



T.C.  
BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI  
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

83



## Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

*Bulletin of Earthquake Research  
( Bull. Earthq. Res. )*



Ocak [January] / 2000  
Cilt [Volume]: 27

# Sayı [Issue]: 83

## İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

---

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Coğrafi Bilgi Sistemindeki Konuma Bağlı Analizlerin Deprem Bölgeleri Haritasına Uygulanması [An Application to Earthquake Zones Map of Spatial Analysis in Geographic Information System]  
Bülent ÖZMEN, Murat NURLU ..... 5-18

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Adana ve Çevresinin Sismotektonik Özellikleri [Seismotectonic Features of Adana and Its Surrounding Area]  
Doğan KALAFAT, Ali PINAR ..... 19-30

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kütahya'nın Deprem Riskinin İncelenmesi [Investigation of Earthquake Risk of Kütahya]  
Vedat ÖZKAN ..... 31-40

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Alaşehir Depremi (28 Mart 1969) Fotoğrafları [The Photographs of the Alaşehir Earthquake (28 March 1969)]  
İsmail Hakkı KARAMANDERESİ ..... 41-62

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Odak Mekanizması Çözüm Yöntemleri [Focal Mechanism Solution Methods]  
Doğan KALAFAT ..... 63-94

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Tosya (Kastamonu), Kargı, Osmancık (Çorum), Merzifon (Amasya), Amasya ve Tokat İstasyonlarında Yapılan Jeolojik ve Jeofiziksel Zemin Etüdü Sonuçları ve Sonuçların Yorumlanması [Results of Geological and Geophysical Soil Investigation and Interpretation of Results at Tosya (Kastamonu), Kargı, Osmancık (Çorum), Merzifon (Amasya), Amasya and Tokat Stations]  
Mustafa GÜRBÜZ, Turgay KURU, Aytaç APAK ..... 95-112

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Türk-Japon Ortak Projesinde Sismograf İstasyonlarının Kurulma Esasları [A Case Study on the Preparation of Seismic Station Sites and Sedimenter Installation Technique]  
Adem SÖMER, Bekir TÜZEL ..... 113-121

### ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Depremde Hasar gören Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi [Repair and Strengthen of Damaged by Earthquake Reinforced Concrete Structures]  
Celalettin BAŞYİĞİT, Özlem GENÇER, Serdal TERZİ ..... 122-130



Filizet KURAN,  
Ağ. 1984

T. C.  
BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI  
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

# 83



T. C.  
BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI  
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

83

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

\*

Üç Ayda Bir Yayınlanır  
Bilim ve Meslek Dergisi

\*

Sahibi  
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına  
**Mustafa TAYMAZ**  
Afet İşleri Genel Müdür V.

\*

Yazı İşleri Müdürü  
**Dr. Günruh BAGCI**  
(Jeofizik Y.Müh.)

Afet İşleri Genel Müdürlüğü  
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı

\*

Posta Kutusu 763  
Kızılay-ANKARA

\*

Telefon: 287 36 45 - 287 36 46

GİM Ofset  
Tel: 395 25 73 - ANKARA

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL 27

SAYI 83

OCAK 2000

## BU SAYIDA

Coğrafi Bilgi Sistemindeki Konuma Bağlı Analizlerin  
Deprem Bölgeleri Haritasına Uygulanması.....B.ÖZMEN, M.NURLU

Adana ve Çevresinin  
Sismotektonik Özellikleri ..... D.KALAFAT, A.PINAR

Kütahya'nın Deprem Riskinin  
İncelenmesi ..... VÖZKAN

Alaşehir Deprem Fotoğrafları ..... İ.H.KARAMANDERESİ

Odak Mekanizması  
Çözüm Yöntemleri ..... D.KALAFAT

Tosya (Kastamonu), Kargı, Osmançık, (Çorum),  
Merzifon (Amasya), Amasya ve Tokat İstasyonlarında  
Yapılan Jeolojik ve Jeofiziksel Zemin Etüdü Sonuçları  
ve Sonuçların Yorumlanması ..... M.GÜRBÜZ, T.KURU, A.APAK

Depremde Hasar Gören Betonarme,  
Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi ..... C.BAŞYİĞİT, Ö.GENCER, S.TERZİ

**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİNDEKİ KONUMA BAĞLI ANALİZLERİN  
DEPREM BÖLGELERİ HARİTASINA UYGULANMASI  
( An Application to Earthquake Zones Map of Spatial Analysis in Geographic  
Information System )**

*Bülent ÖZMEN\*, Murat NURLU\*\**

*\*,\*\* Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi*

*İş Tel : 0 (312) 287 36 42 Fax : 0 (312) 285 53 04*

*Jeoloji Yüksek Mühendisi*

*\* ozmen@deprem.gov.tr \*\* nurlu@deprem.gov.tr*

**ÖZET**

Coğrafi Bilgi Sistemi birçok ülkede çok çeşitli meslek dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde de yeterli olmamasına rağmen kamu kuruluşları, üniversiteler ve özel şirketler de kullanılmaya başlanmıştır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1972 yılından beri yürürlükte olan Deprem Bölgeleri Haritasının yerine 1996 yılında yeni bir harita yayınladı. Bu haritaya göre Türkiye yer ivmesinin beklenen değerlerine göre beş bölgeye ayrılmıştır. Biz bu çalışmada, en son yayınlanan Deprem Bölgeleri Haritasına Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan analiz türlerini uygulayarak bu analiz türlerini örnekleriyle açıklamaya ve elde edilen sonuçları tablo ve şekiller halinde göstererek de bu harita hakkında bazı bilgiler vermeye çalıştık.

**ABSTRACT**

Geographic Information Systems ( GIS ) are using widely in very different occupations at the number of country. Also, It is came into use in the government, education sector and the commercial at our country. At 1996 year The Ministry of Public Works and Settlement published a new map instead of Earthquake Zones Map of Türkiye has been into operation since 1972. In according to this map, Türkiye is divided into the five different zones by considering the expected maximum acceleration values. The aim of this study is to apply the spatial analysis that exist at Geographic Information Systems to this map and give some information about this map. Also the some of the obtained results has been shown with tables and figures.



## 1. GİRİŞ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, uzun bir aradan sonra 1972 yılından beri yürürlükte olan Deprem Bölgeleri Haritasının yerine 1996 yılında yeni bir harita yayınladı. Bu harita daha önce yayınlanan haritalardan farklı olarak olasılık yöntemleri esas alınarak hazırlandı. Bu haritaya göre Türkiye beş bölgeye ayrılmıştır. Yer ivmesinin 0.40 g ve daha büyük olması beklenen bölgeler birinci (I), 0.30 – 0.40 g olması beklenen bölgeler ikinci (II), 0.2 – 0.3 g olması beklenen bölgeler üçüncü (III), 0.1 – 0.2 g olması beklenen bölgeler dördüncü (IV) ve 0.1 g den küçük olması beklenen bölgeler beşinci (V) derece deprem bölgesi olarak isimlendirilmiştir.

