED BUILDINGS		
	YILDA per year	AYDA per month	GÜNDE per day	YILDA per year	AYDA per month	GÜNDE per day
TAU (1986)	1 152	96	3	6 203	517	17
S.S., Ö.A. (1988)	1 359	113	4	9 221	768	26



Şekil 3. Magnitüd-Can Kaybı ve Magnitüd-Hasar İlişkileri (Ohta ve diğ. 1983'den).
 Fig. 3. Magnitude-Loss of Lives and magnitude-Damage Relations (After Ohta et al., 1983).

Doğal Afetlerle İlgili Yasal Düzenlemeler

Doğal afetlerle ilgili çalışmalar İmar ve İskân Bakanlığı'nın kurulduğu 1958 yılında başlamıştır. 1958'den önceki yıllarda, Türkiye'de meydana gelen doğal afetlerin yaralarını sarmak amacıyla her afetten sonra, sadece o afetin sonuçlarıyla ilgili münferit yasalar çıkarılmıştır. 1958 yılından önce bu amaçla çıkarılan yasaların sayısı 7 olup bunlardan sadece 2'si doğrudan depremlerle ilgilidir (Ek 3). 1958'den önce varolan ve depremlerle doğrudan ilgili tek kuruluş ise, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği'ne bağlı olarak çalışan "Deprem Bürosu"dur. Bu büro, 1953 yılında küçük bir birim olarak kurulmuştur.

Türkiye'de, afetler ile ilgili tüm hizmetler, İmar ve İskân Bakanlığı'nın sorumluluğuna verildikten sonra, 15 Mayıs 1959'da, Afetler Kanunu diye bilinen 7269 sayılı "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ile Yapılacak Yardımlara Dair Kanun" yürürlüğe girmiştir. Adından da anlaşılacağı gibi, bu kanun, yalnız depremlerle değil, tüm afetlerin sonuçlarıyla ilgili olup 51 asıl ve 5 geçici maddeden oluşmaktaydı. 1968 yılında, bu kanunun 27 maddesi değiştirilmiş ve 7 madde eklenmiştir. Genelde, 7269-1051 sayılı Afetler Kanunu olarak bilinen bu kanuna dayalı olarak da 6 yönetmelik çıkarılmıştır (Ek 4). Bugün Türkiye'de deprem -dahil tüm afetler ile ilgili kurumlaşma, araştırma, korunma veya zararlarını en aza indirmeye gibi konulardaki çalışmalar, bu yasal çerçeve içinde düzenlenmeye çalışılmaktadır.

Yukarıda sözü edilen yönetmelikler de, hep afet sonrasına yönelik idari ve mali konuları kapsamaktadır. Oysa, depremlerle ilgili doğrudan veya dolaylı çalışmalar yapan meslek mensupları ve bilim adamları, yasal düzenlemelerin sadece afet sonrası idari ve mali konuları değil, afet öncesi yapılabilecek her türlü çalışmaları da kapsamalarını beklemektedirler.

TÜRKİYE'DE DEPREM ÇALIŞMALARI VE İLGİLİ KURUMLAR

Deprem ile ilgili çalışmalar, oldukça geniş bir alanı ve meslek gruplarını kapsamaktadır. Bunları üç ana grupta toplamak mümkündür.

1. Günümüzden geriye, geçmişin deprem etkinliğini öğrenmeye ve bunlardan yararlanarak, geleceğin depremlerini önceden belirlemeye, yani onların nerelerde, ne büyüklüklerde ve ne zaman olabileceklerini ortaya koymaya yardımcı olan çalışmalar bu grupta toplanabilir.

Bu gruptaki çalışmalar jeofizik, jeoloji, jeomorfoloji ve jeodezi gibi yerbilimleri kapsamı içindeki çalışmalar olup, deprem konusunda eğitim ve deneyim kazanmış yerbilimciler, özellikle jeofizik ve jeoloji mühendisleri tarafından yapılır.

2. Günümüzde meydana gelen depremlerin alelcel olarak kaydedilmesi, kayıtlardan deprem ile ilgili oluş zamanı, büyüklük, dış merkez koordinatları ve derinlik gibi parametrelerin saptanması ve deprem kaynağının özelliklerinin belirlenmesi, depremin binalar ve canlılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve Eşşiddet Haritası'nın hazırlanması, depremlerle ilgili olarak yeryüzünde oluşabilecek fayların ve diğer deformasyonların haritalanması, depremden zarar görenlerin geçici veya daimi iskânı problemlerine çözüm getirecek mikro-bölgeleme çalışmaları

larının yapılması, yani yerleşim alanlarının jeofizik ve jeolojik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları özellikle gözlemsel ve aletsel sismoloji ile saha jeolojisi ve sismotektonik konularında eğitim görmüş, deneyimli jeofizik ve jeoloji mühendisleri tarafından yürütülür.

3. Deprem öncesinde, depreme dayanıklı bina tiplerinin geliştirilmesi ve yapılması, depreme dayanıklı olmayan binaların dayanıklı hale getirilmesi, depremden sonra, binalarda ve diğer yapılarda meydana gelen yapısal hasarın tespiti, geçici ve daimi iskânın gerçekleştirilmesi çalışmaları da, deprem mühendisliği konusunda yetişmiş inşaat mühendislerince yürütülmektedir. Bu çalışmaların verimliliğinde, 1. ve 2. gruplardaki çalışmalardan alınacak sonuçların önemi çok büyüktür.

Yukarıda özet olarak verilenlerden yalnızca 1. ve 2. gruptaki çalışmalar yazımızın kapsamı içinde bulunmaktadır.

Türkiye'de sismoloji konusundaki ilk aletsel çalışmalara, sismografların ilk yapımcılarından biri olan İtalyan G. Agamemnone tarafından 1880'li yıllarda İstanbul'da başlanmıştır (Türkelli 1976). Zamanın ünlü bilginlerinden olan Agamemnone, İstanbul Saint Benoit Fransız Lisesi'nde görevli bulunduğu sıralarda ilk sismografi yapmayı başarmış, fakat yapılan bu sismografı sürekli bir kayıt alınamamıştır. Bu ilk sismografın, tarihi değeri sebebiyle, sonradan İstanbul Kandilli Rasathanesi'ne hediye edildiği bilinmektedir (Türkelli 1976).

1880'li yıllardan 1920'li yıllara kadar, Türkiye'de, sismoloji çalışmalarında bir duraklama olmuştur. 1920'lerden sonra çalışmalara, İstanbul Kandilli Rasathanesi'nde yeniden başlanmıştır.

Zaman akışı içinde, günümüze kadar İstanbul Kandilli Rasathanesi (sonradan Boğaziçi Üniversitesi'ne bağlanmıştır), İstanbul Teknik Üniversitesi, İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü (yeni adıyla Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü), TÜBİTAK, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri, Türkiye Elektrik Kurumu, İstanbul Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi gibi kurum ve kuruluşlar, olanakları ölçüsünde, Türkiye'nin deprem sorununun çözümüne katkılarda bulunmuşlardır.

Üniversitelerin, Türkiye'nin deprem probleminin çözümüne katkıları; eleman yetiştirmek, veri toplamak ve araştırmalar yapmak şeklinde olmuştur. İstanbul Üniv., İstanbul Teknik Üniv., Karadeniz Teknik Üniv., Yıldız Üniv. ve Dokuz Eylül Üniv., Lisans ve Lisansüstü Jeofizik Mühendisliği Programları yürütmektedirler. Orta Doğu Teknik Üniv., Boğaziçi Üniv. ve Hacettepe Üniv. ise Lisansüstü Jeofizik Programları yürütmektedirler. Ayrıca, Türkiye'deki üniversitelerin çoğunda, Lisans ve Lisansüstü Jeoloji ve İnşaat Mühendisliği programları da bulunmaktadır. Ne var ki, bu programlarda okutulan sismoloji ve sismotektonik gibi derslerin, haftalık saatleri çok azdır. Örneğin, Jeofizik Mühendisliği Öğretimi yapan beş üniversitenin Lisans Öğretim Programlarında, sismoloji ve sismotektonik gibi derslerin haftalık saatleri % 5'in altındadır. Jeoloji ve İnşaat Mühendisliği Lisans programlarının çoğunda ise sismoloji ve sismotektonik dersleri hiç yoktur.

TÜBİTAK'ın deprem çalışmalarına katkısı, Yapı Araştırma Merkezi'nin çalışmalarıyla Gebze Temel Bilimler Araştırma Enstitüsü Yerbilimleri Bölümü'nde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca TÜBİTAK, depremleri ilgilendiren çeşitli bağımsız araştırmaları da desteklemekte ve bu konuda bilim adamı yetiştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi, 1976 yılında kurulmuş olup, kuruluş amacı, Türkiye'de deprem zararlarının azaltılması konusunda çalışmalar yapmaktır. Komitenin bugüne kadar olan faaliyetleri ulusal ve uluslararası seminer, sempozyum ve konferanslar düzenlemek şeklinde olmuştur. Türkiye'deki deprem çalışmalarında İstanbul Kandilli Rasathanesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü hakkında ayrıntılı bilgiler sunmakta yarar vardır.

İstanbul Kandilli Rasathanesi

Türkiye'de deprem kaydı ile ilgili ilk bilimsel çalışmalar, 1926 yılında, İstanbul Kandilli Rasathanesi'nde Wiechert tipi bir mekanik sismografla başlamıştır. Adı geçen kurum tarafından 1934 yılında, ilk sismoloji bülteni çıkarıldığında, alet potansiyeli, daha önce alınmış olan bir Wiechert ile birlikte iki adet Meinka ve bir Galitzin sismografından ibaret bulunmaktaydı. Söz konusu aletlerin zaman duyarlılıkları ancak 1945 yılında 0.1 saniyeye yaklaştırılabilmiş ve fotografik kayıt yapan 10-15 bin büyütme bir Coulomb-Grenet sismografı Rasathaneye 1948 yılında alınabilmiştir.

İstanbul Kandilli Rasathanesi Merkez İstasyonu (ISK), 1967 yılında çalıştırılmaya başlanan Benioff tipi üç uzun üç de kısa periyodlu sismograf ile takviye edilmiş ve 1968 yılında çalıştırılmaya başlanan bir Wood-Anderson torsiyon sismografı ile magnitud tayinleri yapılmaya başlanmıştır.

Kandilli Rasathanesi, İstanbul dışındaki deprem kayıt istasyonlarını kurmaya ancak 1970 yılında başlayabilmiştir. İlk olarak Demirköy (Kırklareli), Dursunbey (Balıkesir), Ezine (Çanakkale), Gölpaazarı (Bilecik) ve Mengen (Bolu) istasyonları tesis edilmiştir. 1970-1976 yılları arasında kurulan diğer 7 istasyon (Edincik, İzmir, Altıntaş, Bucak, Elmalı, Yerkelik, Kavak) ve merkez istasyonu ile birlikte Kandilli Rasathanesi Sismik Kayıt Ağındaki istasyon sayısı 13'e ulaşmıştır. Kandilli Rasathanesi'nin İstanbul dışında tesis etmiş olduğu istasyonlardaki sismografların maksimum büyütmeleri 150.000 olup, istasyonların hepsi aynı tip aletlerle teçhiz edilmiştir (Çizelge 9). Kandilli Rasathanesi yukarıda belirtilenler dışında MARNET isimli Telemetrik Sismik Kayıt Ağı içinde 8 istasyon işlemektedir (Çizelge 9).

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)'nde, depremlerle ilgili çalışmalara 1952 yılında doğrudan Rektörlüğe bağlı bir "Sismoloji Enstitüsü'nün kurulmasıyla başlanmıştır. Enstitü'nün tüm alet ve uzman ihtiyacı da, 1951 yılında

yapılan bir anlaşma gereği olarak, UNESCO tarafından karşılanmıştır. Bu enstitü, 1961 yılına kadar Coulomb-Grenet tipi sismograflarla deprem kaydına devam etmiştir.

İTÜ Sismoloji Enstitüsü'ne bağlı ilk istasyon, 1955 yılında Çine (Aydın)'de kurulmuş, bunu 1958 yılında tesis edilen Kastamonu İstasyonu izlemiştir. 1961 yılında Japonya'dan satın alınan, biri kısa diğeri uzun periyodlu iki takım (üçer bileşenli) HES sismografı (Hagiwara Electromagnetic Seismograph) Enstitü'nün merkez laboratuvarına kurulmuş, 1964 yılında bu aletlerle Raman İstasyonu tesis edilmiştir. 1962 yılında USCGS (United States Coast and Geodetic Survey) ile yapılan temaslarda sonunda, USCGS'nin dünya üzerindeki 125 kayıt istasyonundan birinin İTÜ'nde kurulması sağlanmıştır. WWSSN (World-Wide Standart Seismograph Network) kayıt ağına bağlı bu istasyon, 1962 yılından beri sürekli olarak kayıt almaktadır.

1964 yılında, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) kampüsünde Ankara İstasyonu kurulmuştur. ODTÜ'nün, daha sonraları modern bir istasyona (ANTO) kavuşması üzerine bu istasyonun faaliyetleri, 1976 yılında durdurulmuş ve istasyon, Seydişehir'e götürülüp orada kurulmuştur. 1976 yılında tesis edilen Seydişehir İstasyonu, 1981 yılına kadar çalıştırılmış, ayrılan istasyon memurunun yerine istenen yeni kadro temin edilemediğinden, istasyonun faaliyetleri 1981'de sona ermiştir. 1981 yılında faaliyeti son bulan bir başka istasyon da, 1966 yılında, Atatürk Üniversitesi'nde kurulmuş olan Erzurum İstasyonu'dur. İTÜ Sismoloji Enstitüsü, biri Temmuz 1976'da Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde, diğeri de Ekim 1979'da Zonguldak Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi'nde olmak üzere Trabzon ve Zonguldak istasyonlarını kurmuşsa da, bu istasyonların faaliyetleri, Haziran 1981 tarihinde sona erdirilmiştir.

Son yıllarda teknolojik gelişime paralel olarak sismograflarda görülen gelişmeler nedeniyle, Sismoloji Enstitüsü'nün istasyonlarındaki Grenet (SPV) tipindeki aletler, 1980 yılında A.B.D.'den satın alınan Geotech (SPV) sismograflarıyla değiştirilmiştir.

Sismoloji Enstitüsü'nün adı 1966 yılında "Arz Fiziği Enstitüsü" olarak değiştirilmiş ve aynı üniversitenin Maden Fakültesi'ne bağlanmıştır. Daha sonra "Yer Fiziği Enstitüsü" adını alan enstitü, 1982 yılında da "Yer Bilimleri ve Yeraltı Kaynakları UY-GAR Merkezi (YBYK-UYGAR)" haline dönüştürülmüştür. İTÜ YBYK-UYGAR Merkezi'nin halen çalışır durumda 4 istasyonu bulunmaktadır. İstanbul, Çine, Kastamonu ve Raman adlarındaki bu istasyonlarla ilgili bazı bilgiler Çizelge 10'da verilmektedir.

İTÜ YBYK-UYGAR Merkezi, Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak iki nükleer güç santrali yerlerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen projelerde yer aldığı gibi yurtdışındaki USCGS, ISC ve MIT gibi uluslararası merkezlerle de ilişki halindedir.

İTÜ YBYK-UYGAR Merkezi, bugüne kadar, Depremleri Önceden Belirleme konusunda, bazı ulusal ve uluslararası projelerde de yer almıştır. Bu araştırma merkezinin Sismoloji'ye en önemli katkılarından biri de, ülkemiz depremleriyle ilgili katalogların hazırlanıp yayınlanması konusunda olmuştur. Bunlar;

1: Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z. (1967), 2: Ergin, K., Güçlü, U., Aksay, G. (1971), 3: Güçlü, U., Altınbaş, G., Eyidoğan, H. (1986) katalogları olup M.S. 11 ile 1975 yılları arasındaki (11-1964, 1965-1970, 1971-1975) depremler hakkında bilgileri kapsamaktadır.

Deprem Araştırma Enstitüsü

Bu enstitünün görevleriyle, günümüze kadar, deprem konusunda yapmış olduğu hizmetleri sunmadan önce, kuruluşuna kadar inip ne tür değişimler geçirdiğini sergilemede büyük yarar vardır. Çünkü, bu kuruluşun bugüne kadar geçirdiği değişiklikler, aynı zamanda, devletin deprem sorununa bakışını yansıtmaktadır.

Doğal afetlerin etkilediği yurttaşlara yapılan parasal ve teknik yardımları düzenlemek üzere, ilk olarak 1953 yılında, Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği'ne bağlı bir "Deprem Bürosu" kurulmuştur. Daha sonra bu büro, DE-SE-YA (Deprem-Seylak-Yangın) Müdürlüğü olarak örgütlenmiştir. 1958 yılında İmar ve İskân Bakanlığı kurulunca, afet hizmetleri, dolayısıyla DE-SE-YA da yeni kurulan bakanlığa bağlanmıştır. Bu durum 1959 yılına, Afetler Kanunu'nun çıkarılmasına kadar sürmüştür. Adı geçen kanunun yürürlüğe girişinden sonra DE-SE-YA kaldırılarak aynı hizmetler, İmar ve İskân Bakanlığı'na bağlı olan Toprak ve İskân Genel Müdürlüğü ile T. Emlâk Kredi Bankası Genel Müdürlüğü'ne bırakılmıştır. 1960 yılında, İmar ve İskân Bakanlığı'na bağlı Mesken Genel

Çizelge 9. B.Ü. Kandilli Rasathanesi Deprem Kayıt İstasyonları.
Table 9. Seismograph Stations of the B.U. Kandilli Observatory.