Bu çalışmada amacımız, Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan analiz türlerini Deprem Bölgeleri haritasına uygulayarak analiz türlerini örnekleriyle açıklamaktır. Ayrıca elde edilen sonuçların bir kısmı şekil ve tablolar halinde sunularak Deprem Bölgeleri haritası hakkında bazı bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemi, konuma bağımlı grafik ve grafik olmayan yazılı bilgileri bir sistem içerisinde birleştirmeyi, çeşitli sorgulamalar, analizler yapabilmeyi ve bu bilgilere en kısa zamanda erişmeyi sağlaması nedeniyle konumsal bilgi ile ilgilenen tüm meslek dallarında uygulama alanı bulmuştur. Çok farklı mesleklerde kullanılması farklı tanımları da beraberinde getirmiştir. Biz kısaca, Coğrafi Bilgi Sistemini konuma dayalı her türlü bilginin toplanması, depolanması, işlenmesi ve sunulması görevini yerine getiren bir araç olarak tanımlayabiliriz.

## 2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, objelerin sadece koordinatı ile değil, aynı zamanda öznitelik bilgileri ile birlikte depolanmasına olanak tanımıştır. Başlangıçta bu veriler grafik ve grafik olmayan bilgiler olarak ayrı ayrı

depolanabilmekte, birbirleriyle ilişkilendirilememekte idi. Fakat, Coğrafi Bilgi Sistemi grafik ve grafik olmayan bilgileri ilişkilendirmeyi ve bu veriler üzerinde çeşitli sorgulamalar ve analizler yapabilmeyi başarmıştır. Bu nedenle yapılması çok uzun zaman alacak veya imkansız olan bazı hesaplamalar bu sorgulama ve analiz teknikleri kullanılarak çok kısa bir zamanda yapılabilmektedir. Buna bir örnek olarak, Deprem Bölgeleri haritası ve Diri Fay haritasının kullanılarak diri fayların hangi deprem bölgesinde ne kadar uzunluğa sahip olduğunu hesaplama, örneğini verebiliriz.

Coğrafi Bilgi Sistemi ile yapılacak olan bir çalışma projenin tasarlanması ile başlar haritaların sayısallaştırılması, düzeltmelerin yapılması, yeni verilerin girilmesi ile devam eder amacımıza yönelik sorgulama ve analizlerin yapılması yeni şekillerin oluşturulması ve sonuç raporunun yazılması ile son bulur (Şekil 1 ).

### 3. COĞRAFI ANALİZLER

#### 3.1. Coğrafi Birleştirme

##### 3.1.1. Alan Detayların Alan Detaylar ile Birleştirilmesi



Alan Detay ( İl, İlçe sınırları Haritası )



Alan Detay (Deprem Bölgeleri Haritası )

Deprem bölgeleri haritasının, il, ilçe sınırları haritası ile yani alan detayların alan detaylarla birleştirilmesi ile Deprem bölgelerinin her il ve ilçe sınırları içinde kaç km<sup>2</sup> alan kapladığı bulunmuştur. İki haritanın birleştirilmesi ile elde edilen yeni harita Şekil 2’de alan hesaplamaları için de örnek olarak Adana ili için yapılan hesaplamalar

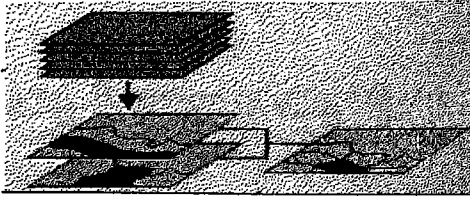
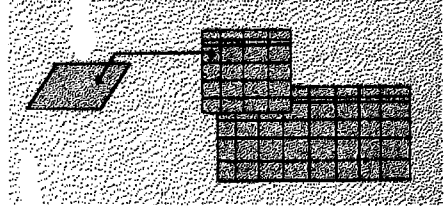
PROJENİN  
TASARLANMASI



*HARİTALARIN SAYISALLAŞTIRILMASI,  
HATALARIN DÜZELTİLMESİ, TOPOLOJİ  
KURULMASI ve PROJEKSİYON SİSTEMİNE  
DÖNÜŞTÜRÜLMESİ*



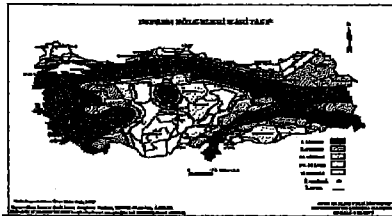
VERİ TABANININ  
DÜZENLENMESİ (Standart  
özniteliklere, ek özniteliklerin  
eklenmesi)



COĞRAFI  
SORGULAMA ve  
ANALİZLER



SUNUŞ



RAPOR

Şekil 1 : Coğrafi Bilgi Sistemi Akış Şeması



aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Özmen, vd., 1997). Bu tabloda Adana il ve ilçe merkezlerinin hangi dereceli deprem bölgesine düştüğünü ve ilçe sınırları içinde hangi deprem bölgesinin ne kadar alan kapladığını görebilirsiniz.

| İLADI      | D.B. | Yüzölçümü (km <sup>2</sup> ) |    |              |    |               |     |               |    |              |   |        |
|------------|------|------------------------------|----|--------------|----|---------------|-----|---------------|----|--------------|---|--------|
|            |      | I<br>Derece                  | %  | II<br>Derece | %  | III<br>Derece | %   | IV.<br>Derece | %  | V.<br>Derece | % | Toplam |
| ADANA      | 2    | 306                          | 2  | 4084         | 29 | 6966          | 49  | 2716          | 19 | -            | - | 14073  |
| Aladağ     | 3    | -                            | -  | -            | -  | 1291          | 95  | 64            | 5  | -            | - | 1355   |
| Ceyhan     | 2    | 4                            | 0  | 1413         | 98 | 21            | 1   | -             | -  | -            | - | 1438   |
| Feke       | 4    | -                            | -  | -            | -  | 430           | 35  | 803           | 65 | -            | - | 1233   |
| İmamoğlu   | 3    | -                            | -  | 40           | -  | 245           | 86  | -             | -  | -            | - | 285    |
| Karaisalı  | 3    | -                            | -  | -            | -  | 1535          | 100 | -             | -  | -            | - | 1535   |
| Karataş    | 2    | 132                          | 15 | 773          | 85 | -             | -   | -             | -  | -            | - | 904    |
| Kozan      | 3    | -                            | -  | 73           | -  | 1809          | 96  | -             | -  | -            | - | 1882   |
| Pozantı    | 3    | -                            | -  | -            | -  | 665           | 83  | 132           | 17 | -            | - | 798    |
| Saimbeyli  | 4    | -                            | -  | -            | -  | 397           | 34  | 766           | 66 | -            | - | 1163   |
| Seyhan     | 2    | -                            | -  | 328          | 65 | 178           | 35  | -             | -  | -            | - | 505    |
| Tufanbeyli | 4    | -                            | -  | -            | -  | 41            | 4   | 950           | 96 | -            | - | 991    |
| Yumurtalık | 1    | 171                          | 32 | 360          | 68 | -             | -   | -             | -  | -            | - | 530    |
| Yüreğir    | 2    | -                            | -  | 1098         | 76 | 354           | 24  | -             | -  | -            | - | 1452   |

### 3.1.2. Nokta Detayların Alan Detaylar ile Birleştirilmesi



Nokta Detay (İl, İlçe merkezleri haritası)



Alan Detay (Deprem Bölgeleri Haritası )

İl, ilçe, bucak merkezleri ve belediye teşkilatı olan köylerin deprem bölgeleri haritası ile, yani nokta detayların alan detay ile birleştirilmesi sonucu yerleşim yerlerinin hangi deprem bölgesine düştüğü ve bu yerleşim birimlerinin deprem bölgelerine göre sınıflandırılması ve nüfuslarının toplanması ile hangi deprem bölgesinde ne kadar insan yaşadığı tespit edilerek aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Özmen, vd., 1997).

| Deprem Bölgeleri | Yüzölçümü (km <sup>2</sup> ) | (%) | Nüfus (1990)      | (%) | Tahmini Nüfus (1997) | (%) |
|------------------|------------------------------|-----|-------------------|-----|----------------------|-----|
| I.derece         | 328 995                      | 42  | 25 052 683        | 44  | 28 498 740           | 45  |
| II.derece        | 186 411                      | 24  | 14 642 950        | 26  | 16 674 656           | 26  |
| III.derece       | 139 594                      | 18  | 8 257 582         | 15  | 9 334 138            | 15  |
| IV.derece        | 97 894                       | 12  | 7 534 083         | 13  | 8 129 711            | 13  |
| V.derece         | 32 051                       | 4   | 985 737           | 2   | 1 107 757            | 2   |
| <b>Toplam</b>    | <b>784 945</b>               |     | <b>56 473 035</b> |     | <b>63 745 000</b>    |     |

Yine aynı haritaların karşılaştırılması ile Türkiye'deki il, ilçe, bucak ve belediye teşkilatı olan köylerin hangi deprem bölgesine düştüğü bulundu. Bu çalışma için örnek olarak Ankara ili için elde edilen sonuçların bir kısmı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Gencoğlu, vd., 1996).

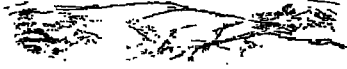
| YERLEŞİM YERİ       | D.B. |
|---------------------|------|
| ANKARA BYŞ. B.      | 4    |
| AKYURT B.(Ravlı)    | 3    |
| ALTINDAĞ BYŞ.B.     | 4    |
| Altınova B. (Gıcık) | 3    |
| AYAŞ B.             | 4    |
| Oltan B.            | 4    |

| YERLEŞİM YERİ | D.B. |
|---------------|------|
| HAYMANA B.    | 4    |
| Çalış B.      | 4    |
| İkizce        | 4    |
| Oyaca B.      | 4    |
| Yenice B.     | 4    |
| KALECİK B.    | 3    |

Ayrıca elde edilen sonuçlardan il, ilçe, bucak ve belediye teşkilatı olan köylerin kaç tanesinin hangi deprem bölgesine düştüğü tesbit edilerek aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Özmen, vd., 1997).

| Deprem Bölgeleri | İl Sayısı | %  | İlçe Sayısı | %  | Bc.Mrk. Sayısı | %  | Belediye Köylerin Sayısı | %  |
|------------------|-----------|----|-------------|----|----------------|----|--------------------------|----|
| I                | 34        | 43 | 406         | 48 | 335            | 49 | 742                      | 47 |
| II               | 22        | 28 | 176         | 21 | 152            | 22 | 306                      | 19 |
| III              | 13        | 16 | 130         | 15 | 98             | 14 | 277                      | 18 |
| IV               | 9         | 11 | 116         | 14 | 78             | 12 | 196                      | 12 |
| V                | 2         | 3  | 19          | 2  | 15             | 2  | 55                       | 3  |
| <b>Toplam</b>    | <b>80</b> |    | <b>847</b>  |    | <b>678</b>     |    | <b>1576</b>              |    |

### 3.1.3. Çizgi Detayların Alan Detaylar ile Birleştirilmesi



Çizgi Detay (Diri fay haritası)



Alan Detay (Deprem Bölgeleri Haritası )

MTA tarafından yayınlanan Türkiye Diri Fay Haritasının ( Şaroğlu vd. 1992 ) Deprem Bölgeleri Haritası ile yani çizgi detayların alan detaylar ile birleştirilmesi ile Türkiye'deki diri fayların hangi dereceli deprem bölgesinde ne kadar uzunluğa sahip olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen harita Şekil 3'de ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Özmen, v.d., 1997).

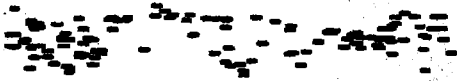
| Deprem Bölgeleri | Diri Fay Uzunluğu(km) | %  |
|------------------|-----------------------|----|
| I                | 10 606                | 72 |
| II               | 2 762                 | 19 |
| III              | 938                   | 6  |
| IV               | 275                   | 2  |
| V                | 214                   | 1  |
| <b>Toplam</b>    | <b>795</b>            |    |

### 3.2. Yakınlık Analizi

#### 3.2.1. Nokta Detaylar için Yakınlık Analizi



Tampon Bölge (İzmir il merkezini çevreleyen 140 km yarıçaplı daire)