İSTASYON ADI VE KODU STATION NAME & CODE	TESİS Tarihi Operat. since	KOORDİNATLARI COORDINATES		Yüksek lik ELEVAT. (m)	ALET TİPİ TYPE OF INSTRUMENTS	TEMEL KAYA LİTOLOJİSİ LITHOLOGY OF BASEMENT
		ENLEM N° LATITUDE	BOYLAM E° LONGITUDE			
İSTANBUL ISK	1963	41.0656	29.0592	131	BENIOFF SPV	Kalkerli Şist
	1967	"	"	"	SPRENGNETHCER LPV	"
	"	"	"	"	" LP NS	"
	"	"	"	"	" LP EW	"
	1970	"	"	"	GEOTECH SPV	"
DEMİRKÖY DMK	1970	41.8214	27.7573	315	GEOTECH SPV	GRANİT
EZİNE EZN	"	39.8258	26.3253	48	GEOTECH SPV	Serpantin breşi
GÖLPAZARI GPA	"	40.2889	30.3094	560	GEOTECH SPV	KİREÇTAŞI
DURSUNBEY DST	"	39.6055	28.6280	625	GEOTECH SPV	"
EDİNCİK EDC	1972	40.3468	27.8634	269	GEOTECH SPV	GRANİT
İZMİR IZM	1973	38.3978	27.2625	631	GEOTECH SPV	KİREÇTAŞI
BUCAK BCK	"	37.4608	30.5890	859	GEOTECH SPV	"
ALTINTAŞ ALT	"	39.0552	30.1103	1060	GEOTECH SPV	"
ELMALI ELL	"	36.7483	29.9085	1230	GEOTECH SPV	"
YERKESİK YER	1974	37.1347	28.2828	729	GEOTECH SPV	"
KAVAK KVT	1976	41.0806	36.0464	649	GEOTECH SPV	"
KD.EREĞLİSİ KDE	1982	41.2889	31.4250	289	GEOTECH SPV	
KIBRIS LFK	1986	35.2792	33.5325	690	WILLMORE SPV	
TELEMETRİK İSTASYONLAR (MARNET)						
ÇATALCA CTT	1978	41.1473	28.4297	324	WILLMORE SPV	KUMTAŞI
MÜREFTE MFT	"	40.7867	27.2812	924	WILLMORE SPV	"
HEREKE HRT	1980	40.8217	29.6680	645	WILLMORE SPV	Kalkerli Şist
YALOVA YLV	1982	40.5667	29.3728	829	WILLMORE SPV	KUMTAŞI
BANDIRMA BNT	1983	40.3560	27.9200	353	WILLMORE SPV	Kalkerli Şist
KARACABEY KCT	"	40.2655	28.3566	451	WILLMORE SPV	KUMTAŞI
TOKMAK TTK	"	39.7650	28.0450	429	WILLMORE SPV	"
KARABİGA KGT	1984	40.4516	27.3033	185	WILLMORE SPV	Kalkerli Şist

Çizelge 10. İstanbul Teknik Üniversitesi Deprem Kayıt İstasyonları.
Table 10. Seismograph Stations of the Istanbul Technical University.

İSTASYON ADI VE KODU STATION NAME & CODE	TESİS TARİHİ OPERATED SINCE	KOORDİNATLARI COORDINATES ENLEM LATT. BOYLAM LONG.	YÜKSEKLİK ELEVATION (m)	ALET TİPİ TYPE OF INSTRUMENT	TEMEL KAYA LİTOLOJİSİ LITHOLOGY OF BASEMENT
İSTANBUL (WWSSN) IST	1962	41.0455 N 28.9958 E	50	Benioff SP (Z, N-S, E-W) Sprengnether (Z, N-S, E-W)	Grovak GREYWACKE
ÇİNE CIN	1955	37.6000 N 28.0866 E	120	GEOTECH SPV	Mikaşist ve Gnays MICASHIST, GNEISE
KASTAMONU KAS	1958	41.3716 N 33.7666 E	850	GEOTECH SPV	Kireçtaşlı Eosen flişi EOCENE FLYCH with LIMESTONE
RAMAN RAM	1964	37.7658 N 41.2925 E	850	GEOTECH SPV	Kireçtaşı LIMESTONE

Müdürlüğü'nün, afet hizmetlerini de yürütecek şekilde örgütlenmesi üzerine, bu işlerin "Mesken Genel Müdürlüğü"nce yürütülmesine karar verilmiştir. Bu nedenle, 1962 yılında bir "Afet Etüd Fen Kurulu Müdürlüğü" ile, bazı illerde bu müdürlüğün temsilcisi niteliğinde, Bölge Mühendislikleri oluşturulmuştur (Ataman 1977).

Afetler ile ilgili hizmetlerin, Mesken Genel Müdürlüğü'nün iş hacminin büyük bir bölümünü kapsamaları üzerine, 2.1.1964 tarihinde, afet hizmetleri bu genel müdürlükten alınarak, doğrudan bakanlığa bağlı, "Afet İşleri Reisliği" adı altında yeni bir örgüt kurulmuştur. Bu örgütün adı, 1965'te "Afet İşleri Genel Müdürlüğü"ne, Bölge Mühendisleri de 1966'da "İl İmar Müdürlükleri"ne dönüştürülmüştür.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü çatısı altında, yalnız deprem ile ilgilenecek ve ayrı bir statüde hizmet verecek olan "Deprem Araştırma Enstitüsü"nin kurulması, 1969 yılına rastlar. Ancak, çok kısa süre bu adla hizmet gören enstitü, 28.10.1970 tarihinde doğrudan bakanlığa bağlı "Afetler Araştırma Enstitüsü Genel Direktörlüğü" haline getirilmiştir. Bu kurul daha sonra, bazı kanuni nedenler dolayısıyla, görev alanı tekrar daraltılarak 8.7.1971 tarihinde, yine doğrudan bakanlık makamına bağlı olan "Deprem Araştırma Enstitüsü" şeklini almıştır (Gençoğlu 1977).

Deprem Araştırma Enstitüsü, görevlerini 8-10 yıl bu ad altında sürdürmüştür. Ancak, 1980'li yılların başlarında yeniden başlayan ad ve şekil değiştirme işlemleri sonucunda önce "Deprem Araştırma Dairesi", sonra da, Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğü'nün bünyesine dahil

edilerek "Yapı Malzemesi ve Deprem Araştırma Genel Müdürlüğü" şeklini almıştır. Halen görevlerini, "Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü" içinde bir alt-kuruluş olarak sürdürmektedir. Bütün bu değişikliklere rağmen, meslek camiası içinde hâlâ "Deprem Araştırma Enstitüsü" olarak anılan bu kuruluşumuzun aşağıda özetlenen görevleri, hem jeofizik hem de inşaat mühendisliği alanındaki çalışmaları kapsamaktadır (Gençoğlu 1977). Bu görevler şunlardır:

1. Geçmişte olmuş depremlerin etki ve sonuçlarını incelemek,
2. Bu incelemelerden elde edilen bilgilerle Türkiye'nin "Deprem Bölgeleri Haritası"nı hazırlamak ve geliştirmek,
3. Yıkıcı depremler oluştuğunda, deprem bölgesinde gerekli sismolojik çalışmaları yapmak,
4. Yerleşme ve Endüstri Alanları için, gerektiğinde, Mikro-zon Haritaları yapmak,
5. Türkiye'de oluşacak depremlerin aletsel olarak kaydedilme olanaklarının geliştirilmesine katkıda bulunmak,
6. Depreme dayanıklı yapı tipleri konusunda araştırma ve uygulama yapmak,
7. Yapı malzemesi konusunda yapılan araştırmalara yardımcı olmak,
8. Deprem ve Depreme Dayanıklı Yapı konularında halk ve ilgililer için eğitim ve tanıtım faaliyetlerinde bulunmak,

Deprem Araştırma Enstitüsü'nün, bugüne kadar gerçekleştirdiği işler arasında en önemlileri ise aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. 23.12.1972 gün ve 7/5551 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe konulan "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası"nın üçüncüsünü yayınlamak.
2. 9.6.1975 gün ve 15260 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Afet Bölgeleri'nde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik"i hazırlamak.
3. 1973 Nisan'ından bugüne kadar hiçbir kesiklik olmadan "Deprem Araştırma Bülteni" adı altında bir bülten çıkararak, deprem konusunda yapılan araştırmaların sergilendiği bir yayını sürdürmek.
4. Bölgesel seminerler düzenlemek.
5. Depreme dayanıklı yapı yapma konusunda bir "Halk Eğitim Projesi" hazırlayarak uygulamaya sokmak.
6. Bir "Yurt Çapında Akselerograf Şebekesi Kurma Projesi" hazırlayarak uygulamaya koymak.
7. Bazı bölgelerde Mikro-zon çalışmalarını gerçekleştirmek.
8. Depremleri Önceden Belirleme konusunda, Türkiye'deki diğer kurum ve kuruluşlar arasında yapılan bir çalışmada bir süre maddi destek de sağlayarak koordinatörlük yapmış olmak.
9. Yurdumuzda yapılan bazı Uluslararası Seminer ve Sempozyumların düzenlenmesini üstlenmek.

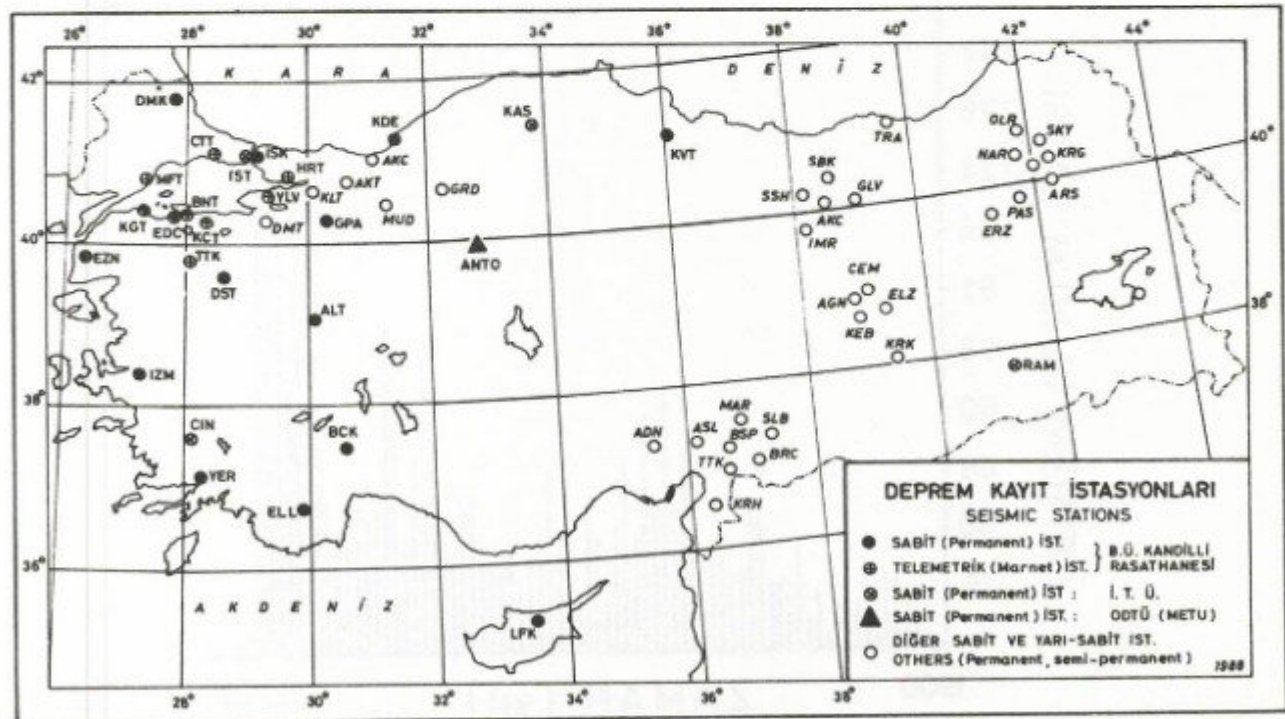
Deprem Araştırma Enstitüsü bu katkılarına rağmen, Türkiye'de deprem çalışmaları için gerekli temel verileri sağlayacak bir "Ulusal Deprem Kayıt Ağı" ve bu verilerin

araştırmacılara dağıtımını sağlayacak bir "Ulusal Deprem Veri Merkezi" kurulması gibi iki önemli görevi yerine getirememiştir ve bunlar bu kurumun asli görevleri arasında yer almaktadır. Enstitü'nün, deprem araştırmalarını destekleme konusundaki çalışmaları ise sınırlı kalmıştır.

TÜRKİYE'DE SİSMİK KAYIT AĞLARI

Türkiye'de, ulusal düzeyde örgütlenmiş bir Sismograf Ağı bulunmamaktadır. Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi çeşitli üniversite ve kurumların sorumluluğunda çalışan sismograf istasyonları vardır. Böyle istasyonlardan oluşan bağımsız sismik ağların ortak özelliği, Türkiye'nin tamamını kapsayamamalarıdır (Şekil 4). Fonksiyonları açısından bu istasyonlar "sabit" ve "geçici" istasyonlar olmak üzere ikiye ayrılabilirler. Sabit istasyonlar, sürekli kayıt yaparak bunların verileriyle muntazam bültenler yayınlanabilmektedir. Geçici ya da yarı sabit istasyonlar ise nükleer güç santrallerinin veya yerleşim alanlarının mikro-deprem etkinliğinin incelenmesi gibi özel amaçlar için ve kısa sürelerde işletilen istasyonlardır. Türkiye'nin deprem etkinliğinin incelenmesinde gereken sismolojik veriler, sabit istasyonların kayıtlarından sağlanmaktadır.

Türkiye'deki sismograf istasyonlarının coğrafi dağılımı Şekil 4'deki haritada gösterilmiştir. Bu haritadan da anlaşılacağı gibi, istasyonların dağılımı, kuzeybatı Anadolu'da yoğunlaşmaktadır. Doğu Anadolu'daki istasyonların çoğunluğu, 1976 Çaldıran ve 1983 Horasan-Pasinler depremlerinden sonra kurulan yarı-sabit istasyonlardır. Ülke genelinde sismograf istasyonlarının dağılımı



Şekil 4. Türkiye'de Deprem Kayıt İstasyonları.
Fig. 4. Seismograph Stations in Turkey.

düzensiz ve sayıları yetersiz olup, çoğunluğunda yalnızca düşey bileşen sismografları çalıştırılmaktadır. Türkiye'de Dünya Standart Sismograf Ağı (WWSSN)'na bağlı olarak çalıştırılan ve bu ağı standartlarına uygun aletlerle teçhiz edilmiş sadece iki istasyon bulunmaktadır. Bunlardan IST, İstanbul Teknik Üniversitesi, ANTO ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından işletilmekte olup her ikisi de USGS (United States Geological Survey) tarafından kurulmuştur. Bunlardan ANTO, Türkiye'de sayısal kayıt yapan tek sabit sismograf istasyonudur (Vanmarke ve Tokgöz 1986).

Türkiye'de, "kuvvetli hareket sismografı" diye adlandırılan ve yer hareketinin ivmesine duyarlı aletlerin yerleştirilmesine 1973 yılında, Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından başlanmıştır. Bu çalışmaların amacı, büyük depremlerdeki yer hareketini kayıt etmektir. Bu amaçla geliştirilen kayıt ağı, 65 adet SMA-1 (Kinemetrics) aleti ile 37 adet Willmot tipi sismoskoptan oluşmasına rağmen, bugüne kadar çok az sayıda depremin ivme kaydı sağlanabilmiştir.

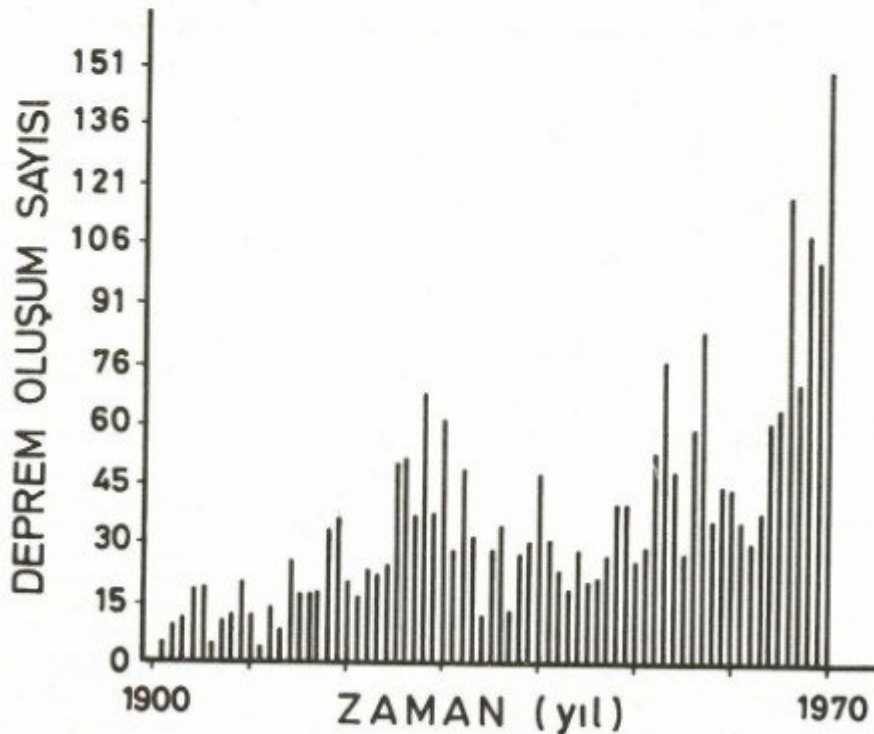
Türkiye'de, güvenilir modern sismolojik veriler, 1960'lı yıllarda Dünya Standart Sismograf Ağı (WWSSN)'nin kurulmasından sonra oluşmaya başlamıştır. Son 20-25 yıl için İstanbul Teknik Üniversitesi ve Kandilli Rasathanesi'nin ayırtıcılığı (resolution) pek fazla olmayan analog kayıtları vardır.

Aktif bölgelerin belirlenmesi ve depremlerin etkinlik özelliklerinin incelenmesinde, tarihsel depremler için Pınar ve Lahn (1952), Ergin ve diğ. (1967) ile Soysal ve diğ. (1981) katalogları kullanılmaktadır. Aletsel dönemin verileri için de Ergin ve diğ. (1967, 1971), Alsan ve diğ.

(1975), Güçlü ve diğ. (1986) kataloglarına başvurulmaktadır. Ayrıca, 1968-1983 yılları arasının depremleri için U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)'nın veri kütüklerinden yararlanılmaktadır. Bu katalog ve kütüklerin çoğunluğu, magnitudü 4.5 ve daha büyük olan depremleri içermektedir. Daha küçük magnitudü depremler için veriler, sadece bazı bölgeler için mevcuttur.

Türkiye'de yeterli sayıda sismograf istasyonunun bulunmaması, mevcut olanların da ülke düzeyinde dengesiz dağılımı bilimsel çalışmaları güçleştirmekte ve hatalı yorumlara yol açabilmektedir. Dış merkezlerin belirlenmesindeki hatalar, Doğu Anadolu'da 50 km civarında olup, istasyonların yoğun olduğu Batı Anadolu'da ancak 10 km'ye kadar inebilmektedir. İstasyonların dağılımındaki düzensizlik, Batı Anadolu'da sismik aktivitenin, Doğu Anadolu'ya göre daha büyük olduğu izlenimini vermektedir. Oysa durum böyle değildir (Vanmarke ve Toksöz 1986). Şekil 5'de, Türkiye'de 1900-1970 yılları arasında oluşan depremlerin zaman dağılımı görülmektedir. Bu dağılım, Türkiye'de sismik etkinliğin 1960'dan sonra artmakta olduğunu telkin etmektedir. Ancak, durum incelendiğinde kolayca görülür ki, bu artış küçük magnitudü depremlerin son zamanlarda kaydedilebilir olmasından ileri gelmektedir. Böyle bir durum, sismograf istasyonlarının giderek, sayı ve duyarlıklarının artışıyla kaynaklanmaktadır (Alptekin 1978; Sipahioğlu 1984; Canitez 1985).