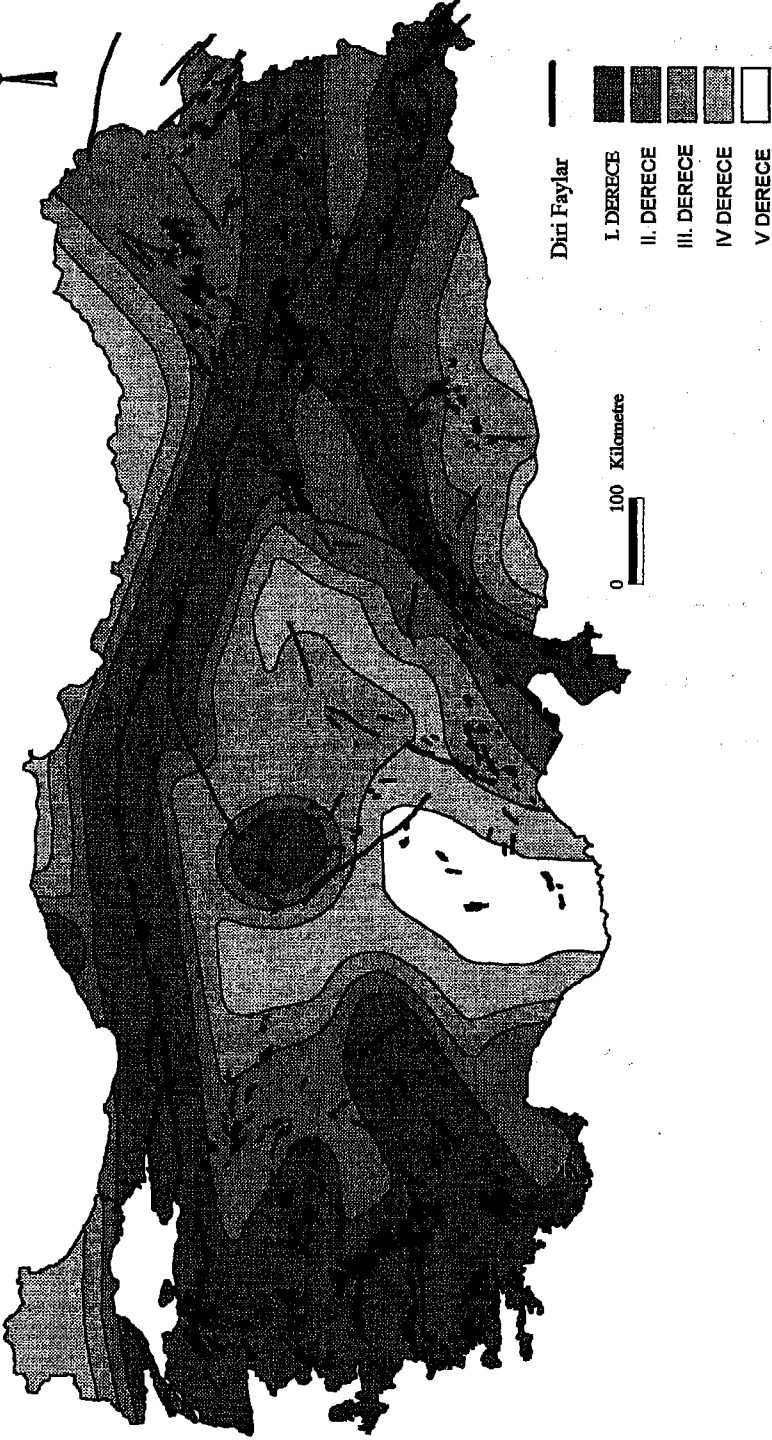
Detayları belirlenecek bölge (Hasar yapan depremler)



Tampon Bölge içine düşen detaylar ( Tampon bölge içindeki hasar yapan depremler)



# TÜRKİYE DIRİ FAY HARİTASI\* ve DEPREM BÖLGELERİ



\* Şaroğlu vd., 1992.

Bülent Özmen, Murat Nurlu, Hüseyin Güller'in 1997 yılında hazırladıkları, " Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi " kitabından alınmıştır.

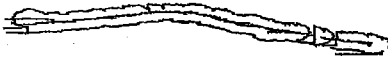
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ  
ANKARA-TÜRKİYE

Şekil 3 : Diri Fayların Deprem Bölgeleri Haritası Üzerindeki Dağılımı

Nokta tipindeki detayların merkez olarak alınması ve istenen çapta daire şeklinde bir alan oluşturulması ve bu alan içindeki detayların belirlenmesi işlemidir. Örnek olarak İzmir il merkezi merkez olmak üzere 140 km çapında bir daire çizilmiş ve bu daire içinde kalan 1900-1997 tarihleri arasındaki hasar yapan depremlerin kaç tanesinin bu alan içinde kaldığı tesbit edilmiş ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

| YER             | TARİH      | DERİNLİK | MS | IO   |
|-----------------|------------|----------|----|------|
| Ayvalık-Edremit | 06 10 1944 | 40       | 7  | IX   |
| Demirci         | 23 03 1969 | 9        | 6  | VII  |
| İzmir-Dikili    | 22 09 1939 | 10       | 7  | IX   |
| Foça            | 14 06 1979 |          | 6  |      |
| Alaşehir        | 28 03 1969 | 4        | 7  | VIII |
| İzmir           | 09 12 1977 |          | 5  |      |
| İzmir-Karaburun | 23 07 1949 | 10       | 7  | IX   |
| İzmir           | 01 02 1974 | 31       | 5  | VI   |
| Karaburun       | 02 05 1953 | 60       | 5  |      |
| Karaburun       | 06 04 1969 | 16       | 6  |      |
| İzmir           | 16 12 1977 | 24       | 5  |      |
| İzmir-Torbalı   | 31 03 1928 | 10       | 7  | IX   |
| Germencik       | 10 04 1960 | 40       | 4  |      |
| Aydın-Söke      | 16 07 1955 | 40       | 7  | IX   |

### 3.2.2. Çizgi Detaylar için Yakınlık Analizi



Tampon Bölge ( Kuzey Anadolu Fay zonunu 50 km çevreleyecek şekilde )



Nokta Detay ( İl merkezleri )



Tampon bölge içinde kalan il merkezleri

Çizgi tipindeki detayları çevreleyecek şekilde istenen uzaklıklarda alanlar oluşturulup bu alanlar içindeki detayların belirlenmesi işlemidir. Örnek olarak Kuzey Anadolu Fay zonunu çevreleyecek şekilde 50 km lik bir alan (tampon bölge) oluşturulmuş ve bu tampon bölge içinde kalan il merkezleri belirlenmiştir. Böylece Kuzey Anadolu Fay zonu üzerinde oluşabilecek bir depremden etkilenme olasılığı yüksek olan iller tespit edilmiştir. Bu il merkezleri sırasıyla Amasya, Bilecik, Bolu, Çankırı, Karabük, Kastamonu, Kocaeli, Muş, Sakarya ve Tokat olmak üzere 10 il merkezidir.

### **3.2.3. Alan Detaylar için Yakınlık Analizi**

Alan tipindeki detayları çevreleyecek şekilde istenen uzaklıklarda alanların oluşturulup bu alanlar içindeki detayların belirlenmesi işlemidir. Örnek olarak bir baraj gölünün 100 m yakınındaki yerleşim yerlerinin belirlenmesini verebiliriz.

### **3.3. Coğrafi Ayırma**

Sınırlarına ve/veya özneliliklerine bağlı olarak coğrafi bir bölgeye ilişkin grafik ve grafik olmayan bilgilerin çıkartılarak yeni detayların elde edilme işlemidir. İl sınırlarını içeren katmandan yeniden seçme ile İç Anadolu bölgesine düşen iller seçilerek yeni bir katman oluşturulmuştur. Daha sonra bu katman kullanılarak clip komutuyla deprem bölgeleri haritasından İç Anadolu bölge sınırlarına düşen alan belirlenerek İç Anadolu bölge sınırları içindeki deprem bölgelerinin dağılımı ve kaç km<sup>2</sup> alan kapladığı tespit edilmiştir ( Özmen, vd., 1997 ).

| İÇ ANADOLU BÖLGESİ |                              |    |                   |    |                   |    |
|--------------------|------------------------------|----|-------------------|----|-------------------|----|
| Deprem Bölgeleri   | Yüzölçümü (km <sup>2</sup> ) | %  | Nüfus (1990)      | %  | Tahmini (1997)    | %  |
| I                  | 53 807                       | 23 | 3 434 898         | 26 | 3 496 183         | 25 |
| II                 | 40 398                       | 17 | 1 619 877         | 12 | 1 748 856         | 12 |
| III                | 68 588                       | 29 | 3 062 051         | 23 | 3 231 791         | 23 |
| IV                 | 50 223                       | 21 | 4 192 293         | 32 | 4 678 560         | 33 |
| V                  | 24 523                       | 10 | 787 060           | 6  | 856 352           | 6  |
| <b>Toplam</b>      | <b>237 539</b>               |    | <b>13 096 179</b> |    | <b>14 011 742</b> |    |

#### 4. SONUÇLAR

Coğrafi Bilgi Sisteminde yer alan analiz ve sorgulama türleri örnekleriyle açıklanarak bu analizlerin hangi amaçlar için kullanılabileceği gösterilmiştir.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayınlanan Deprem Bölgeleri Haritasına göre Türkiye yüzölçümünün ( % 42 ) ve nüfusunun ( % 44 ) hemen hemen yarısına yakın kısmı I.derece deprem bölgesindedir.

İl merkezlerinin 34 tanesi % 43'ü, ilçe merkezlerinin 406 tanesi % 48'i birinci derece deprem bölgesindedir.

#### 5. DEĞİNİLEN BELGELER

Gencoğlu, S., Özmen, B., Güler, H., Yerleşim Birimleri ve Deprem, Türkiye Deprem Vakfı (TDV),Ağustos 1996, 58 sayfa.

Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H., Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Ağustos 1997, 88 sayfa.

**Şaroğlu, F., Emre, M., Kuşçu, M., Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1992.**

**Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, T.C.Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996.**

# ADANA VE ÇEVRESİNİN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Doğan KALAFAT, Ali PINAR

B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 81220 Çengelköy/İSTANBUL

## Öz

27 Haziran Adana-Ceyhan depremi, son yıllarda Türkiye'de büyük bir şehirde olan en önemli depremdir. Adana ve çevresi özellikle son yüzyılda önemli bir deprem etkinliğine sahip olmuştur. Buna, Adana-Misis 1945 ( $M_s=5.7$ ), 1952 ( $M_s=5.3$ ), Adana-Kozan 1979 ( $M_b=5.1$ ), Gaziantep 1986 ( $M_b=5.0$ ), İskenderun Körfezi 1989 ( $M_b=4.9$ ), Kadirli-Adana 1991 ( $M_b=5.2$ ), Adana-Ceyhan 1994 ( $M_b=5.0$ ) ve Adana-İskenderun 1994 ( $M_b=4.9$ ) depremleri örnek olarak verilebilir. Tüm bu depremlerin fay düzlemi çözümleri bölgede karmaşık deformasyonların hüküm sürdüğünü göstermektedir. Doğrultu atım bileşeni olan normal ve ters faylar, doğrultu atımlı faylar bölgede hakim faylanma tipleridir. Ana şoku ( $M_d=6.3$ ,  $M_s=6.2$ ) takip eden 3 ay içerisinde hissedilir türde (çoğunluğu  $M_d>3.0$ ) toplam 137 adet artçı depremin lokasyonu yapılmıştır. 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depreminin artçılarının dış merkez dağılımlarına bakıldığında, ağır hasar gören bölge ile artçı sarsıntılarının dağılımının uyumlu olduğu, artçı sarsıntıların Adana ovasına güneydoğuya doğru ve genel gidişinin de KD-GB şeklinde yoğunlaştığı görülmüştür.

## SEISMOTECTONIC FEATURES OF ADANA AND SURROUNDING AREA

### Abstract

The June, 1998 earthquake is the most recent event in Turkey devastating the Adana and Ceyhan cities. Adana and its surroundings experienced relatively high seismic activity during the last century. The Adana-Misis 1945 ( $M_s=5.7$ ), 1952 ( $M_s=5.3$ ), Adana-Kozan 1979 ( $M_b=5.1$ ), Gaziantep 1986 ( $M_b=5.0$ ), Gulf of İskenderun 1989 ( $M_b=4.9$ ), Kadirli-Adana 1991 ( $M_b=5.2$ ), Adana-Ceyhan 1994 ( $M_b=5.0$ ) and Adana-İskenderun 1994 ( $M_b=4.9$ ) events are examples proving this fact. The focal mechanism solutions of the above earthquakes indicate that the region undergoes complex tectonic regime. Normal and reverse faulting with strike-slip components along with strike-slip faulting are observed. After the main shock ( $M_d=6.3$ ,  $M_s=6.2$ ) 137 mostly felt aftershocks of  $M>3.0$  were located. The aftershocks distribution and the maximum damage area are in good correlation.