Türkiye'de depremlerle ilgili çalışmalar yapanların karşılaştığı en önemli problem, veri sağlamaktır. Bugün, deprem araştırmalarına yönelik, düzenli veri toplayan, bu



Şekil 5. Türkiye'de 1900-1970 Yılları Arasında Oluşmuş Depremlerin Zaman Dağılımları (Canitez, 1985).

Fig. 5. Time Distribution of the Earthquakes Occurred During the Period of 1900-1970 (After Canitez, 1985).

verileri araştırmacıların kullanabileceği biçimde düzenleyerek arşivleyen ve istek halinde araştırmacıya sunan bir kurum yoktur. Deprem problemimizin çözümüne katkıda bulunacak araştırmalar için çok büyük bir eksiklik olan bu konuda, TÜBİTAK Gebze Temel Bilimler Araştırma Enstitüsü Yerbilimleri Bölümü'nde başlayan çalışmalar sonuçlanmak üzeredir.

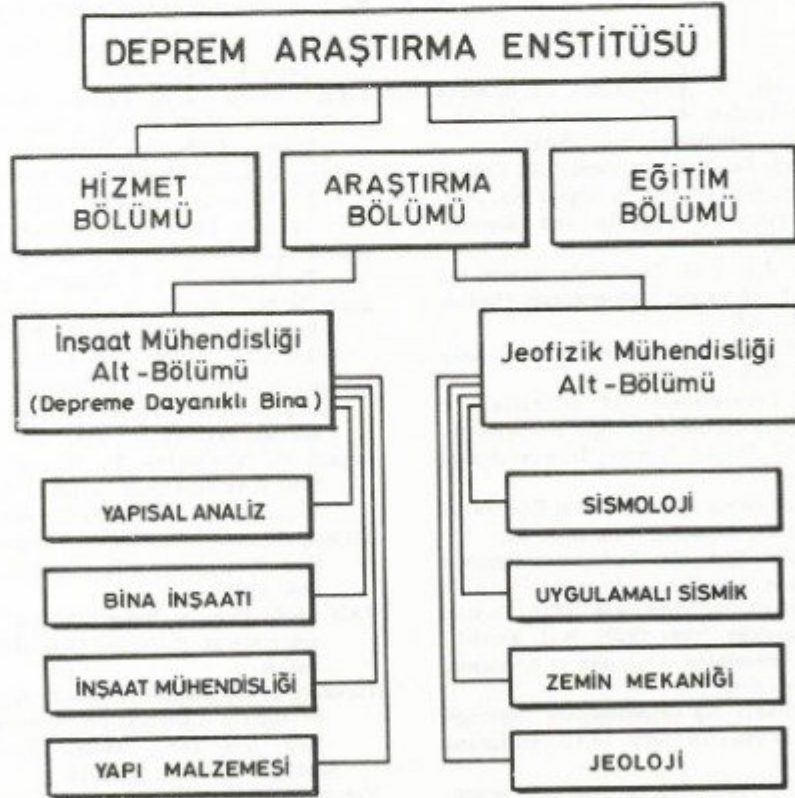
SONUÇLAR

Buraya kadar anlatılanlar Türkiye'de, depremlerden korunma ve zararlarını en aza indirme konularında, bugüne kadar alınan tedbirlerin istenilen gelişmeleri sağlayamadığını ve ilgili kurum ve kuruluşların ileri gitmiş ülkelerdeki benzerlerinin düzeyine çıkamadığını göstermektedir. Bu konudaki organizasyon eksikliği ise, son zamanlarda iyice hissedilir duruma gelmiştir.

Depremlerin gelişmekte olan ülkelerde halk sağlığı, ekonomi, eğitim gibi sosyo-ekonomik konulardaki tahribatı, yapılarada görülen ve "hasar" diye nitelendirilen tahribatından çok daha önemli ve kapsamlıdır. Bu nedenle, devletin, deprem zararlarını azaltmak için alacağı tedbirler, yalnızca evleri yıkılanları yeniden ev sahibi yapmak şeklinde anlaşılmamalıdır. Devletin bu konudaki imkân ve çabaları, yalnızca oluşan yıkıcı bir depremden sonra değil, oluşacak bir depremden önce de ve daha etkin bir biçimde görülecek şekilde düzenlenmelidir.

Türkiye'de deprem çalışmalarından başarılı sonuçlar alınması için, kendine ait kuruluş ve görev yasası bulunan, çalışmalarında yalnızca inşaat mühendisliği konularına değil, jeolojik, jeofizik ve özellikle sismolojik çalışmalara da ağırlık veren, araştırmalarını ülkenin gerçek ihtiyaçları doğrultusunda yönlendirmiş, yalnız kendi bünyesi içindeki değil, dışındaki araştırmaları da destekleyebilecek mali kaynaklarla donatılmış, TÜBİTAK gibi bilimsel çalışmalar yapan kuruluşların bağlı olduğu bir Devlet Bakanlığı'na doğrudan bağlı olan bir Deprem Araştırma Enstitüsü'ne gerek vardır. Böyle bir enstitüye ulaşabilmede öncülüğün Jeofizik Mühendisleri tarafından yapılması büyük bir anlam taşıyacağı gibi, böyle bir girişim, yerbilimcilerin konuya duydukları duyarlılığı da gösterecektir. Böyle bir enstitünün kuruluş ve işleyişi ile, Türkiye'de yapılması gereken Deprem Araştırmalarının türleri, öncelik sıraları ve gerçekleştirme aşamaları hakkında değişik görüşler bulunabilir. 1968 yılında bir UNESCO danışmanı olarak Türkiye'de 4 ay çalışan Japon araştırmacı Yoshio SAKAI'nin, bu konudaki görüş ve önerileri (Sakai 1980) oldukça yol göstericidir. Şekil 6'da, adı geçen araştırmacının bir Deprem Araştırma Enstitüsü için önerdiği kuruluş şeması verilmektedir.

Gerekli kuruluş ve görev yasaları çıkarılarak yeniden organizasyonu önerilen Deprem Araştırma Enstitüsü Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'na değil de, TÜBİTAK gibi diğer bilimsel kuruluşlarımızın da bağlı bulunduğu Devlet Bakanlığı'na doğrudan bağlanmalıdır. Bu önerimizin nedenlerinin en başta geleni ise, Bayındırlık Ba-



Şekil 6. Deprem Araştırma Enstitüsü Teşkilât Şeması (Sakai, 1980'den yararlanılarak çizilmiştir).
Fig. 6. Organization Scheme for an Earthquake Research Institute (Drawn on the basis of Sakai, 1980).

kanlığı ile İmar ve İskân Bakanlığı'nın son zamanlarda birleştirilmelerinden sonra, bu bakanlığın görevlerinin son derecede çeşitlilik kazanması, deprem konusunun ise bunların arasında adeta kaybolmuş gibi gözükmesidir.

Görüşümüze göre, Deprem Araştırma Enstitüsü'nün kuruluş ve işleyişinde yerbilimleri, inşaat mühendisliği ile aynı ağırlıkta olmalıdır. Enstitünün, öncelikle ele alması ve çözüm getirmesi beklenen konular da, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Türkiye'nin tüm deprem bölgeleriyle, komşu ülkelerdeki aktif deprem bölgelerini de kontrol edebilen, analog ve sayısal olarak kayıt yapan standart aletlerle donatılmış bir Ulusal Sismograf Ağı'nın kurulması ve Kuvvetli Yer Hareketi Sismograf Ağı'nın bununla bütünleştirilmesi.
2. Yukarıda tanımlanan Ulusal Sismograf Ağı'ndan sağlanacak verileri uygun biçimlerde arşivleyen, dağıtımını yapan, tüm araştırmacıların kolayca ulaşabileceği bir "Ulusal Sismoloji Veri Merkezi"nin kurulması ve kurumlar arasında bilgi iletişiminin sağlanması.
3. Enstitü dışındaki deprem araştırmalarını da destekleyecek bir "Deprem Araştırma Fonu" oluşturulması.
4. Depremlerle ilgili çalışmalar yapan üniversiteler, TÜBİTAK, MTA Genel Müdürlüğü, DSİ ve diğer kurumların bugün sahip oldukları alet birikiminin ve sismolojik verilerin, "Ulusal Sismograf Ağı" ve "Ulusal Sismoloji Merkezi" ile bütünleşmesinin sağlanması.

KAYNAKLAR

- Alptekin, Ö. 1978, Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Magnitüd-Frekans Bağlantıları ve Deformasyon Boşalımı, Karadeniz Teknik Univ., Yerbilimleri Fak., Trabzon.
- Alsan, E., Tezuçan, L., Bath, M. 1975, An Earthquake Catalog for Turkey for the Interval 1913-1970, Report No. 7-75, Seismological Institute of Uppsala and Kandilli Observatory of Istanbul.
- Ambraseys, N.N., Jackson, J.A. 1981, Earthquake Hazard and Vulnerability in the Northeastern Mediterranean, Disaster Vol. 5, No. 4, pp. 355-368.
- Anadol, K., Anıoğlu, E. 1977, Tarihi Anıtların Depreme Karşı Korunması, Mimarlık 77/4, s. 38-39.
- Anonim 1979, Disaster Prevention and Mitigation. A Compendium of Current Knowledge Vol. 7: Economic Aspect, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, New York.
- Ataman, O. 1977, Devletin Doğal Afetlere İlişkin Politika ve Uygulamalarının Eleştirisi, Mimarlık 77/4, s. 33-35.
- Ataman, O., Tabban, A. 1977, Türkiye'de Yerleşme Alanlarının Doğal Afetlerle İlişkileri, Mimarlık 77/4, s. 25-27.
- Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N., Üçer, S.B. 1987, Türkiye Dolayları Deprem Kataloğu (1881-1980), B.Ü. Kandilli Rasathanesi Gök ve Yerbilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Çengelköy-İstanbul.
- Canitez, N. 1985, Ulusal Sismik Ağ Organizasyonu Hakkında Çalışma Grubu Raporu, TÜBİTAK Gebze TBAE Yerbilimleri Bölümü, Gebze-İstanbul.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z. 1967, Türkiye Civarının Deprem Kataloğu M.S. 11-1964, İ.T.Ü. Maden Fak., Arz Fiziği Ens. Yayınları, No. 24.
- Ergin, K., Güçlü, U., Aksay, G. 1971, Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu 1965-1970, İ.T.Ü. Maden Fak., Arz Fiziği Ens. yayınları, No. 28.
- Gençoğlu, S. 1977, Deprem Araştırma Enstitüsü, Mimarlık 77/4, s. 49-52.
- Gençoğlu, S., Tabban, A., Bayülke, N., Köylüoğlu, M., Bozer, Z., Gürel, O., Gürpınar, A., Çelebi, M., Gülkan, P. 1977, 24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi Raporu, İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Ens. Başkanlığı, Ankara.
- Güçlü, U., Altunbaş, G., Eyidoğan, H. 1986, Türkiye ve Çevresi Deprem Kataloğu 1971-1975, İ.T.Ü. Yerbilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi Sismoloji ve Sismotektonik Alt Birimi, Yayın No. 30.
- Gürpınar, A. 1978, Türkiye'de Deprem Zararlarının Azaltılabilmesi İçin Alınması Gereken Önlemler Hakkında Rapor, Deprem Mühendisliği Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Ohta, Y. 1980, General Description About the Çaldıran Earthquake, Engineering Seismological Studies on the 24 Nov. 1976 Çaldıran Earthquake in Turkey (Ohta, Y.: Editor), Dept. of Architectural Eng., Fac. of Eng. Hokkaido Univ., Sapporo-Japan, pp. 5-16.
- Ohta, Y., Sakai, Y., Goto, N. 1980, Summary and Concluding Remarks, Engineering Seismological Studies on the 24 Nov. 1976 Çaldıran Earthquake in Turkey (Ohta, Y.: Editor), Dept. of Architectural Eng., Fac. of Eng. Hokkaido Univ., Sapporo-Japan, pp. 119-121.
- Ohta, Y., Ohashi, H., Tabban, A. 1983, Macro Statistical Analysis on Earthquake Damage in Turkey, A Comprehensive Study on Earthquake Disasters in Turkey in View of Seismic Risk reduction (Ohta, Y.: Editor), Dept. of Architectural Eng., Fac. of Eng., Hokkaido Univ., Sapporo-Japan, pp. 5-21.
- Pehlivanlı, S., Ataman, O. 1977, Türkiye'de Afet Konutuna İlişkin Sorunlar, Mimarlık 77/4, s. 28-32.
- Pinar, N., Lahn, E. 1952, Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınları, Seri 6, Sayı 36.
- Sakai, Y. 1980, On Mitigation of Earthquake Disaster Learned from the Field Survey in the Damaged Area due to the Çaldıran Earthquake, Engineering Seismological Studies on the 24 Nov. 1976 Çaldıran Earthquake in Turkey (Ohta, Y.: Editor), Dept. of Architectural Eng., Fac. of Eng., Hokkaido Univ., Sapporo-Japan, pp. 49-88.
- Sey, Y. 1980, Afet Sonrası Barınma Sorunu ve Türkiye, (Prof. Takdim Tezi), İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Shebalin, N.V., Karnik, V., Hadzievski, D. 1974, Catalogue of Earthquakes, Part I, Part II, UNDP/UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region, Skopje.
- Sipahioğlu, S. 1984, Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Çevresinin Deprem Etkinliğinin İncelenmesi, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 45, s. 5-139.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y. 1981, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TÜBİTAK Yayınları No. 563, TBAG Seri No. 34, Ankara.
- Tabban, A. 1973, Yeni Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nın Getirdikleri, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, Sayı 2, s. 146-162.
- TAU 1986, Deprem, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, Yayın No. 3, Ankara.
- Türkelli, 1976, Sismik Aletlerin, Gözlemlerinin Gelişmesi ve Türkiye Sismograf Ağı Konularında Bir İnceleme, (Y. Müh. Dip. Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeofizik Enstitüsü, İstanbul.
- Vanmarke, E.H., Toksöz, M.N. (Editors) 1986, Joint Report on the US-Turkey Workshop on Earthquake Engineering and Seismological Networks, 3-6 Sep. 1985, İstanbul, Princeton Univ. Civil Eng. Dept., Tech. Rept 86-SM-1.

Ek 1. TÜRKİYE'DEKİ BÜYÜK DEPREMLERİN SONUÇLARI (1900-1963)

NO.	TARİH	YER	ŞİDDET	MAGNİTÜD	ÖLÜ SAYISI	YIKIK VE AĞIR HASARLI YAPI
1-	28.4.1903	Malazgirt	IX	6.7	6.000	450
2-	7.8.1925	Afyon-Dinar	IX	5.9	3	2.043
3-	22.10.1926	Kars	VIII	5.7	355	-
4-	31.3.1928	İzmir-Torbalı	IX	7.0	50	2.000
5-	18.5.1929	Sivas-Suşehri	VIII	6.1	64	1.357
6-	6.5.1930	Hakkari Hududu	X	7.2	2.514	-
7-	19.7.1933	Denizli-Çivril	VIII	5.7	20	200
8-	4.1.1935	Erdek	IX	6.7	5	600
9-	19.4.1938	Kırşehir	IX	6.6	149	3.860
10-	22.9.1939	İzmir-Dikili	IX	7.1	60	1.235
11-	26.12.1939	Erzincan	X-XI	7.9	32.962	116.720
12-	20.2.1940	Kayseri-Develi	VIII	6.7	37	530
13-	10.9.1941	Van-Erciş	VIII	5.9	194	600
14-	15.11.1942	Bigadiç-Sındırgı	VIII	6.1	7	1.262
15-	20.12.1942	Niksar-Erbaa	IX	7.0	3.000	32.000
16-	20.6.1943	Adapazarı-Hendek	IX	6.6	336	2.240
17-	26.11.1943	Tosya-Ladik	IX-X	7.2	2.224	25.000
18-	1.2.1944	Bolu-Gerede	IX-X	7.2	3.959	20.865
19-	25.6.1944	Gediz-Uşak	VIII	6.2	21	3.476
20-	6.10.1944	Ayvalık-Edremit	IX	7.0	27	1.158
21-	20.3.1945	Adana-Ceyhan	VIII	6.0	10	650
22-	21.2.1946	Kadınhan-İlgın	VIII	5.6	2	509
23-	31.5.1946	Varto-Hınıs	VIII	5.7	839	1.986
24-	23.7.1949	Karaburnu-İzmir	IX	7.0	2	865
25-	17.8.1949	Karlıova	IX	7.0	450	3.000
26-	13.8.1951	Kurşunlu	IX	6.9	52	3.354
27-	3.1.1952	Hasankale	VIII	5.8	133	701
28-	18.3.1953	Yenice-Gönen	IX	7.4	265	1.750
29-	7.9.1953	Kurşunlu	VIII	6.4	2	230
30-	16.7.1955	Söke-Aydın	IX	7.0	23	470
31-	20.2.1956	Eskişehir	VIII	6.4	1	1.440
32-	25.4.1957	Fethiye	IX	7.1	67	3.200
33-	26.5.1957	Bolu-Abant	IX	7.1	52	4.200
34-	25.4.1959	Köyceğiz	VIII	5.7	-	775
35-	18.9.1963	Çınarcık	VIII	6.3	1	230
36-	14.6.1964	Malatya	VIII	6.0	6	678
37-	6.10.1964	Manyas	IX	7.0	23	5.398
38-	13.6.1965	Denizli-Honaz	VIII	5.7	14	488
39-	7.3.1966	Varto	VIII	5.6	14	1.100
40-	19.8.1966	Varto	IX	6.9	2.394	20.007
41-	22.7.1967	Adapazarı	IX	7.2	89	5.569
42-	26.7.1967	Pülümür	VIII	6.2	97	1.282
43-	3.9.1968	Amasra-Bartın	VIII	6.5	29	2.072
44-	26.3.1969	Alaşehir	VIII	6.9	41	3.702
45-	28.3.1970	Gediz	IX	7.3	1.086	9.452
46-	12.5.1971	Burdur	VIII	6.2	57	1.542
47-	22.5.1971	Bingöl	VIII	6.9	878	5.617
48-	6.9.1975	Lice	VIII	6.9	2.385	8.149
49-	24.11.1976	Çaldıran-Muradiye	IX	7.2	3.840	9.332
50-	26.3.1977	Palu	VI	5.2	8	209
51-	5.7.1983	Biga	VII	4.9	3	85
52-	30.10.1983	Erzurum-Kars	VIII	6.8	1.155	3.241

Ek 2

1900 - 1985 YILLARI ARASINDA OLUŞMUŞ YIKICI DEPREMLERDEKİ CAN KAYIPLARI İLE YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA SAYILARI
 Loss of Life & Number of Houses Totally Destroyed and Unrepairable Damaged Caused by the Earthquakes Occurred within the Period of 1900 - 1985

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
1	09031902	Çankırı	?	6.2	?	3000	5
2	09041903 (5) 19041903 (1,4) 28041903 (6)	Malazgirt	IX(1,5,6)	7.0(5) 6.5(1) 6.7(6)	•6000(5,6) 1700(1)	•3500(1,4) 3200(2) 450(6)	1,2,4,5,6
3	10021909	Zara	VIII	5.8	?	1500	5
4	09081912	Şarköy-Müreffe	X(1,5)	7.3(5) 7.8(1)	•1958(5) 226(1) 216(4)	5320(5) 5500(2) •5540(1,4)	5,1,2,4
5	03101914	İsparta-Burdur	IX(1)	6.5(1) 7.0(4-metinde)	300(1,4) •2000(4-metinde)	6000(1,2,4)	1,2,4
6	13051924	Erzurum-Pasinler	VIII(1)	6.8(1) 5.0(K)	50(4)	900(1)	1,4,K
7	13051924	Çaykara (Trabzon)	IX	5.3(5,K)	50	700	5,K
8	13091924	Erzurum-Haçenkale(1) Pasinler (5)	VIII(1) VIII ⁺ (5)	6.9(1,5)	•310(5) 60(4)	300(1) •390(4)	1,4,5
9	08021925	Ardahan (Kars)	?	?	140	?	4
10	07081925	Afyon-Dinar	IX(1,6,3) VII(5)	5.9(1,3,5,6)	•330(3,1) 3(5,6)	•2500(1,2,3) 2043(5,6)	1,2,3,5,6
11	08021926	Milâs (Muğla)	VII	5.2(5) 5.4(K)	2	598	5,K

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
12	18031926 (5) 16031926 (1,4)	Denizli-Tavas(1,4) Finike (5)	VIII(1)	6.9(1,5)	27 ⁺ (5) •330(1)	190 ⁺ (5) •2500(1) 100(4)	1,4,5
13	22101926	Kars	VIII	5.7(6) 6.0(K)	355	?	6,K
14	31031928	Torbalı (İzmir)	IX(1,3,6) VIII(5)	7.0(1,3,6) 6.5(5)	•170(1,3) 50(4,5,6)	•2600(1,2) 2500(3,4) 2100(5) 2000(6)	1,2,3,4,5,6
15	15071928	Torbalı (İzmir)	VIII(1)	5.5(1)	4(4)	150(1)	1,4
16	18051929	Sivas-Sugehri	VIII(1,3,5,6)	6.1(1,3,5,6)	64(1,3,4,5,6)	1357(1,2,3,4,5,6)	1,2,3,4,5,6
17	06051930	Hakkâri (Türk-İran Sınırı)	X	7.2(6) 7.6(K)	•2514	?	6,K
18	10121930	Erzincan-Kemah	VIII	5.6(K)	?	100(1)	1,K
19	28011931 (1) 11011931 (4) 12011931 (K)	Akşehir-İlgin(1) Konya-Akşehir(4) 38.47 N-31.80 E(K)	VIII(1)	5.0(K)	?	•500(1) 60(4)	1,4,K
20	19071933	Çivril (Denizli)	VIII(1,3,5,6)	5.7(1,3,6) 5.5(5)	20(1,3,4,5,6)	200(1,2,3,5,6)	1,2,3,4,5,6

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
21	27091934	Dişarbakır	?	?	100	14	4 (Şüpheli)
22	15121934	Çepakçur	VII ⁺	4.9	12	200	5
23	04011935	Erdek-Marmara Ad.	IX(1,3,5,6)	6.7(1,3,6) 6.4(5)	5(1,3,4,6) •40(5)	600(1,3,4,6) 800(2) •1400(5)	1,2,3,4,5,6
24	01051935	Diğer(Kars)	VIII	6.2(5,K)	200	1300	5,K
25	19041938	Kırşehir	IX(1,3,5,6)	6.6(1,3,5,6)	155(1,3,5) •160(4) 149(6)	2500(1,3) 4000(2) 4066(4) •4427(5) 3960(6)	1,2,3,4,5,6
26	22091939	İzmir-Dikili- Bergama	IX(1,3,6) VIII ⁺ (5)	7.1(1,3,6) 6.6(5)	•150(1,3) 60(4,6) 68(5)	1500(1,2,3) 1235(4,6) •1712(5)	1,2,3,4,5,6
27	21111939	Tercan (Erzincan)	VII(1) VII ⁺ (5)	6.0(1) 5.9(5)	13(1) •43(4,5)	•600(1) 500(5)	1,4,5
28	26121939 27121939 (5)	Erzincan	XI(1) X-XI(3,6) X ⁺ (5)	7.9(1,3,5,6)	•40000(1,3) 32968(4) 32741(5) 32962(6)	•140000(1,3) 135000(2) 116720(4,6) 74800(5)	1,2,3,4,5,6
29	10011940	Niğde	VIII	5.0	58	586	5
30	20021940 21021940(5)	Develi (Kayseri)	VIII(1,3,6) VIII ⁺ (5)	6.7(1,3,6) 5.2(5)	•40(1,3) 37(4,5,6)	500(1,2,3) 530(4,6) •532(5)	1,2,3,4,5,6

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
31	13041940	Yozgat (5) Kayseri-Erciş (4)	VII ⁺ (5)	5.6(5)	20(5)	• 1250(5) 1000(4)	5,4
32	23051941	Muğla	VIII(5)	6.0(5)	2(5)	• 500(5) 200(4)	5,4
33	07061941	Muğla	?	?	3	1500	4 (Şüpheli)
34	10091941 11091941(5)	Van-Başkale-Erciş	VIII(1,3,6) VII ⁺ (5)	5.9(1,3,6) 5.8(5)	192(1,3,4) • 194(5,6)	600(1,2,3,4,5,6)	1,2,3,4,5,6
35	12111941	Erzincan	VIII ⁺ (5) VI(K)	5.9(5)	15(4,5)	?	4,5
36	13121941	Muğla	VIII	5.7(5) 6.5(K)	0	400	5,K
37	15111942	Bigadiç-Sındırgı	VIII(1,3,5,6)	6.1(1,3,5,6)	• 16(1,3,4) 7(5,6)	750(1,2,3) • 2187(4) 1262(5,6)	1,2,3,4,5,6
38	21111942	Osmancık (1,5) Çorum-İskilip (4)	VIII(1) VII ⁺ (5)	6.4(1) 5.5(5)	• 17(1) 2(4) 7(5)	• 500(1) 150(4)	1,4,5
39	02121942	Osmancık-Çorum	VIII(K)	5.4(K)	34(4)	361(4)	4,K
40	11121942	Çorum	VII ⁺ (5)	5.9(5)	25(5)	816(5)	5,K
41	20121942	Niksar-Erbaa	IX(1,3,6) IX ⁺ (5)	7.0(1,3,5,6)	3000(1,3,4,5,6)	32000(1,2,3,4,5,6)	1,2,3,4,5,6
42	20061943	Adapazarı-Hendek	IX(1,3,6) VIII ⁺ (5)	6.6(1,3,6) 6.5(5)	285(1,3,4) • 336(5,6)	1000(1,2,3,4) • 2240(5,6)	1,2,3,4,5,6

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AÇIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
43	26111943 27111943(5)	Tosya-Lâdik (1) Samsun-Lâdik (4) Lâdik (5)	X(1) IX-X(3,6) IX+(5)	7.2(1,3,6) 7.3(5)	• 5000(1,3) 4000(4) • 4016(5) 2824(6)	• 40000(1,2,3,4) 24000(5) 25000(6)	1,2,3,4,5,6
44	01021944	Gerede-Bolu	X(1) IX+(5) IX-X(3,6)	7.2(1,3,6) 7.3(5)	2831(1,3) 2552(4) • 3959(5,6)	• 50000(1,2,3) 17628(4) 20856(5,6)	1,2,3,4,5,6
45	10021944(5) 15021944(1)	Düzce	VII(1,5)	5.8(1)	?	430(1)	1,5
46	05041944	Mudurnu	VII(5)	5.6(5) 5.5(K)	?	?	5,K
47	25061944	Gediz-Uşak	VIII(1,3,5,6)	6.2(1,5,6)	20(1,3,4,5) • 21(6)	• 3500(1,2,3,4) 1100(5) 3476(6)	1,2,3,4,5,6
48	06101944	Ayvalık-Eđremit	IX(1,3,5,6)	7.0(1,3,6) 6.8(5)	• 30(1,3,4) 27(5,6)	• 5500(1,2,3,4) 1158(5,6)	1,2,3,4,5,6
49	20031945	Adana-Ceyhan	VIII(1,3,5)	6.0(1,3,5)	• 13(1,3,4) 10(5)	370(1,2,3) • 2500(4) 650(5)	1,2,3,4,5
50	21071945	Van ve Köyleri	VII(1)	5.8(1)	300(1) • 303(4)	2000(1,4)	1,4
51	02091945	Van-Erciş	VIII(1)	6.4(K)	?	900(1)	1,K
52	20111945	Van-Çatak	VII+(5)	5.8(5)	2(4)	20(4) • 1000(5)	4,5

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
53	21021946	Kadınhan-Ilgın	VIII(1,3,6) VII ⁺ (5)	5.6(1,3,6) 5.5(5)	*12(1,3,4) 3(5) 2(6)	400(1,2,3) *3349(4) 359(5) 509(6)	1,2,3,4,5,6
54	31051946	Varto-Hınıs	VIII(1,3,6) VII ⁺ (5)	5.7(1,3,6) 5.9(5)	*839(1,4,6) 650(3) 832(5)	*3000(1,2,3,4) 1986(5,6)	1,2,3,4,5,6
55	05021949	Orhanelli-Harmancık	VII(5)	5.1(5)	?	38(4) *150 ⁺ (5)	4,5
56	23071949	Karaburun-İzmir Chios (5)	IX(1,3,6)	7.0(1,3,6)	7(1,3,4) *11(5) 2(6)	865(1,3,4,6) 2200(2) *4961(5)	1,2,3,4,5,6
57	17081949	Karlıova	IX(1,3,5,6)	7.0(1,3,6) 6.7(5)	450(1,3,4,6) *650(5)	*3500(1,2,3,4) 3000(5,6)	1,2,3,4,5,6
58	04021950	Kiğı	VI ⁺	4.6	20	100	5,K
59	27081950	Varto	?	4.9(K)	2	21	4,K
60	18031951	Kayadere (Erzurum)	VII	4.9	0	500	5,K
61	08041951	İskenderun	VII	5.7(5) 5.8(K)	10	13 ⁺	5,K
62	13081951	Kuşunlu-Ilgaz	IX(1,3,5,6)	6.9(1,3,6) 6.8(5)	50(1,3,4) *52(5,6)	3354(1,3,4,5,6) *8000(2)	1,2,3,4,5,6

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
63	03011952	Hasankale	VIII(1,3,6) VII ⁺ (5)	5.8(1,3,6) 6.0(5)	94(1,3) 41(4) 103(5) •133(6)	•1570(1,2,3) 701(4,6) 876(5)	1,2,3,4,5,6
64	22101952	Ceyhan	VII(1) VII ⁺ (5)	5.5(5)	10(1,4,5)	•910(1) 370(2) 617(4) 510(5)	1,2,4,5
65	18031953	Yenice - Gönen	IX(1,3,5,6)	7.4(1,3,6) 7.2(5)	265(1,3,4,6) •268(5)	1750(1,3,6) 1700(2) 6750(4) •9670(5)	1,2,3,4,5,6
66	02051953	Karaburun (İzmir)	VII ⁺ (5)	5.1(5)	0(5)	•473(4) 300(5)	4,5
67	18061953	Edirne	VI(1) VII(5)	5.8(1) 5.1(5)	37(1,4)	•780(1,4) 323(5)	1,4,5
68	07091953	Kurşunlu	VIII(1,3,5,6)	6.4(1,3,6) 6.0(5)	•22(1,3) 2(5,6)	•430(1,2,3) 230(5,6)	1,2,3,5,6
69	16071955	Söke - Aydın	IX(1,3,6)	7.0(1,3,6) 6.8(5)	23(1,3,6) •26(5)	470(1,2,3,6) •810(5)	1,2,3,5,6
70	20021956	Eskişehir-Bilecik	VIII(1,3,5,6)	6.4(1,3,6) 5.9(5)	1(1,3,4,6) •4(5)	1440(1,2,3,6) •2819(4) 1416(5)	1,2,3,4,5,6

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BINA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
71	25041957	Fethiye (Muğla)	IX(1,3,6)	7.0(1,3,5) 7.1(6)	•67(1,3,6) 18(4,5)	3100(1,2,3,6) •6526(4) 6126(5)	1,2,3,4,5,6
72	26051957	Bolu-Abant	IX(1,3,6) VIII+(5)	7.1(1,3,6) 6.9(5)	•66(1,3) 52(4,5,6)	•5200(1,2,3,4) 4200(5,6)	1,2,3,4,5,6
73	07071957	Bağköy (Bingöl)	?	5.1(5,K)	0	300	5,K
74	25041959	Köyceğiz	VIII(1,3,5,6)	5.7(1,3,6) 5.9(5)	3(1,3)	630(1,2,3) 59(4) •775(5,6)	1,2,3,4,5,6
75	25101959	Hınıs, Varto	VIII(1)	?(1) 5.0(5,K)	?(1) •18(5)	•800(1) 300(5)	1,5,K
76	23051961	Marmaris-Fethiye	VII(1)	6.7(1) 5.8(5)	?(1) 0(5)	61(1) •601(5)	1,5
77	14091962	Balıkesir	VII	5.5(1) 4.5(K)	-(1)	436	1,K
78	04101962	Işdır	VII(1)	5.5(1)	1(1,4)	150(1) •282(2) 10(4)	1,2,4
79	18091963	Çınarcık	VIII(1,2,5,6)	6.3(1,3,6) 6.4(5)	1(1,3,4,5,6)	•230(1,2,3,5,6) 43(4)	1,2,3,4,5,6
80	22111963	Denizli	VII(1) VI+(5)	5.5(1) 5.1(5)	0(5)	175(1) •298(5)	1,5

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
81	14061964	Malatya-Adıyaman	VIII(1,3,6) VII+(5)	6.0(1,3,6) 5.9(5)	8(1,3,4,5,6)	678(1,2,3,6) 847(4) •878(5)	1,2,3,4,5,6
82	06101964	Manya	IX(1,3,5,6)	7.0(1,3,5,6)	•30(1,3,5) 23(4,6)	5523(1,3) •6000(2) 5398(4,6) 5515(5)	1,2,3,4,5,6
83	13061965	Denizli-Honaz	VIII(1,3,6) VII+(5)	5.7(1,3,5,6)	•14(1,3,5,6) 2(4)	468(1,3,4,5) •768(2) 488(6)	1,2,3,4,5,6
84	31081965	Karllova	?	5.6(5,K)	?	1500	5,K
85	07031966	Varto	VIII(1,3,5,6)	5.6(1,3,5,6)	•14(1,3,5,6) 4(4)	1100(1,3,6) 300(4) •1200(5)	1,3,4,5,6
86	19081966	Varto-Hınıs	IX(1,3,5,6)	6.9(1,3,5,6)	2394(1,3,6) 2396(4) •2517(5)	20007(1,3,4,6) •21100(2) 10828(5)	1,2,3,4,5,6
87	22071967	Adapazarı-Mudurnu	IX(1,3,6) IX+(5)	7.2(1,3,6) 7.0(5)	89(1,3,4,5,6)	5569(1,2,3,5,6) •7116(4)	1,2,3,4,5,6
88	26071967	Pülümür	VIII(1,3,5,6)	6.2(1,3,6) 5.9(5)	97(1,3,4,5,6)	1282(1,3,4,6) •1617(2) 1262(5)	1,2,3,4,5,6
89	03091968	Amasra-Bartın	VIII(1,3,5,6)	6.5(1,3,5,6)	29(1,3,4,5,6)	2072(1,2,3,5,6) •2478(4)	1,2,3,4,5,6

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
90	24091968	Kığı-Karakoçan	?	5.1(4,K)	2	1128	4,K
91	14011969(K) 15011969(5)	Fethiye (5) Kaş,Kalkın	?	6.2(5,K)	0(5)	42(5)	5,K
92	03031969	Gönen	VIII(5)	5.6(5) 5.7(K)	0(5)	20 ⁺ (5)	5,K
93	23031969	Demirci-Gördes	?	5.9(5)	?	945(4) •1050(5)	4,5
94	25031969	Demirci	VIII(5)	6.0(5,K)	0	1826	5,K
95	28031969	Alaşehir	VIII(1,3,6) VIII(5)	6.9(1,3,6) 6.5(5)	41(1,3,5,6) •53(4)	3700(1,2) •3702(3,5,6) 3604(4)	1,2,3,4,5,6
96	06041969	Karaburun-Çeşme	VIII(5)	5.6(5)	0(5)	•1360(4) 443(5)	4,5
97	30041969	Demirci	?	5.2(4,K)	-(4)	50(4)	4,K
98	28031970	Gediz	IX(1,3,5,6)	7.3(1,3,6) 7.2(5)	1086(1,3,4,5,6)	9452(1,3,5,6) 15000(2) •9452+9839=19291(4)	1,2,3,4,5,6
99	02071970	Sivas-Gürün (4) Yazıyurdu (5)	?	4.9(5)	1(4,5)	150(4) 150 ⁺ (5)	4,5
100	24021971	İvrindi	VI	5.3	0	35	5 (Şüpheli)

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
101	12051971	Burdur	VIII(1,3,6) VIII(5)	5.9(1,3) 6.0(5) 6.2(6)	57(1,3,4,5,6)	1489(1) 1487(2,3) • 3227(4) 1542(5,6)	1,2,3,4,5,6
102	22051971	Bingöl	VIII(1,3,5,6)	6.2(1,3) 6.8(5) 6.9(6)	872(1) 870(3) • 878(4,5,6)	5583(1) 5356(2,3) • 9111(4) 5617(5,6)	1,2,3,4,5,6
103	22031972	Kars-Sarıkamış	?	4.6(K)	?	• 253(4) 100(K)	4,K
104	16071972	Edremit (Van) Van (5)	?	5.0(5) 4.9(K)	1(5)	400(5,K)	5,K
105	01021974	İzmir	VI ⁺ (5)	5.2(5,K)	2(4,5,K)	47(4,5)	4,5,K
106	06091975	Löce	VIII(1,3,5,6)	6.9(1,3,6) 6.6(5)	2385(1,3,4,5,6)	• 8165(1,2,3) 8149(4,5,6)	1,2,3,4,5,6
107	25031976	Ardeşan(Kars)	VI(5)	5.0(5) 5.1(K)	2(5)	257(5)	5,K
108	30041976(5) 29041976(K)	Ardeşan(Kars)	?	5.0(5) 5.1(K)	4(5)	300(5)	5,K
109	19081976	Denizli	VII	5.1(5,K)	4	887	5,K