## 1. Giriş

27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depremi yerel saat ile 16:55'de meydana gelmiştir. Deprem Çukurova bölgesinde şiddetli hissedilmiş, Adana'nın güneyi özellikle doğusundaki Ceyhan, Misis ve yakın yerleşim birimlerinde önemli derecede hasara ve can kaybına neden olmuştur. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne (KRDAE) ait deprem şebekesi tarafından kaydedilen depremin merkezi Adana ilinin güneydoğusu, Ceyhan yakınları olarak verilmiştir. Depremin tahripkar bir deprem ( $M_d=6.3$ ) olduğu belirtilmiş ve depremden hemen sonra depremin merkezi ve büyüklüğü verilerek kurtarma ve sağlık ekiplerinin deprem bölgesine intikalinin ivedi olarak yapılmasına olanak sağlanmıştır. Deprem, Çukurova bölgesi başta olmak üzere yaklaşık 400000 km<sup>2</sup>'lik bir alanda hissedilmiştir. İlk belirlemelere göre deprem esnasında 146 kişi hayatını kaybetmiş, 1000'den fazla kişi de yaralanmıştır. Deprem sonucu 12 000'in üzerinde bina hasar görmüş ve yaklaşık yarım milyar dolar tutarında maddi kayıp meydana gelmiştir. KRDAE depremden hemen sonra, deprem parametrelerini tüm yurda ve İNTERNET aracılığı ile dünyaya duyurmuştur. KRDAE'nün ve diğer uluslararası sismoloji merkezlerinin ana şokla ilgili deprem parametreleri aşağıdaki gibi verilmiştir;

| ANA ŞOKA AİT DEPREM PARAMETRELERİ |            |               |       |           |               |             |
|-----------------------------------|------------|---------------|-------|-----------|---------------|-------------|
| O. TARİHİ                         | O. ZAMANI  | KOORDİNATLARI |       | DERİNLİĞİ | MAGNİTÜD      | KAYNAK      |
|                                   | (U.T.)     | (°K)          | (°D)  | (km)      |               |             |
| 27/06/1998                        | 13:55:51.8 | 36.96         | 35.53 | 10 km.    | 6.3 Md        | ISK (KRDAE) |
|                                   | 13:55:48.8 | 36.88         | 35.37 | 10 km.    | 6.2 Ms/6.3 Mw | USGS        |
|                                   | 13:55:50.8 | 36.56         | 35.19 | 17 km.    | 6.2 Mw        | EMSC        |
|                                   | 13:55:53.4 | 36.85         | 35:55 | 23 km.    | 5.9 Md        | ERD (DAD)   |

## 2. Sismisite

Bölge gerek tarihsel dönemde gerekse aletsel dönemde yoğun sismik etkinliği ile dikkat çekmektedir.

Tarihsel dönemde özellikle Çukurova bölgesinin şiddetli depremlere maruz kaldığı ( $I_0=VI-IX$  arası) çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Pınar ve Lahn, 1952; Soysal ve diğ., 1981; Ambraseys, 1988). Tablo-1'de önemli depremlerin listesi verilmiştir.

TABLO-1

| TARİHSEL DÖNEMDE (M.Ö. 2100-M.S.1900) BÖLGEDE ETKİLİ OLAN DEPREMLER |              |           |  |                         |  |  |
|---|--------------|-----------|--|-------------------------|--|--|
| TARİH   | COORDİNATLAR | ŞİDDET    | YER/ETKİLENER ALAN                         | AÇIKLAMALAR             |  |  |
| (Gün/ay/yıl)  | (K°/D°)      | ( $I_0$ ) |  |                         |  |  |
| 14.05. 290  | 37.06-35.80  | VIII      | Ceyhan, Tarsus, İçel                       | Ağır hasar              |  |  |
| 524   | 37.25-35.92  | VII       | Anazarba, Ceyhan, Misis, Kadirli           | "                       |  |  |
| 561   | 37.25-35.92  | X         | Anazarba ve çevresi                        | Ağır hasar              |  |  |
| 10.08.1114  | 36.50-35.50  | IX        | Ceyhan, Adana, Antakya, Maraş, Lübnan      | Ağır hasar, Tsunami     |  |  |
| 1268  | 37.75-35.80  | IX        | Kozan, Ceyhan, Adana ve Yöresi             | 60 000 ölü, $r=400$ km. |  |  |
| 1514  | ? - ?        | VII       | Tarsus, Adana, İçel, Maraş, Malatya, Mısır | Ağır hasar              |  |  |
| 1855  | 37.06-35.75  | VI        | Ceyhan, Adana                              | "                       |  |  |
| 01.1896   | 37.00-35.30  | VI        | Adana, Mersin                              | Şiddetli                |  |  |

Tarihsel dönemde bölgedeki en önemli sismik kaynaklar; Ceyhan, Misis, Anazarba (Anazarbos/Dilekkaya) ve Hatay olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 1, 2). Özellikle Anazarbos antik kenti tarihi boyunca şiddetli depremlere maruz kalmış ve tamamen yıkılmıştır.

Bu şehirden Ceyhan'ın KD'sundan ve Misis-Ceyhan-Kadirli'den geçen hat boyunca şiddetli depremler meydana gelmiştir.

Aletsel dönemde 1900-1998 yılları arası bölgede yoğun sismik etkinlik göze çarpmaktadır (Şekil 3). Bölgeyi etkilemiş önemli depremler Tablo-2'de verilmiştir. Her ne kadar 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depreminin oluş düzeni Anaşok+Artçı şok şeklinde ise de, bu deprem öncesi bölgede 3 Ocak 1998 ( $M_d=4.0$ ) olan deprem ilgi çekicidir. Nitekim bu depremin dış merkezi Ceyhan-Adana olup kuvvetli bir şekilde yörede hissedilmiştir. Yörede olan depremlerin oluş düzenlerine baktığımızda öncü şok aktivitesinin genelde olmadığı görülmüştür. Keza bölgede etkili olan depremlerin aletsel büyüklüklerinin de  $M=5-6$  arasında değiştiği görülmektedir. 1 Mayıs 1925 ve Şubat 1929 depremleri aletsel dönemdeki ilk depremler olup, Adana civarında oldukça şiddetli olarak hissedildiği Pınar ve Lahn, 1952 tarafından verilmektedir.

**TABLO-2**

**ALETSEL DÖNEMDE (1900-1998) ADANA VE YAKIN ÇEVRESİNDE ETKİLİ OLAN DEPREMLER ( $M>4,9$ )**

**1) 20.03.1945 CEYHAN-MİSİS (ADANA) DEPREMİ**

07:58 UT,  $37.40^\circ$ K- $35.40^\circ$ D;  $M_s=5.7$ ,  $I_0=VIII$ .

Adana, Ceyhan, Tarsus, Misis, Payas, Dört Yol, Antakya ve çevresinde kuvvetlice hissedildi. Ceyhan vadisindeki köylerde, Misis, Çukur, Kadirli ve Kozan arasında can ve mal kaybına neden oldu. 2500 ev yıkılmıştır. Misis ve Ceyhan'da ağır hasar, kumlu su fışkırmaları görülmüştür. Abdioğlu, Müminli, Kızılkış, Şevketli, Horasanîye' de ağır hasar (Pınar ve Lahn, 1952; Ambraseys, 1988).

**2) 09.12.1947 MERSİN KÖRFEZİ DEPREMİ**

23:40 UT,  $36.52^\circ$ K- $34.34^\circ$ D;  $M_s=5.6$ ,  $I_0=VI$ .