No. Nu.	TARİH Date	YER Location	ŞİDDET Intensity	MAGNİTÜD Magnitude	CAN KAYBI Loss of Life	YIKIK VE AĞIR HASARLI BİNA Number of Houses Totally destroyed and unrepairable damaged	KAYNAK Reference
110	24111976	Mureadiye-Çaldıran	IX(1,6) X(5)	7.4(1) 7.1(5) 7.2(6)	3840(1,4,5,6)	9232(1,4) 9308(2) •10500(5) 9332(6)	1,2,4,5,6
111	26031977(6,4) 25031977(5,4) K)	Palu (6,4) Lice (5) Elazığ-Palu (2)	VI(6) VI+(5)	5.2(6) 4.8(5) 5.1(K)	8(4,5,6)	209(4,6) 210(5) •574(2)	2,4,5,6,K
112	15021978	Pülümür (5) Tunceli-Pülümür (2)	?	4.4(5) 4.6(K)	0(5)	0(5) •195(2)	2,5,K
113	05071983	Biga	VII	4.9	3	85	6
114	30101983	Erzurum-Kars	VIII	6.8	1155	3241	6

Ek 3

AFETLERLE İLGİLİ OLARAK
1958 YILINA KADAR ÇIKARILMIŞ
ÖZEL KANUNLAR

K A N U N U N		
TARİHİ	NO.	ADI
14.01.1943	4373	TAŞKINLARA VE SU BASKINLARINA KARŞI KORUNMA KANUNU
06.07.1948	5243	ERZİNCAN'DA YAPILACAK MESKENLER HAKKINDA KANUN
11.03.1954	6409	TAVAS KAZASININ HEYELANA MARUZ KALE NAHİ . YESİNİN YERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ HK. KANUN
20.05.1955	6610	LİCE KASABASINDA KAYALARIN TEHDİDİNE MARUZ MAHALLELERİN YERLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ HAKKINDA KANUN
28.02.1956	6683	GERZE YANGININDAN , LÜLEBURGAZ VE İNECE'DE SU BASKININDAN ZARAR GÖRENLERE YAPILACAK YARDIMLAR HAKKINDA KANUN
22.06.1956	6746	AYDIN, BALIKESİR, BİLECİK, EDİRNE, ESKİŞEHİR, KIRKLARELİ, KONYA VE DENİZLİ VİLAYETLERİNDE 1955-56 YILLARINDA TABİİ AFETLERDEN ZARAR GÖRENLERE YAPILACAK YARDIM HAKKINDA KANUN
14.06.1957	7010	MUĞLA, DENİZLİ, BOLU, AYDIN VE SAKARYA VİLAYETLERİ DAHİLİNDE VUKUA GELEN YER SARSINTISINDA ZARAR GÖRENLERE YAPILACAK YARDIM HAKKINDA KANUN

Ek 4

7269 - 1051 SAYILI AFETLER KANUNUNA
BAĞLI OLARAK ÇIKARILMIŞ
Y Ö N E T M E L İ K L E R

- 1o AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK
- 2o AFETLERE İLİŞKİN ACİL YARDIM TEŞKİLATI VE PROGRAMLARI HAKKINDA YÖNETMELİK
- 3o AFETLERİN GENEL HAYATA ETKİNLİĞİNE İLİŞKİN TEMEL KURALLAR HAKKINDA YÖNETMELİK
- 4o AFET SEBEBİYLE HAK SAHİBİ OLANLARIN TESBİTİ HAKKINDA YÖNETMELİK
- 5o AFETLER FONUNUN HARCAMA USULLERİ YÖNETMELİĞİ
- 6o AFETLER SEBEBİYLE YAPILAN VE YAPILACAK OLAN BİNALARIN MALİYET VE BORÇLANDIRMA BEDELLERİNDEN YAPILACAK İNDİRİMLER HAKKINDA YÖNETMELİK

SİSMİK GEÇİŞ-ZAMAN LOGLARININ ELEKTRİK ÖZDİRENÇ LOGLARINDAN TÜRETİLMESİ

Derivation of Seismic Transit-Time Logs From Electrical Resistivity Logs

Züheyr KAMACI*

ÖZET

Kayaçların litolojilerine bağlı fiziksel özelliklerinden sismik hız ve elektrik öz direnç değerlerini belirlemek mümkündür.

Konuyla ilgilenen araştırmacılar, yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri teorik ve deneysel bağıntılarla, kuyu logu çözümünde önemli faktörlerden sismik hızın ve elektrik öz direncin, yoğunluk ve gözenekliliğe son derece bağlı olduğunu açıklamışlardır. Görünür elektrik öz direnç ile sismik geçiş-zaman arasındaki ilişkiyi göstermek için gözeneklilik değerleri göz önünde tutularak, elektrik öz direnç ile sismik hız arasında bağıntılar kurulmuştur. Trakya petrol sahasından yaklaşık 3000 m derinlikte ve aralarındaki uzaklık yaklaşık 12 km olan iki petrol kuyusundan elektrik öz direnç ve sismik geçiş-zaman log verileri alınmıştır. Bu kuyuların bir tanesinden alınmış elektrik öz direnç ve sismik geçiş-zaman log değerlerinden bir ölçek fonksiyonu oluşturulmuş ve bundan doğrusal olmayan bağıntı geliştirilmiştir. Bu bağıntıda, kuyulardan alınmış elektrik öz direnç log değerlerini yerine koyarak hesaplanmış sismik geçiş-zaman logları elde edilmiştir.

Sonuçta, ölçülmüş ve hesaplanmış sismik geçiş-zaman logları arasındaki uyum tartışılmıştır.

ABSTRACT

It is possible to determine electrical resistivity values and seismic velocities from the physical properties depending on rock litologies.

A number of investigators have described with theoretical and experimental relationships that seismic velocity and electrical resistivity, which are important factors in interpretation of well logs, depend extremely on mass density and porosity. In order to point out the relationship between apparent electrical resistivity and seismic transit-time the relations has been established between seismic velocity and electrical resistivity regarding porosity values. The log values for electrical resistivity and seismic transit-time have been obtained approximately from the two oil wells of 3000 meters depth, the distance of 12 km between them in Trakya oil region. A scale function has been defined from the obtained log values of the electrical resistivity and seismic transit-time which belongs to one of these wells. Calculated seismic transit-time log has been obtained by replacing the measured electrical resistivity log values in the formula.

In the result, the agreement between measured and calculated seismic transit-time log values is discussed.

GİRİŞ

Sismik yöntemlerde, yeryüzünde veya yeryüzüne yakın bir derinlikte elastik dalgalar üretilir. Bu dalgaların yayılım özelliklerini bulurken, alıcılarda kaydedilen parametrelerden biri, bir dalgaının kaynaktan çıkıp alıcıya varması için geçen zaman olacaktır. Bu bilgilerle dalgaının her tabaka içindeki sismik yayılım hızı ve tabakanın kalınlığı hesaplanabilmektedir.

Jeolojik yapının çıkartılması, sismikte bulunan hız değişimlerinin doğru bir şekilde bulunmasına bağlıdır. Sismik verilerden hızı bulurken, çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bunlardan biri ortak derinlik noktası (CDP) yöntemidir. CDP, yansıtıcı sınır üzerinde bulunan bir noktadan çeşitli açılımlar için yansıyıp gelen dalgaları tanımlamaktadır. Al-Chalabi (1979)'da CDP verisiyle sismik hızların bulunmasını açıklamıştır. CDP verisinden bulunan sismik hızlar ile kuyularda doğrudan yapılan

* Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü - ISPARTA

ölçülerle bulunan sismik hızlar arasında fark vardır.

Sonik loglardan yararlanarak düşey sismik hızları hesaplayabiliriz. Ne var ki yansıma yöntemlerindeki sismik hızlar, loglarla ölçülmüş düşey sismik hızdan farklı olmaktadır. Bu fark, sismik hızın yanal olarak değişmesinden ileri gelmektedir. Bu nedenle yansıma yönteminde kullanılacak sismik hız değerleri, kayma düzelmesi (NMØ) ve yığılma (Stack) işlemleri yapılırken deneme yoluyla bulunmaktadır.

Günümüzde açılan kuyularda en az bir sürekli hız logu (CVL) alınır. Bu loglardan, sismik hız bilgisinden başka litoloji, akışkan içeriği, basınç ve gözeneklilik (porozite) bulunur (Kennett 1979). Anlaşılabileceği gibi böyle çalışmaların sonucunda sismik hız bilgilerinin bulunması, jeofizikçiler için ana amaç olmaktadır.

Petrol aramalarında önemli olan kumtaşı ve kireçtaşı formasyonlarının porozitelerinin belirlenmesi, sürekli hız logundan yararlanarak yapılır. Daha önceki yıllarda, porozite tayininde, sürekli hız logu, alışımlı elektrik öz direnç logun yerini tutamıyordu. Ancak şimdi gerçek yerini almış durumdadır.

Hindistan'da jeolojik harita üzerinde işaretlenerek açılmış olan 15 000 kuyunun hemen hepsinde kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik öz direnç logunun birkaç çeşidi alınmıştır. Ancak bu kuyuların 1000 tanesinde sürekli hız logu alınabilmiştir. Bu da bölgedeki sismik kesitlerin yorumunda zorluklar yaratmıştır. Rudman (1978)'de yukarıda sözü edilen bölgede yapmış olduğu kuyu logu örneklerinin uygulamaları göz önünde bulundurularak, Trakya petrol sahasındaki kuyulardan alınmış kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik öz direnç loglarından, sismik geçiş-zaman logları türetilmesi yapılmıştır.

SİSMİK HIZ VE ELEKTRİK ÖZDİRENÇ İLİŞKİSİ

Nafe ve Drake (1957, 1963)'te sismik hızın ve Archie (1942)'de elektrik öz direncin yanı sıra formasyon faktörünün, porozite ile olan ortak ilişkilerini açıklamışlardır. Alışımlı elektrik öz direnç kuyu loglarının değerlendirilmesi sonucunda jeolojik yapının petrofiziksel özelliklerini bulmak mümkün olabilmektedir. Bunlar; hidrokarbon belirtileri, su satürasyonu (doygunluğu), permeabilite (geçirgenlik), yoğunluk, porozite ve litoloji gibi petrofiziksel özelliklerdir (Work ve Meadow 1974).

Burada, elektrik öz direnç loglarından yararlanarak sismik geçiş-zaman logunun (hesaplanmış sürekli hız logu) elde edilmesi üzerinde durulacaktır. Kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik öz direnç loglarından okunan değerlerin görünür öz direnç değerlerine sahip olduklarını göz önünde tutmak gerekmektedir. Gerçek öz direncin bulunması için görünür elektrik öz direnç ve görünür formasyon faktörü kullanılır (Guyod ve Pranglin 1961).

$$F_s = \frac{R_s}{R_{mf}} = \phi^{-m} \quad (1)$$

Burada, çamur suyu elektrik öz direnci R_{mf} , görünür elektrik öz direnç R_s , porozite ϕ ve çimentolanma faktörü

m 'dir. Burada m sedimanter vb. kayalar için yaklaşık 2 olarak alınır.

Faust (1953)'te kendisinin 1951 yılında elde ettiği bağıntısına, görünür elektrik öz direnci R_s (Ohm-m) uygulayarak sismik hız V (ft/s) ile olan ilişkisini aşağıdaki gibi vermiştir.

$$V = D (Z R_s)^{1/6} \quad (2)$$

Burada, derinlik Z (ft) ve $D = 1948$ sabit sayı olup jeolojik birimlerin bazıları için geçerlidir. Bağıntı (2) kullanılarak sismik geçiş-zaman TT' (μ s/ft) aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\frac{1}{V} = TT' = \frac{1}{D} (Z R_s)^{-1/6} \quad (3)$$

Bu bağıntıdan görüldüğü gibi sismik hız ile elektrik öz direnç arasında ilişki kurulabilmektedir.

Kim (1964)'te sismik geçiş-zaman ve elektrik öz direnç gibi parametrelerin kendi aralarındaki ve porozite ile ilişkilerini kullanarak bağıntı (1)'i porozite için aşağıdaki gibi yazmıştır (C = sabit sayı).

$$\phi = \left(\frac{R_s}{R_{mf}} \right)^{-1/C} \quad (4)$$

Wyllie ve diğerleri (1956)'da sismik hız ile porozite ilişkili bağıntısını sedimanlar için aşağıdaki şekilde çıkarmıştır.

$$\frac{1}{V_b} = \frac{\phi}{V_s} + \frac{1 - \phi}{V_k} \quad (5)$$

Burada, kayacın ortalama boyuna sismik hızı V_b , sıvı kısmının boyuna sismik hızı V_s , katı kısmının boyuna sismik hızı V_k ve kayacın porozitesi ϕ 'dir. Bu araştırmacı bağıntı (5)'i, daha sonra, sismik hızın, sismik geçiş-zaman ile ilişkisini ($V = 1/TT'$) göz önünde tutarak aşağıdaki gibi değişikliğe uğratmıştır.

$$TT' = TT_{mf}(\phi) + (1 - \phi) TT_s \quad (6)$$

Burada, kayadaki sismik geçiş-zaman TT_s ve çamurdaki sismik geçiş-zaman TT_{mf} olarak tanımlanmıştır. Porozite için bağıntı (6)'nın çözümü aşağıdaki gibi çıkarılmıştır.

$$\phi = \frac{TT' - TT_s}{TT_{mf} - TT_s} \quad (7)$$

Bağıntı (4), bağıntı (7)'ye eşitlenirse TT' için çözüm aşağıdaki gibi bulunur.

$$TT' = TT_s + (K) R_s^{-1/C} \quad (8)$$

Burada $K = (TT_{mf} - TT_s) R_{mf}^{1/C}$ 'dir.

Kim'in (1964)'te bulduğu (8) bağıntısı, elektrik öz direnç ile sismik geçiş-zaman arasındaki ölçek (scale) fonksiyonuyla ilgilidir.

Rudman ve diğerleri (1975)'te Kim'in ölçek fonksiyon bağıntısının (8) genelleştirilmiş şeklini aşağıdaki gibi düzenlemiştir.

$$TT' = A + (B) R_a^{-1/C} \quad (9)$$

Burada, A, B ve C sabit sayıları deneysel olarak bulunurlar.

ÖLÇEK FONKSİYONUN ELDE EDİLMESİ VE SABİT SAYILARIN BULUNMASI

Sismik geçiş-zaman bağıntısında (9) yer alan A, B ve C sabitleri bulmadan önce Kim (1964)'in Şekil 1'deki ölçek fonksiyonunun nasıl elde edildiğini aşamalar şeklinde açıklamakta yarar vardır.

1. Sismik geçiş-zaman (TT) ve kısa normal (16 inch) alışılmış elektrik öz direnç (R) logları aynı kuyudan seçilmişlerdir.
2. Şekil 1'de 1250-2575 ft'lik örnek için logların salınımsız kısımları parçalara ayrılmıştır.
3. Aynı derinliğe ait sismik geçiş-zaman ve elektrik öz direnç değerleri kullanılarak, düşey eksen sismik geçiş-zamanı (TT), yatay eksen logaritmik elektrik öz direnci (R) gösterdiği şekilde çeşitli noktalar belirlenmiştir.
4. Bu noktalara en iyi uyan eğri, ölçek (scale) fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

Şekil 1'de çizilmiş olan ölçek fonksiyonundan A, B ve C katsayılarını belirlerken; başlangıç elektrik öz direnç

değeri (ölçek fonksiyonunda en küçük değerdeki elektrik öz direnç) R_1 bulunur ve Q gibi bir sabit sayı seçilir. Daha önce yazılan (9) bağıntısı, doğrusal (lineer) olmayan üç bağıntı haline getirilebilir.

$$TT_i = A + (B) R_i^{-1/C} \quad ; \quad i = 1, 2, 3 \quad (10)$$

$R_1 = R_{\min}$ ve Q değerleri aşağıdaki bağıntılarda yerlerine yerleştirildiğinde,

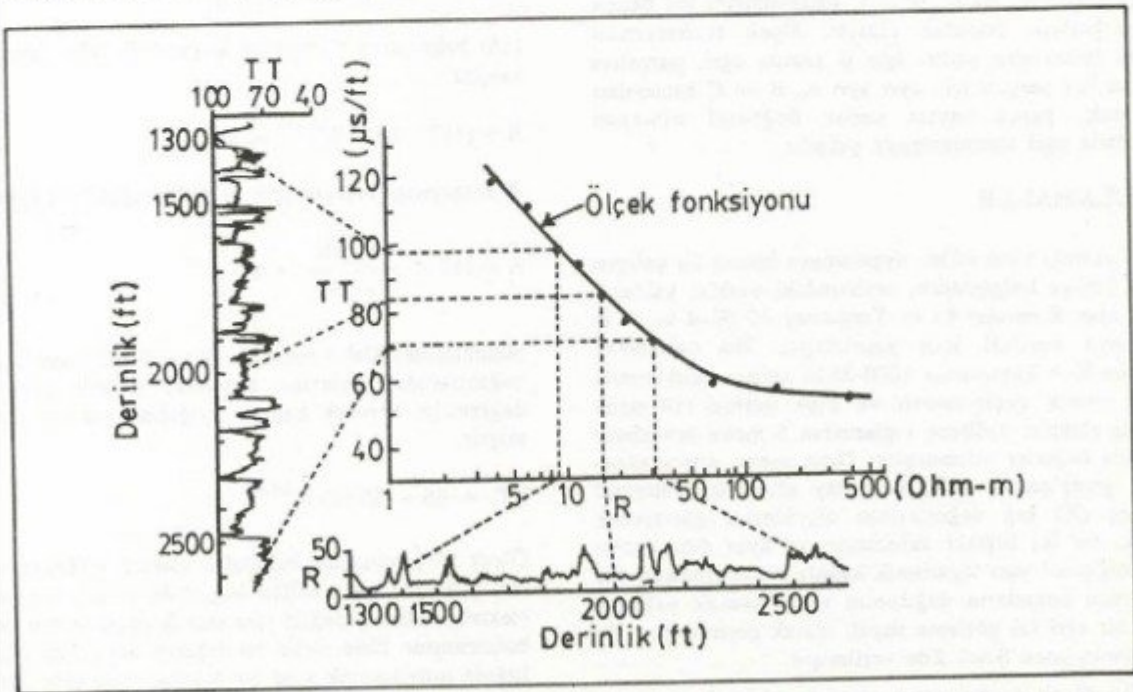
$$R_2 = Q R_1 \text{ ve } R_3 = R_{\max} = Q R_2 = Q^2 R_1 ; \\ Q = (R_3/R_1)^{1/2} \quad (11)$$

bulunur. Elde edilen R_1 , R_2 ve R_3 'ün değerleri ölçek fonksiyonundaki elektrik direnç değerleri alanının tümünü kapsayacak şekilde olmalıdır. Yani, $Q = (R_{\max}/R_{\min})^{1/2}$ değerini aşmayacak şekilde seçilmelidir. Bu da Q'nun doğru bir şekilde seçimini kontrole yaramaktadır. Bağıntı (11)'de hesaplanan değerleri bağıntı (10)'da yerlerine koyarak, birleştirilirse aşağıdaki bağıntılar elde edilir.

$$TT_1 - TT_2 = (B) R_1^{-1/C} (1 - Q^{-1/C}) \quad (12)$$

$$TT_2 - TT_3 = (B) R_2^{-1/C} (1 - Q^{-1/C}) \quad (13)$$

Burada, TT_i değerlerini bulmak için (11) bağıntısıyla elde edilen elektrik öz direnç değerlerine karşılık gelen ölçek fonksiyonundaki TT'ler okunur. Daha sonra (12) bağıntısını (13) bağıntısına bölerek elde edilecek eşitliğin ve bu eşitlikler yazılırken kullanılan (11) bağıntısındaki değerleri göz önünde bulundurularak her iki tarafın logaritması alınır ve aşağıdaki bağıntı



Şekil 1. Ölçek fonksiyonu eğrisinin taslak haldeki elde edilmesi (Kim 1964'den tarafından değiştirilmiştir).
Fig. 1. Sketch illustrating generation of scale function curve (Modified from Kim, 1964).

$$\log_{10} \left[\frac{TT_1 - TT_2}{TT_2 - TT_3} \right] = -(1/C) \log_{10} (1/Q) = (1/C) \log_{10} Q \quad (14)$$

bulunur. Bu bağıntıdaki C, eşitliğin bir tarafında yalnız bırakılırsa, C sabit sayısı aşağıdaki şekilde bulunmuş olur.

$$C = \frac{\log_{10} Q}{\log_{10} \left[\frac{TT_1 - TT_2}{TT_2 - TT_3} \right]} \quad (15)$$

(15) bağıntısındaki C değerinin (12) bağıntısında kullanılarak B sabit sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$B = (TT_1 - TT_2) R_1^{1/C} \quad (16)$$

Daha sonra $i = 1$ için (10) bağıntısı A için çözülecek olursa,

$$A = TT_1 - (B) \cdot R_1^{-1/C} \quad (17)$$

bulunur. Bu katsayılar saptandıktan sonra, aynı kuyunun elektrik özdirenç log değerleri (10) bağıntısında yerine konulursa, yalancı (pseudo) veya hesaplanmış sismik geçiş-zaman (TT) log değerleri elde edilir. Böylece bu değerleri, derinliğin fonksiyonu olarak elde etme olanağı yaratılmış olur.

Ancak yukarıdaki bağıntı (10) için ölçek fonksiyonundan elde edilen sabit sayılar (A, B, C) dizisi, bu ölçek fonksiyonun veri noktalarına yeterince uymayabilir. Yani bu A, B ve C katsayılarıyla tek başına (10) bağıntısı, önceden çizilen ölçek fonksiyonun eğrisini tanımlamayabilir. İşte o zaman eğri, parçalara ayrılarak her parçası için ayrı ayrı A, B ve C katsayıları bulunarak, parça sayısı kadar doğrusal olmayan bağıntılarla eğri tanımlanmaya çalışılır.

UYGULAMALAR

Yukarıda sözü edilen uygulamaya benzer bir çalışma TPAO Trakya bölgesinden, aralarındaki uzaklık yaklaşık 12 km olan Kumrular #4 ve Turgutbey #2 (K-4 ve T-2) gaz kuyu verileri için yapılmıştır. Bu çalışmayı yaparken K-4 kuyusunun 1000-2500 metre aralıklarında alınan sismik geçiş-zaman ve kısa normal (16 inch) alışımlı elektrik özdirenç loglarından 5 metre örnekleme aralığıyla değerler okunmuştur. Daha sonra, düşey eksen sismik geçiş-zaman (TT) ve yatay eksen kısa normal özdirenç (R) log değerlerinin ölçeklerini gösterecek şekilde, bu iki logtaki salınımsız ve aynı derinlikteki nokta değerleri yarı logaritmik kağıda işaretlenmiştir. Bu işaretlenen noktaların dağılımını tanımlayacak yaklaşık uygun bir eğri (a) gözleme dayalı olarak geçirilmiştir. Bu ölçek fonksiyonu Şekil 2'de verilmiştir.

Bu ölçek fonksiyonun taradığı elektrik özdirenç değerlerinin alanını göz önünde tutarak, Q gibi sabit bir sayı seçilmiştir. Bu ölçek fonksiyonun başlangıç

(minimum) elektrik özdirenç değeri R_1 okunmuştur. Önceden tanımlanan bağıntı (11)'de Q ve R_1 değerlerini yerine koyarak, aşağıdaki şekilde R_2 ve R_3 değerleri bulunmuştur.

$Q = 3.08$ seçilmiştir.

$R_1 = R_{\min} = 2$ Ohm-m okunmuştur.

$R_2 = Q R_1 = 3.08 \cdot 2 = 6.16$ Ohm-m hesaplanmıştır.

$R_3 = Q R_2 = 3.08 \cdot 6.16 = 19$ Ohm-m hesaplanmıştır.

Şekil 2'de çizilmiş olan ölçek fonksiyonunu tanımlayacak doğrusal olmayan bağıntı (10) gibidir. Bu bağıntıdaki A, B ve C sabit sayılarını bulmak için yukarıda hesaplanan R_1 , R_2 ve R_3 elektrik özdirenç değerlerine ölçek fonksiyonunda karşılık gelen sismik geçiş-zaman (TT) değerlerinden yararlanarak daha önce bağıntıları yazılan A, B ve C katsayıları aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$R_1 = 2 \text{ Ohm-m} \longrightarrow TT_1 = 117 \mu\text{s/ft}$$

$$R_2 = 6.16 \text{ Ohm-m} \longrightarrow TT_2 = 86 \mu\text{s/ft}$$

$$R_3 = 19 \text{ Ohm-m} \longrightarrow TT_3 = 72 \mu\text{s/ft}$$

Bütün bu değerleri (15) bağıntısında yerlerine koyarak C sabit sayısı bulunmuştur.

$$C = \frac{\log_{10} 3.08}{\log_{10} \left[\frac{117 - 86}{86 - 72} \right]} = 1.41$$

(16) bağıntısına C değerini koyarak B sabit sayısı bulunmuştur.

$$B = (117 - 86) \cdot 2^{1/1.41} = 50.68$$

A katsayısını bulmak için de (17) bağıntısını kullanarak,

$$A = 117 - \frac{50.68}{2^{1/1.41}} = 86$$

bulunmuştur. Daha sonra A, B ve C sabit sayılarını (10) bağıntısında yerlerine koyarak, sismik geçiş-zaman değerlerini verecek bağıntı aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$TT_i = 86 + (50.68) R_i^{1/1.41}$$

Ölçek fonksiyonunda kullanılan elektrik özdirenç değerlerini yukarıda elde edilen bağıntıda yerine koyarak, her elektrik özdirenç değeri için sismik geçiş-zaman değerleri bulunmuştur. Elde edilen bu değerler Şekil 2'de logaritmik kağıda işaretlenerek yeni bir dağılım daha elde edilmiştir. Bu yeni noktalardan eğri (b) geçirildiğinde daha önce çizilmiş olan eğri (a) ile çakışmadığı görülmüştür. Böylelikle, yukarıda bulunan katsayıların, esas olabile-

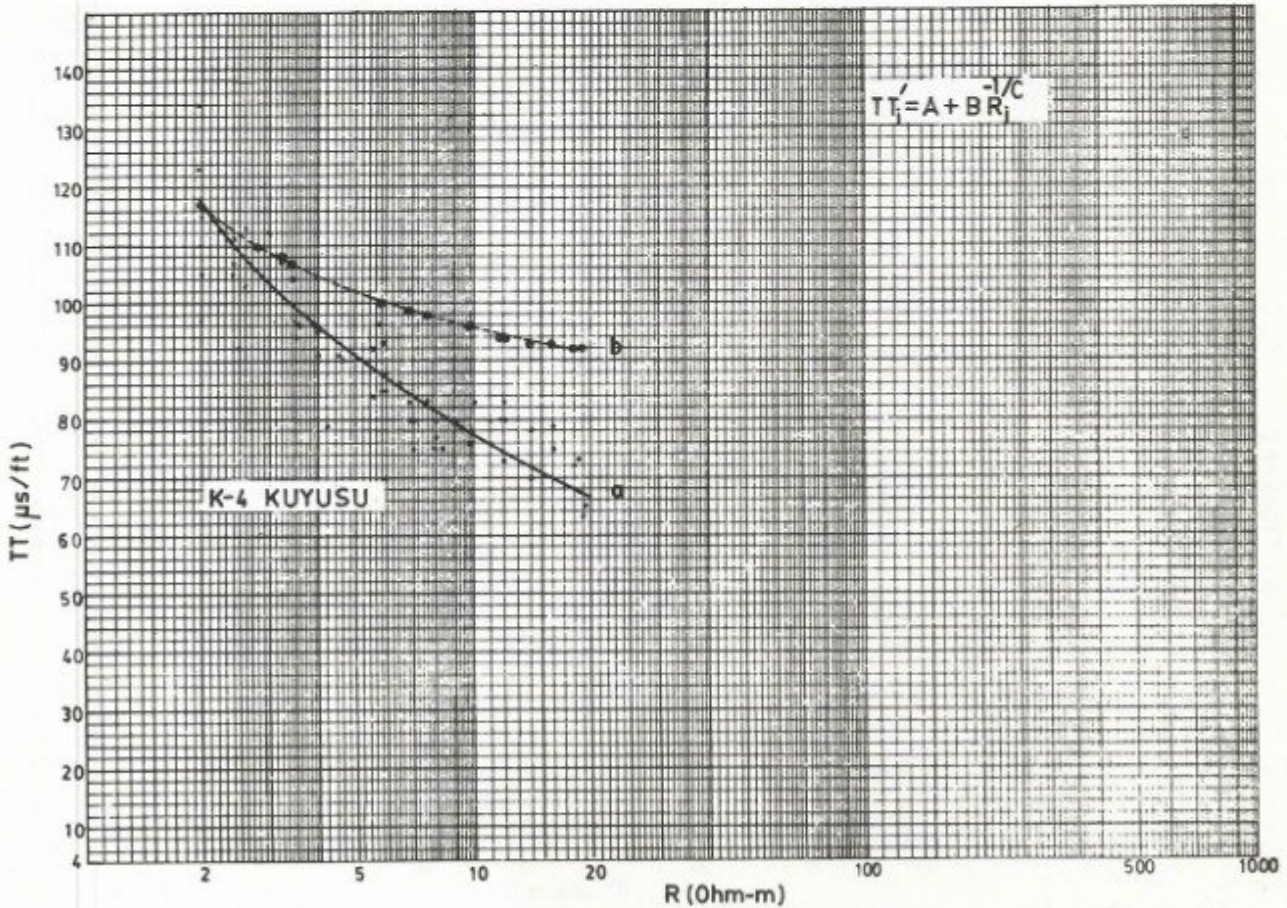
cek dağılımı tanımlamayacak durumda olduğunu göstermiştir.

Farklı derinliklerden okunan elektrik özdirenç ve sismik geçiş-zaman değerlerini göz önünde tutarak, yatay ekseninde aynı bir elektrik özdirenç değerine karşılık birkaç tane sismik geçiş-zaman değerinin olduğu görülmektedir (Şekil 2). Bu sismik geçiş-zaman noktalarının aritmetik ortalamasını alarak, tek bir nokta değeri haline getirme yoluna gidilmiştir (Şekil 3). Böylelikle, bu nokta değerlerinden tekrar yeni bir ölçek fonksiyonu eğrisi (c) geçirilerek A, B ve C katsayıları bulunmuştur. Ancak bu katsayıları bulurken, Q sabit sayısı öncekinden biraz daha büyük tutulmuştur ($Q = 3,16$). Buna göre $R_1 = 2$ Ohm-m değeri alarak, $R_2 = 6,32$ Ohm-m ve $R_3 = 19,97$ Ohm-m olarak bulunmuştur. Bu bulunan elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen TT_i 'leri bu ölçek fonksiyonundan okunarak; $C = 1,9$, $B = 47,5$ ve $A = 84$ şeklinde bulunmuştur. Bu katsayıları ve ölçek fonksiyonundaki elektrik özdirenç değerlerini TT_i bağıntısında yerine koyarak, aynı elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen hesaplanmış sismik geçiş-zaman değerleri bulunmuş ve bu değerlerle (d) eğrisi çizilmiştir. Bu eğrinin, yine de Şekil 3'teki ilk (c) eğrisiyle çakışmadığı görülmüştür. Bunun üzerine, son olarak çizilen ölçek fonksiyonu eğrisini (c) üç parçaya ayırma yoluna gidilmiştir. Her parça için A,

B ve C katsayıları bulunarak TT_i bağıntısında yerlerine taşınmıştır. Dokuz tane katsayıya karşılık üç tane TT_i bağıntısıyla çalışıldığı halde, yine (c) eğrisiyle tam çakışma görülmediği sonucuna varılmıştır.

Buradan hareketle, Q sabit sayısı daha büyük değerle seçilme yoluna gidilmiştir. Q'nun büyük değerle seçilmesi demek, R_{max} 'nin ölçülmüş log değerindekinden daha büyük olması demektir. Böylelikle, elektrik özdirenç belli bir değerden sonra yüksek tutulmasında, sonucu pek etkilemeyeceği görülmüştür. Buna göre Şekil 3'teki ölçek fonksiyonu eğrisinin (c) baş tarafı biraz aşağıya doğru büküleştirilerek ve sağ ucu asimtotik halde uzatılarak yeni bir ölçek fonksiyonu eğrisi (e) çizilmiştir (Şekil 4). Haliyle şekilden de görüldüğü gibi R_{max} değeri büyüdüğünde $Q = 15$ olarak düşünülmüş ve bağıntı (11)'den $R = R_{min} = 2$ Ohm-m, $R_2 = 30$ Ohm-m ve $R_3 = R_{max} = 450$ Ohm-m bulunmuştur. Bu elektrik özdirenç değerlerine karşılık gelen TT_i 'ler yeni çizilen ölçek fonksiyonu eğrisinden (e) okunmuştur. Yukarıda bulunan bütün değerleri bağıntı (15, 16 ve 17)'de gerekli yerlerine koyarak $\pm 0,04$ 'lük standart sapmayla $C = 1,18$, $B = 88,2$ ve $A = 65$ olarak bulunmuştur. Bu sabit sayılar (10) bağıntısına taşınarak TT_i aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$TT_i = 65 + (88,2) R_i^{1,18}$$



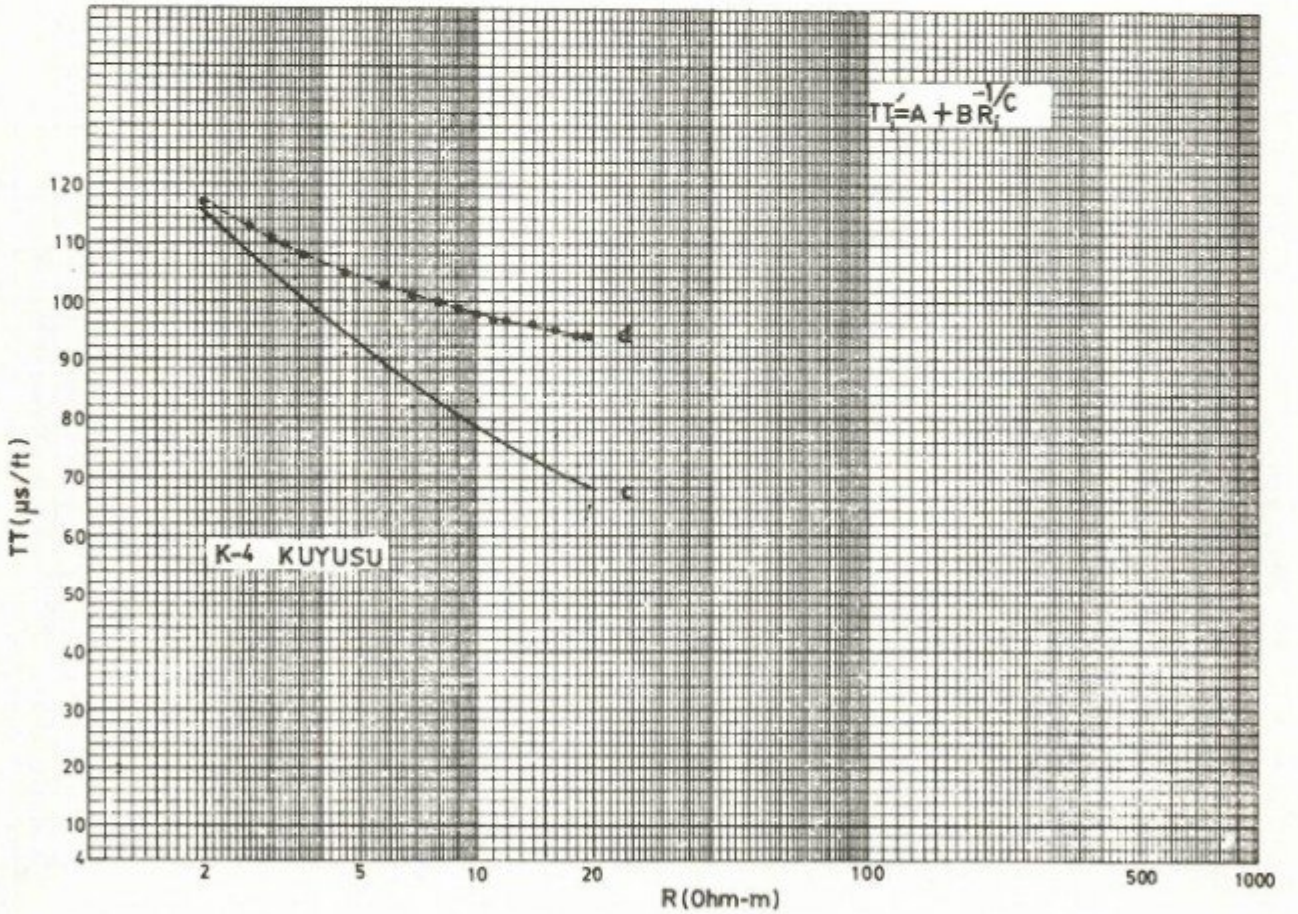
Şekil 2. K-4 kuyusuna ait kuyu logu veri noktaları ve ölçek fonksiyonu eğrilerinin çizimi.

Fig. 2. Graph of well log data points and scale function curves for K-4 well.