Ceyhan, Adana, Tarsus, Mersin'de alüvyonlar üzerinde kurulmuş bazı evlerde hasar oluştu. Gaziantep, Hatay, Diyarbakır'da hissedilmiştir (Pınar ve Lahn, 1952).

**3) 08.04.1951 İSKENDERUN KÖRFEZİ DEPREMİ**

21:38 UT,  $36.58^\circ$ K- $35.85^\circ$ D;  $M_s=5.8$ ,  $I_0=VI$ .

İskenderun, Dört Yol, Adana, Ceyhan, Kadirli, Gaziantep ve Kilis'te hissedildi. Herhangi bir hasar bilgisine rastlanmadı (Pınar ve Lahn, 1952; Ayhan ve diğ., 1987).

**4) 22.10.1952 CEYHAN-MİSİS (ADANA) DEPREMİ**

17:00 UT,  $37.40^\circ$ K- $35.80^\circ$ D;  $M_s=5.3$ ,  $I_0=VIII$ .

Depremin merkezi Misis ve Ceyhan arası olup, köylerde hasar var. 10 kişi öldü, birçok ev hasar gördü. Misis, Havraniye, Baklalı, Suluca, Kürtköyü, Küçük Burhaniye, Yılankale, Toktamış, Kızıldere, Mangıt'da hasar meydana gelmiştir. Deprem esnasında su fışkırması ve dağınık sıvılaşma gözlenmiştir (Ambraseys, 1988; Eyidoğan ve diğ., 1991).

**5) 28.12.1979 KOZAN-ADANA DEPREMİ**

03:09 UT,  $37.52^\circ$ K- $35.85^\circ$ D;  $M_b=5.1$ ,  $I_0=V$ .

Adana, Kozan, Kadirli, Ceyhan ve çevresinde hissedildi. Hasar yok (Kalafat, 1995).



**6) 03.08.1986 GAZİANTEP DEPREMİ**

01:33 UT, 37.19°K-37.16° D; Mb=5.0, I<sub>0</sub>=VI.

Güneydoğu bölgesinde Gaziantep, Adana, Malatya, Kahramanmaraş, Hatay illeri ve çevresinde etkili olmuş ve 58 evde hasara neden olmuştur (Kalafat, 1995).

**7) 24.06.1989 İSKENDERUN KÖRFEZİ DEPREMİ**

03:09 UT, 36.71°K-35.93° D; Mb=4.9, I<sub>0</sub>=V.

İskenderun, Adana, Ceyhan, Karataş, Yumurtalık, Dört Yol, Antakya bölgesinde etkili olmuştur. Hasar yok (Kalafat, 1995).

**8) 10.04.1991 KADIRLI-ADANA DEPREMİ**

01:08 UT, 37.36°K-36.22° D; Mb=5.2, I<sub>0</sub>=V.

Kadirli, Adana, Ceyhan, Dört Yol, Osmaniye, İskenderun, Gaziantep' te etkili olmuştur. Deprem herhangi bir hasara neden olmamıştır (Kalafat, 1995).

**9) 03.01.1994 CEYHAN-ADANA DEPREMİ**

21:00 UT, 37.00°K-35.84° D; Mb=5.0, I<sub>0</sub>=V.

Adana-Ceyhan, İskenderun körfezi, Mersin, Gaziantep, Antakya ve çevresinde etkili oldu. Hasar yok (Kalafat, 1995).

**10) 10.03.1994 ADANA-İSKENDERUN DEPREMİ**

06:15 UT, 36.97°K-35.83° D; Mb=4.9, I<sub>0</sub>=V.

Adana-Ceyhan, Dört Yol, İskenderun ve civarında, Yumurtalık'ta etkili olmuştur. Hasar yok (Kalafat, 1995).

**3. Ana şok ve mekanizması**

Anaşok'un mekanizma çözümü P dalgalarının ilk hareket yönlerinden faydalanarak bulunmuştur. Mekanizma çözümü 79 istasyon polaritesi kullanılmıştır. İstasyon bilgileri IRIS veri merkezi, KRDAE ve DAD'den alınmıştır. Bu metod, depremin kaynağı hakkında ve ilk kırılmanın olduğu yerin dolayısıyla kaynağın özelliklerini vermesi açısından önemlidir. Mekanizma sonucu bize depremin ters bileşeni olan sol yönlü doğrultu atımlı faylanma ile meydana geldiğini ve doğrultusunun KD gidişli olduğunu göstermiştir (Şekil 4). Mekanizma çözümü ile ilgili parametreler aşağıda verilmiştir.

|             | 1. DÜZLEM | 2. DÜZLEM |
|-------------|-----------|-----------|
| Doğrultu    | 307       | 43        |
| Eğim        | 73        | 70        |
| Kayma Açısı | 159       | 18        |
|             | P Eksen   | T Eksen   |
| Doğrultu    | 353       | 265       |
| Dalın       | 2         | 26        |

Fay düzlemi çözümlerinde günümüzde kullanılan diğer bir yöntem ise "Ters Çözüm" olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde amaç, farklı azimutlarda ve uzaklıklardaki istasyonlardan gelen telesismik cisim dalgalarının modellenmesi ile depremin zaman ve frekans ortamında kaynak parametrelerinin belirlenmesidir. Telesismik cisim dalgalarının ters çözümünden elde edilen sonuçlara göre deprem en az üç şokla meydana gelmiştir (Şekil 5). Şoklar GD-KB uzanımlı bir profil boyunca sıralanmaktadır. 1. Şok profilin GD kısmında yer almakta ve ters bileşenli yanıl atımlı bir faylanma mekanizması göstermektedir. Profilin KB'sına doğru ilerledikçe ters faylanma bileşeni yerini normal faylanma bileşenine bırakmaktadır.

Bu da, profil boyunca stress rejimindeki bir değişime işaret etmektedir. Sonuç olarak depremin oblik bir faylanma yada farklı geometrilere sahip fayların kırılması ile meydana geldiği veya faylanma esnasında mekanizmanın değiştiği fikrini desteklemektedir.

Maraş Üçlü Eklemi ve İskenderun Körfezi yakınlarında olan depremlerin çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan mekanizma çözümlerine bakıldığında (Canitez ve Üçer, 1967; Büyükaşkoğlu, 1979; Kalafat, 1995), bölgede karmaşık bir deformasyonun günümüzde de devam ettiği, dolayısıyla bölgenin çeşitli türde mekanizmalar üreten bir tektonik yapıya ve stress dağılımına sahip olduğu görülmektedir. Özellikle doğrultu atım bileşeni olan normal ve ters faylar, doğrultu atımlı fayların bölgede hakim faylanma tipleridir (şekil 6).