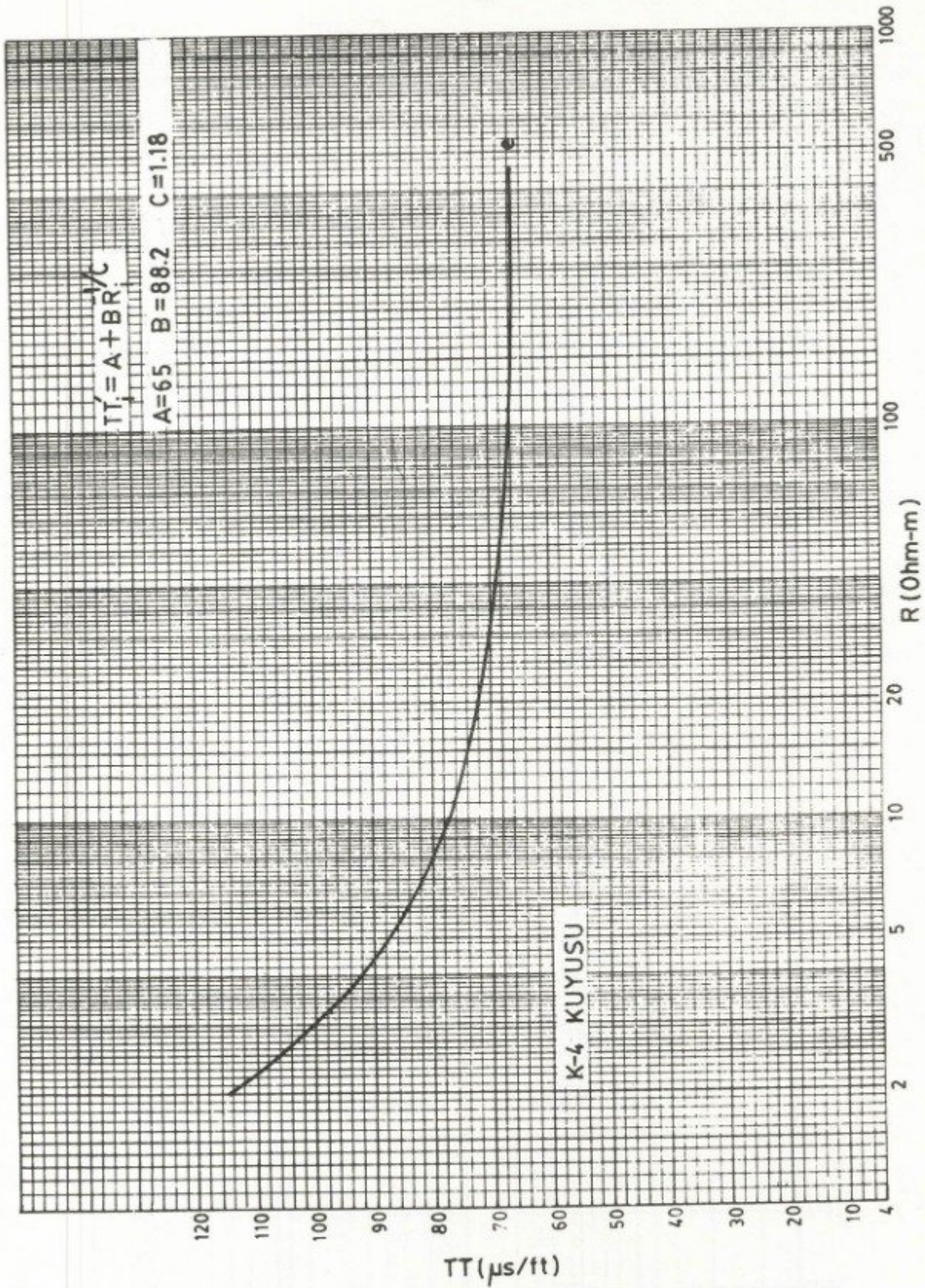
Katsayı	Bulunan Değer	Standart Sapma
A	65.00	± 0.04
B	88.20	± 0.04
C	1.18	± 0.04

Ölçek fonksiyonunda bulunan elektrik öz direnç değerlerinin tümü yukarıda, en sonda bulunan TT_1 bağıntısına taşınarak, her elektrik öz direnç değeri için bir sismik geçiş-zaman değeri bulunmuştur. Bulunan değerlerle yeni ölçek fonksiyonu olan (e) eğrisi değerleriyle tam çakışmıştır. Böylece, deneme yoluyla esas ölçek fonksiyonu olan eğrinin A, B ve C katsayıları bulunmuş olur. Bu ölçek fonksiyonunu tanımlayan en son bağıntıyı ele alarak, K-4 kuyusundan alınan elektrik öz direnç log değerlerinin hepsini teker teker bağıntıda yerine koyarak, herbir elektrik öz direnç değeri için hesaplanmış

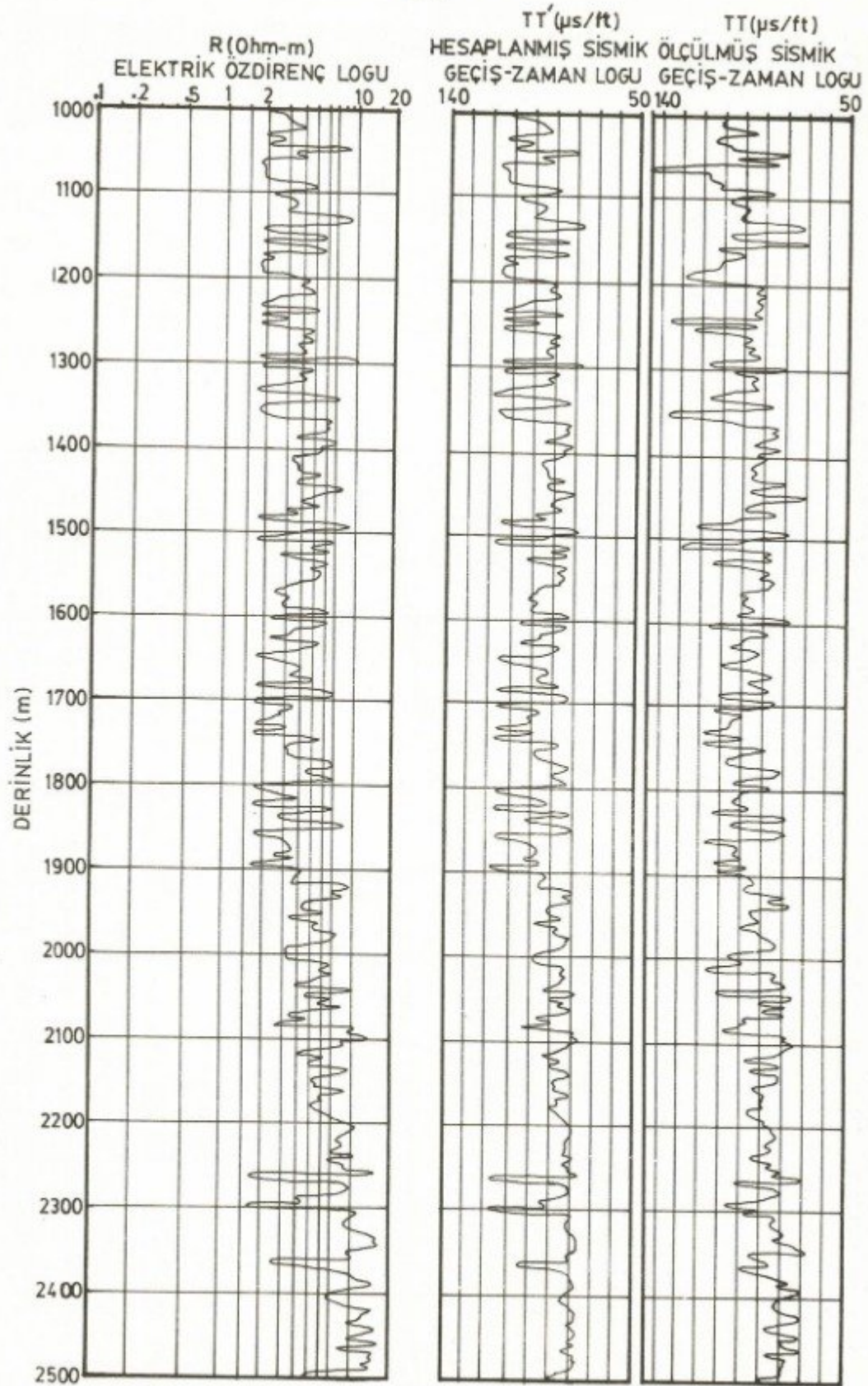
geçiş-zaman değerleri (TT') bulunmuştur. Bulunan bu değerlerle, hesaplanmış sismik geçiş-zaman logu Şekil 5'de verilmiştir. Bu log kuyunun ölçülmüş (gerçek) sismik geçiş-zaman logu ile karşılaştırıldığında yakın bir uyumluluk içinde olduğu görülmektedir. Aynı sahada K-4 kuyusundan yaklaşık 12 km uzaklıkta olan T-2 kuyusunun yalnızca elektrik öz direnç logu değerlerini, K-4 kuyusu için en sonda oluşturulan ölçek fonksiyonu bağıntısı kullanılarak T-2 kuyusu için hesaplanmış sismik geçiş-zaman logunun değerleri bulunmuş ve Şekil 6'da çizilmiştir. T-2 kuyusunun, hesaplanmış sismik geçiş-zaman ve ölçülmüş sismik geçiş-zaman logları karşılaştırıldığında benzerlik derecesinin yüksek olduğu izlenmiştir. Ölçülmüş ve hesaplanmış sismik geçiş-zaman log değerleri arasında hata hesabı yapılarak, K-4 kuyusu için Çizelge 1 ve T-2 kuyusu için de Çizelge 2'de görüldüğü gibi hatanın ortalama olarak $\pm 6\%$ arasında değiştiği bulunmuş ve bu değişim, grafik olarak Şekil 7'de gösterilmiştir.



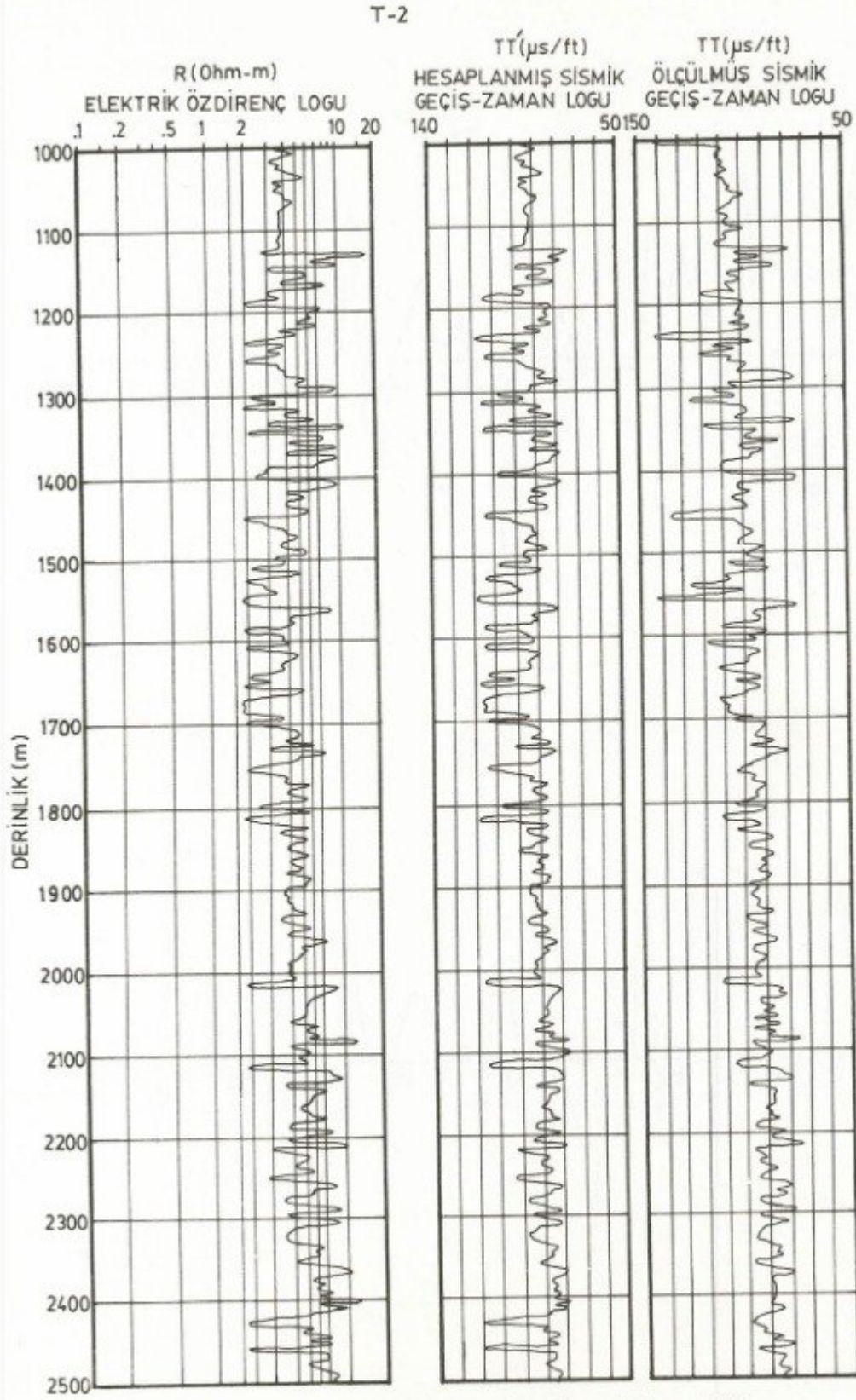
Şekil 3. K-4 kuyusuna ait ortalama kuyu veri noktalarından elde edilen ölçek fonksiyonu eğrileri.
Fig. 3. Obtained scale function curves from average well data points for K-4 well.



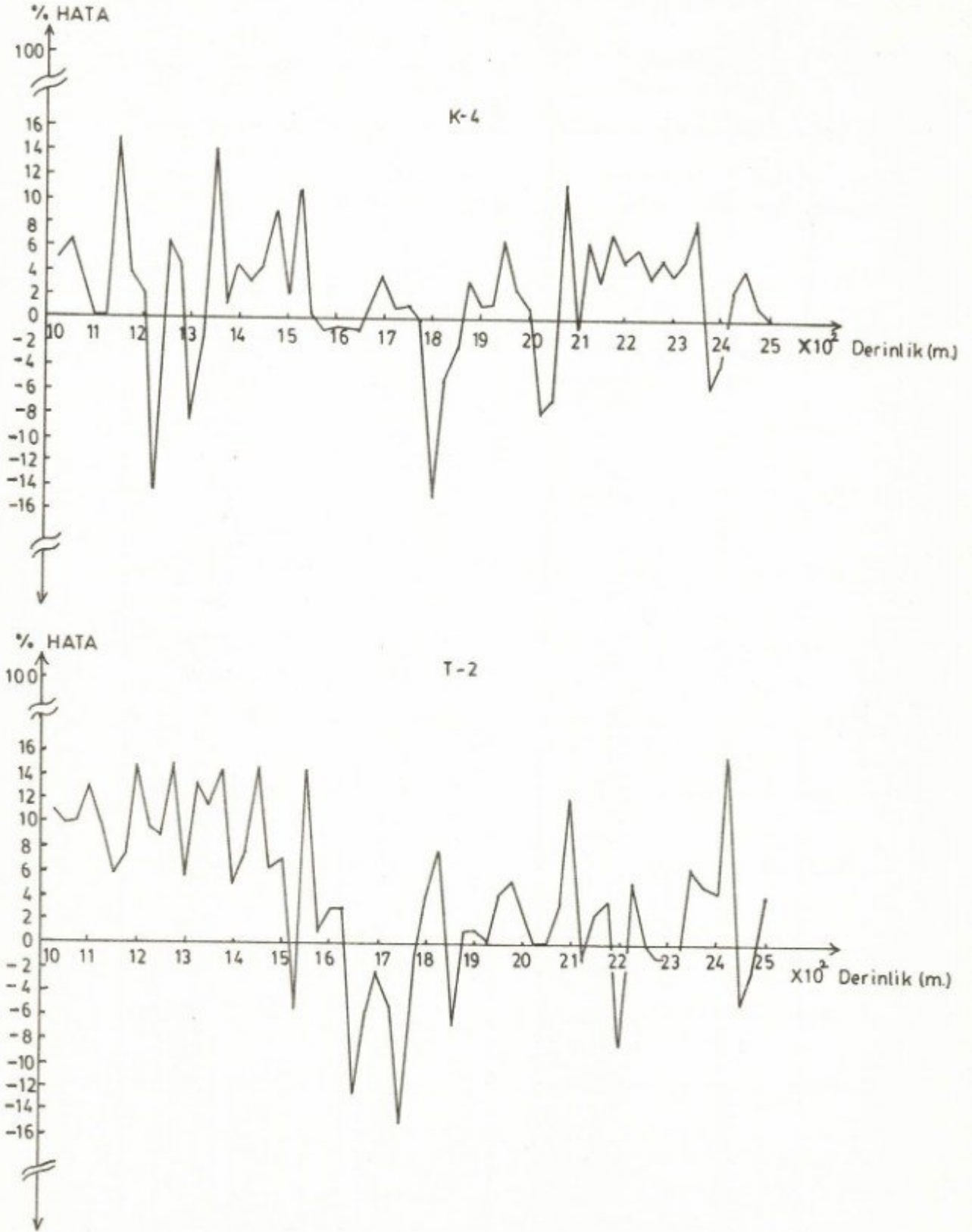
Şekil 4. K-4 kuyusuna ait kuyu verisinden elde edilen esas ölçek fonksiyonu eğrisi
 Fig. 4. Obtained basic scale function curve from for K-4 well data.



Şekil 5. K-4 kuyusuna ait ölçülmüş ve hesaplanmış logların çizimi.
Fig. 5. Graph of measured and calculated logs for K-4 well.



Şekil 6. T-2 kuyusuna ait ölçülmüş ve hesaplanmış logların çizimi.
Fig. 6. Graph of measured and calculated logs for T-2 well.



Şekil 7. K-4 ve T-2 kuyularına ait bulunan hata değerlerinin grafik çizimleri.
Fig. 7. Graphic presentation of errors for K-4 and T-2 wells.

Çizelge 1. K-4 kuyusuna ait ölçülmüş (TT) ve hesaplanmış (TT') sismik geçiş zamanlarının yüzde hata cetveli.
 Table 1. Per cent error tabulation of measured (TT) and calculated (TT') seismic transit times for the K-4 well.

DERİNLİK (m)	CVL TT (μs/ft)	K - 4	
		TT' (μs/ft)	HATA (%)
1025	110	104	+ 5.45
1050	104	97	+ 6.73
1075	117	113	+ 3.41
1100	107	107	0
1125	85	85	0
1150	73	84	+ 15.00
1175	111	107	+ 3.60
1200	91	89	+ 2.19
1225	92	105	- 14.13
1250	123	115	+ 6.50
1275	97	93	+ 4.12
1300	105	114	- 8.57
1325	105	107	- 1.90
1350	134	115	+ 14.18
1375	83	82	+ 1.20
1400	88	84	+ 4.54
1425	95	92	+ 3.15
1450	88	84	+ 4.54
1475	101	92	+ 8.91
1500	97	95	+ 2.02
1525	112	100	+ 10.71
1550	85	85	0
1575	94	95	- 1.00
1600	113	114	- 0.88
1625	103	104	- 0.97
1650	103	104	- 0.97
1675	84	85	- 1.19
1700	110	114	- 3.63
1725	115	114	+ 0.87
1750	96	95	+ 1.00

Çizelge 1'in Devamı
Continuation From Table 1

DERİNLİK (m)	CVL TT (μs/ft)	K - 4	
		TT' (μs/ft)	HATA (%)
1775	80	80	0
1800	99	114	- 15.00
1825	75	79	- 5.33
1850	80	82	- 2.50
1875	96	93	+ 3.12
1900	90	89	+ 1.00
1925	83	82	+ 1.20
1950	88	82	+ 6.81
1975	80	78	+ 2.50
2000	96	95	+ 1.00
2025	75	81	- 8.00
2050	75	80	- 6.66
2075	96	85	+ 11.45
2100	76	77	- 1.31
2125	92	86	+ 6.52
2150	86	83	+ 3.48
2175	93	86	+ 7.52
2200	80	76	+ 5.00
2225	83	78	+ 6.00
2250	80	77	+ 3.75
2275	80	76	+ 5.00
2300	78	75	+ 3.84
2325	79	74	+ 5.00
2350	83	76	+ 8.43
2375	70	74	- 5.71
2400	77	80	- 3.89
2425	75	73	+ 2.66
2450	73	76	- 4.11
2475	73	72	+ 1.36
2500	72	72	0

$$\text{Yüzde Hata} = \frac{TT - TT'}{TT} \times 100$$

Çizelge 2. T-2 kuyusuna ait ölçülmüş (TT) ve hesaplanmış (TT') sismik geçiş zamanlarının yüzde hata cetveli.

Table 2. Per cent error tabulation of measured (TT) and calculated (TT') seismic transit times for the T-2 well.

DERİNLİK (m)	CVL TT (μ s/ft)	T - 2	
		TT' (μ s/ft)	HATA (%)
1025	108	96	+ 11.00
1050	107	96	+ 10.00
1075	104	93	+ 10.57
1100	106	92	+ 13.00
1125	113	102	+ 9.73
1150	85	90	- 5.88
1175	106	98	+ 7.54
1200	100	84	+ 15.00
1225	96	87	+ 9.37
1250	103	94	+ 8.73
1275	100	85	+ 15.00
1300	113	107	+ 5.30
1325	97	84	+ 13.40
1350	95	84	+ 11.57
1375	96	82	+ 14.58
1400	102	97	+ 4.90
1425	101	93	+ 7.92
1450	134	115	+ 14.17
1475	98	92	+ 6.12
1500	99	92	+ 7.00
1525	108	114	- 5.55
1550	140	120	+ 14.28
1575	90	89	+ 1.00
1600	93	91	+ 3.00
1625	97	94	+ 3.00
1650	104	117	- 12.50
1675	108	114	- 5.55
1700	89	91	- 2.24
1725	95	100	- 5.26
1750	99	114	- 15.15

Çizelge 2'in Devamı

Continuation From Table 2.

T - 2

DERİNLİK (m)	CVL TT (μs/ft)	TT' (μs/ft)	HATA (%)
1775	91	92	- 1.00
1800	88	84	+ 14.00
1825	103	95	+ 7.76
1850	91	98	- 7.69
1875	93	92	+ 1.00
1900	94	93	+ 1.00
1925	85	85	0
1950	96	92	+ 4.00
1975	92	87	+ 5.43
2000	93	90	+ 3.00
2025	82	82	0
2050	85	85	0
2075	88	85	+ 3.40
2100	90	79	+ 12.00
2125	77	78	- 1.00
2150	86	84	+ 2.30
2175	83	80	+ 3.60
2200	85	92	- 8.20
2225	93	88	+ 5.37
2250	84	84	0
2275	93	94	- 1.00
2300	78	78	0
2325	87	88	- 1.00
2350	95	89	+ 6.31
2375	85	80	+ 5.00
2400	86	82	+ 4.65
2425	95	110	+ 15.78
2450	75	79	- 5.00
2475	83	85	- 2.00
2500	84	80	+ 4.00

$$\text{Yüzde Hata} = \frac{TT - TT'}{TT} \times 100$$

SONUÇLAR

Bu çalışmada olduğu gibi, aynı sahada açılmış veya açılacak kuyuların herhangi bir tanesinden alınmış sismik geçiş-zaman ve alışılmış elektrik öz direnç logu değerleriyle bir ölçek fonksiyonu oluşturulması mümkün olabilmektedir. Bu oluşturulan ölçek fonksiyonu yardımıyla aynı sahadaki diğer kuyuların sismik geçiş-zaman logları alınmamış olması halinde dahi, anılan kuyulardan alınmış sadece kısa normal (16 inch) alışılmış elektrik öz direnç log değerleri kullanılarak, sahadaki anılan diğer kuyuların çoğunda hesaplanmış sismik geçiş-zaman logları türetilebilir. Türetilecek bu gibi logların yapay sismogramları hazırlanarak, sahanın daha önceki sismik çalışmaları elde edilmiş olabilecek sismik kesitlerinin yorumunda büyük yararları olacaktır.

KAYNAKLAR

- Al-Chalabi, M. 1979, Velocity determination from seismic reflection data, in *Developments in Geophysical Exploration Methods-1*, Ed.A.A. Fitch Applied Science Publishers London, pp. 1-68.
- Archie, G.E. 1942, The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics, *AIME Trans (Petroleum Development and Technology)* 146, 54-62.
- Faust, L.Y. 1951, Seismic velocity as a function of depth and geology, *Geophysics* 16, 192-206.
- Faust, L.Y. 1953, A velocity function including variations, *Geophysics* 18, 271-288.
- Guyod, H. and Praglin, A.J. 1961, Now get true resistivities from conventional electric logs *Oil and Gas J.* 59 (24), 113-118.
- Kennett, P. 1979, Well geophone surveys and the calibration of acoustic velocity logs, in *Developments in Geophysical Exploration Methods-1*, Ed.A.A. Fitch, Applied Science Publishers, London, pp. 93-114.
- Kim, D.Y. 1964, Synthetic velocity log. Presented at 33 rd Annual Intern. SEG Meeting, New Orleans.
- Nafe, J.E. and Drake, C.L. 1957, Variations with depth in shallow and deep water marine sediments of porosity, density and the velocities of compressional and shear waves, *Geophysics* 22, 523-552.
- Nafe, J.E. and Drake, C.L. 1963, Physical Properties of marine sediments, in *The Sea*, Vol. 3, Ed.N.M. Hill Interscience, New York, pp. 794-815.
- Rudman, A.J., Whaley, J.F., Blakely, R.F. and Biggs, M.E. 1975, Transformation of resistivity to pseudovelocity logs, *AAPG Bull.* 60, 879-882.
- Rudman, A.J. 1980, Interrelationship of resistivity and velocity logs, in *Developments in Geophysical Exploration Methods-3*, Chapter-2, pp. 33-59.
- Work, P.L. and Meadow, H.M. 1974, Digitize well logs in Marrow sand exploration, *Oil and Gas J.* 72 (7), 61-63.
- Wyllie, M.R.J., Gregory, H.R. and Garder, L.W. 1956, Elastic waves in heterogeneous and porous media, *Geophysics* 21, 41-70.

KATKI BELİRTME

Kuyu verilerinden yararlandığım TPAO Jeofizik Operasyonlar Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

YAZI VERENLER

M.A. HALL

Mike Hall hold B.Sc degrees in electronics engineering and has 19 years experience in the seismic exploration business. He spent the first 5 years as an Observer on seismic crews followed by assignments in processing and research covering most areas of seismic exploration. Mr. Hall is currently employed by Horizon Exploration Ltd, as Technical Services Manager. His main professional interests lie in the development of acquisition techniques and technology, signal processing, seismic processing and the unifying of the various disciplines involved in exploration.

ZÜHEYR KAMACI

1983 yılında I.Ü. Mühendislik Fakültesi'nden Jeofizik Mühendisi olarak mezun oldu. 1984'te Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. I.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nden Prof. Dr. Cahit ÇORUH yönetiminde "Sismik Transit-Zaman Logunun Rezistivite Logundan Türetilmesi" adlı çalışma ile yüksek lisans (master) öğrenimini 1985'te tamamladı. Doktora çalışmalarına yeni başlamış olup, halen yansımali ve kırılmalı sismik metodu üzerinde çalışmalarına devam etmektedir.



FETHİ ERGÜDER

1947 yılında Elazığ'da doğdu. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 1979 yılında mezun oldu. Halen Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü Aramalar Dairesi'nde Jeofizik Mühendisi olarak çalışmaktadır.



SELÇUK SİPAHIOĞLU

1940 yılında Balıkesir'de doğdu. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeofizik Bölümü'nden 1966 yılında mezun oldu. 1983 yılında aynı üniversitede doktorasını aldı. Halen I.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde Doçent öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.



İBRAHİM ONUR

Özgeçmiş ve fotoğraf için bakınız Cilt 1, Sayı 2, Eylül 1987, Sayfa 183.

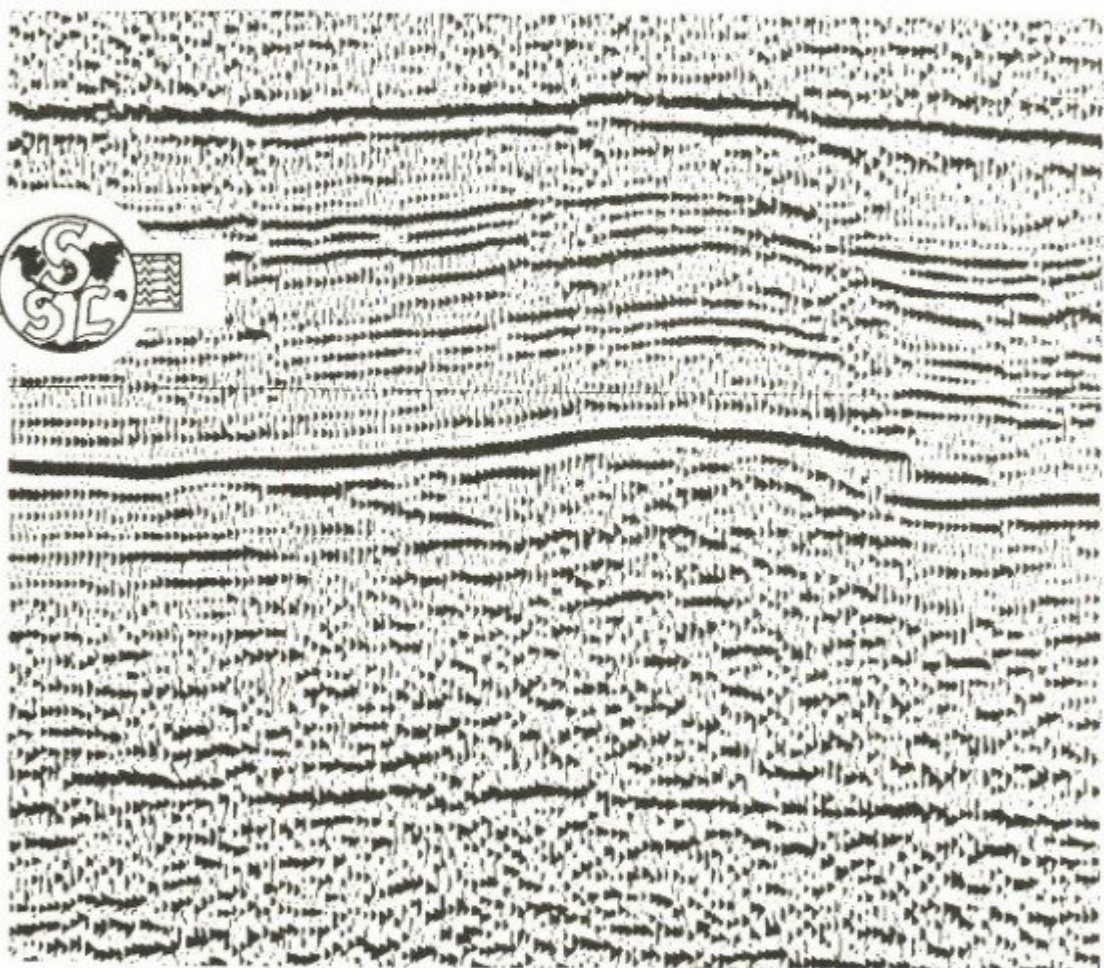
ÖMER ALPTEKİN

Özgeçmiş ve fotoğraf için bakınız Cilt 1, Sayı 1, Mart 1987, Sayfa 112.

ODA ÜYELERİ

SICIL NO.	ADI SOYADI	SICIL NO.	ADI SOYADI
617	M. Akif ÖZGÜR	663	İbrahim Etem YAVUZ
618	Hülya SALDIK	664	Melek ÖNAÇAN
619	O. Tayfun AKKUŞ	665	Nuriye ALTIN
620	Erkan AYDIN	666	Metin KIZILKAN
621	Mehmet GÜNAYDIN	667	Mehmet GENÇ
622	Birkan ADALI	668	Mustafa ÖZTÜRK
623	Naz AYBEY	669	Esra ERGİNOĞLU
624	Hasan UYGUR	670	Ayhan ZİBEL
625	Cem FİLDİŞİ	671	Cem Tekin ERTÜRK
626	Sema GÜRİSOY	672	Kamil KARABULUT
627	Niyazi BAYDEMİR	673	Yaşar SARI
628	Ali ERDOĞAN	674	Fatma ÇAKIR
629	Cengiz TÜRKAY	675	Kadir ERTÜRK
630	Mehmet Ali DUYGU	676	Necmettin KOÇAK
631	Nurettin TANDOĞAN	677	Mithat ÇİÇEK
632	Ayşegül İĞSİZ	678	Şinasi APAYDIN
633	Haluk İDER	679	Nuran ERGİN
634	Kafar KOCAGİL	680	Arzu SEVİNÇ
635	Faruk BİÇMEN	681	İsmail Hakkı ALTAN
636	İmren GÜNEŞ	682	Nebahat ARIK
637	Gülşay ÖZ	683	Nafi KARADAĞ
638	Esen ALSAN	684	Kamil Mehmet TUNÇER
639	Dilek DİNÇER	685	Güray GÖKALP
640	Fevzi ÇAKMAK	686	Dindar İLHAN
641	Mustafa TOKUŞ	687	Hülya ÇETİNOZ
642	Mehmet BİÇEN	688	Zeki Kenan GÜMÜŞBOĞA
643	Şahin KARAGÖZ	689	Sait GENÇ
644	Ayhan AVUNDUK	690	K. Dinçer ERİŞ
645	M. Erol OKSAY	691	M. Yücel ÖNAL
646	Güngör ARMUTLU	692	Turhan ÇAKIR
647	A. Hayati ÖZCAN	693	Arzu ORBAY
648	Muazzez DOĞAN	694	Alkın ALPERAT
649	Senih SERTTAŞ	695	Bülent ORUÇ
650	Tülin BÜKER	696	Ahmet Hamdi GÜLŞEN
651	A. Kenan TEZCAN	697	Mehmet ÖZCAN
652	Ali Muhiddin ALBORA	698	Hüseyin YAŞAR
653	Recep BAĞCIOĞLU	699	Ali KILIÇ
654	Mete ALBAYRAK	700	İbrahim TUTAN
655	Cemil Burak SAKARYA	701	Ali GÖL
656	Sami BAYAR	702	Hüseyin GÖKÇEK
657	Çiçek EREN	703	F. Gözde YAVUZ
658	Kemal TİMUR	704	Erhan AYHAN
659	Mehmet Celal MASMANACI	705	Fariz KOCA
660	Mehmet Celalettin TANIŞ	706	Hilal GÜNGENCI
661	Metin BÜYÜKBEKTAŞ	707	Celalettin GÜNGENCI
662	Enver SARIKAYA		

SEISMIC ACQUISITION AND DATA PROCESSING SERVICES



SEISMOGRAPH SERVICE LTD

NENEHATUN CADDESİ No. 66
GAZİOSMANPAŞA
ANKARA, TURKEY
TELEPHONE 136 58 14

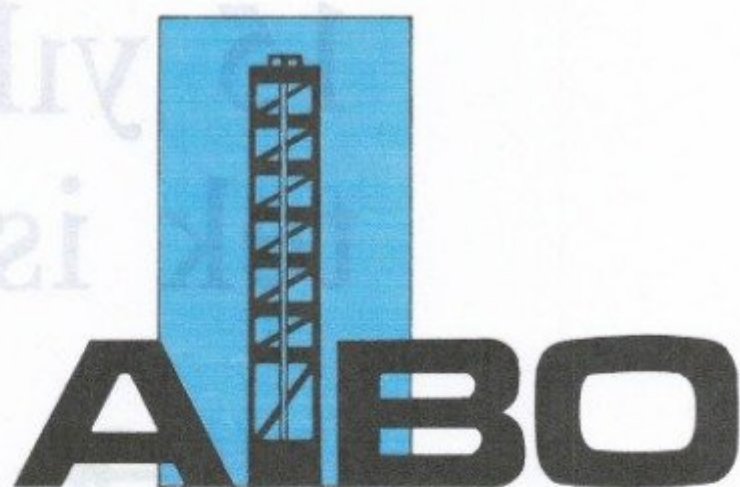


ASLANTAŞ

İNŞAAT TİCARET KOLLEKTİF ŞİRKETİ
ZEYNEL ASLAN ve ORTAKLARI

- _ İNŞAAT
- _ HAFRİYAT
- _ SİSMİK HAT YOLLARI

TEL: 2571 - 2321 - 4698 - 4579
ATATÜRK BULVARI NO. 11/E ADIYAMAN



Allgemeines Bohrunternehmen Wathlingen GmbH

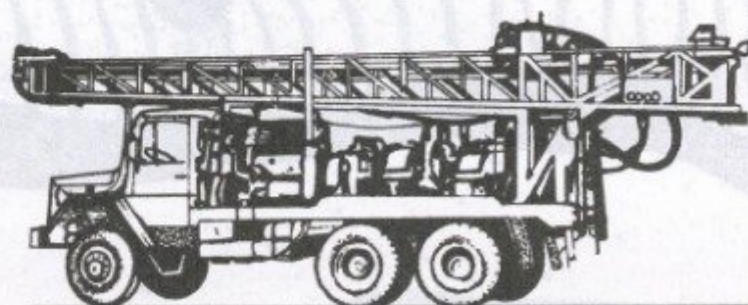
3101 WATHLINGEN POSTFACH 31, TELEFON: 051 44 - 3343

TELEX: 9 25 009 CEBRB - D. W. GERMANY

DRILLINGS FOR PROSPECTING - WATER - DEPTH GAUGE - CORE BORING -

BUILDING GROUND WATER DESCENDING - GEOPHYSICS AND SEISMIC

ÇANKAYA CAD. 23/2 ANKARA TEL: 125 91 98 - 136 34 63



Araştırmalarınızda 15 yıllık tek isim



adım

anadolu dış ticaret a.ř.

Ankara: (4) 136 30 32, İstanbul: (1) 172 70 20