#### 4. Artçı şok dağılımı

Depremden sonra Haziran-Aralık ayları arasında genelde büyüklüğu  $M > 3.0$  olan toplam 137 adet artçı sarsıntı meydana gelmiştir. 27 Haziran 1998 Ceyhan depreminin artılarının dağılımı aşağıdaki Tablo-3' de verilmiştir. Artçı sarsıntıları dağılımının Adana'nın güneydoğusunda ve genelde KD-GB gidişli yoğunlaştığı ve ağır hasar gören bölge ile uyumlu olduğu, deprem odak derinliklerinin de 0-30 km. arasında değiştiği görülmektedir (şekil 7).

TABLO-3

(27 Haziran-11 Aralık 1998 tarihleri arası artçı sarsıntı dağılımı)

| HAFTALAR  | DEPREM SAYISI | EN BÜYÜK MAGNİTÜD ( $M_{max}$ ) |
|-----------|---------------|---------------------------------|
| 1. Hafta  | 75            | 4.9                             |
| 2. Hafta  | 25            | 5.1                             |
| 3. Hafta  | 9             | 4.0                             |
| 4. Hafta  | 7             | 3.6                             |
| 5. Hafta  | 1             | 3.6                             |
| 6. Hafta  | 1             | 3.6                             |
| 7. Hafta  | 4             | 3.5                             |
| 8. Hafta  | 3             | 3.7                             |
| 9. Hafta  | 3             | 3.9                             |
| 10. Hafta | -             | -                               |
| 11. Hafta | -             | -                               |
| 12. Hafta | -             | -                               |
| 13. Hafta | 1             | 4.0                             |
| 14. Hafta | 2             | 3.6                             |
| 15. Hafta | 1             | 3.2                             |
| 16. Hafta | -             | -                               |
| 17. Hafta | 2             | 4.0                             |
| 18. Hafta | -             | -                               |
| 19. Hafta | 1             | 3.2                             |
| 20. Hafta | -             | -                               |
| 21. Hafta | -             | -                               |
| 22. Hafta | 1             | 3.6                             |
| 23. Hafta | 1             | 4.2                             |
| 24. Hafta | -             | -                               |

1900-1998 yılları arası KRDAE veri bankasından Adana merkez olmak üzere yarıçapı 50 km. depremler kullanılarak bölgenin deprem olma olasılığı ortaya konmuştur. Yapılan istatistik çalışma sonuçları Tablo-4' de verilmiştir.

Bölgenin deprem etkinliğini yansıtan bağıntı:  $(\text{Log}N = 4.4 - 0.68 M)$  olarak bulunmuştur.

TABLO-4

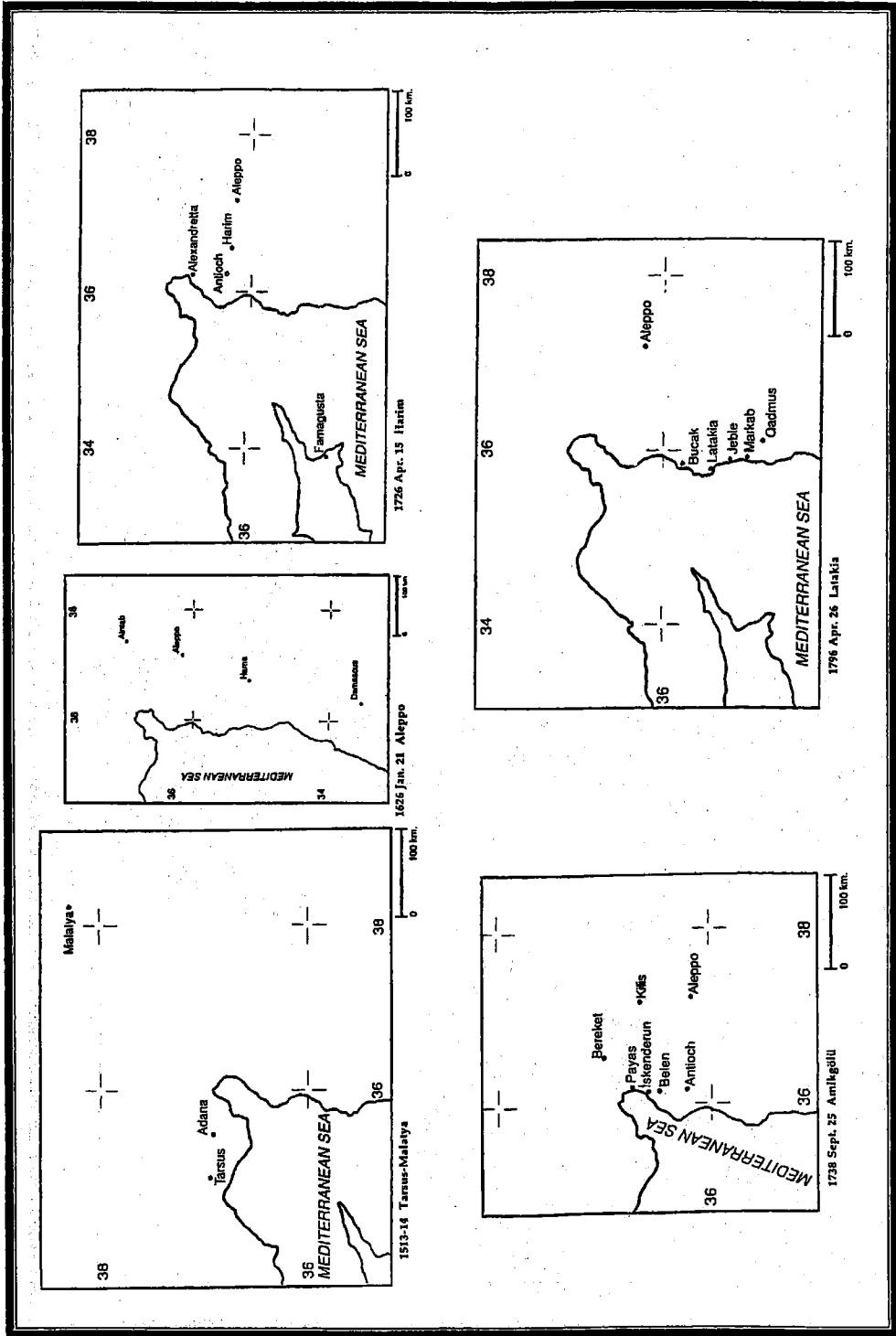
| Magnitüd | Tekrarlama Peryodu (yıl) |
|----------|--------------------------|
| 6.3      | 75                       |
| 6.0      | 50                       |
| 5.0      | 10                       |
| 4.0      | 2                        |
| 3.0      | 1 (birkaç ayda)          |

### 5. Saha gözlemleri

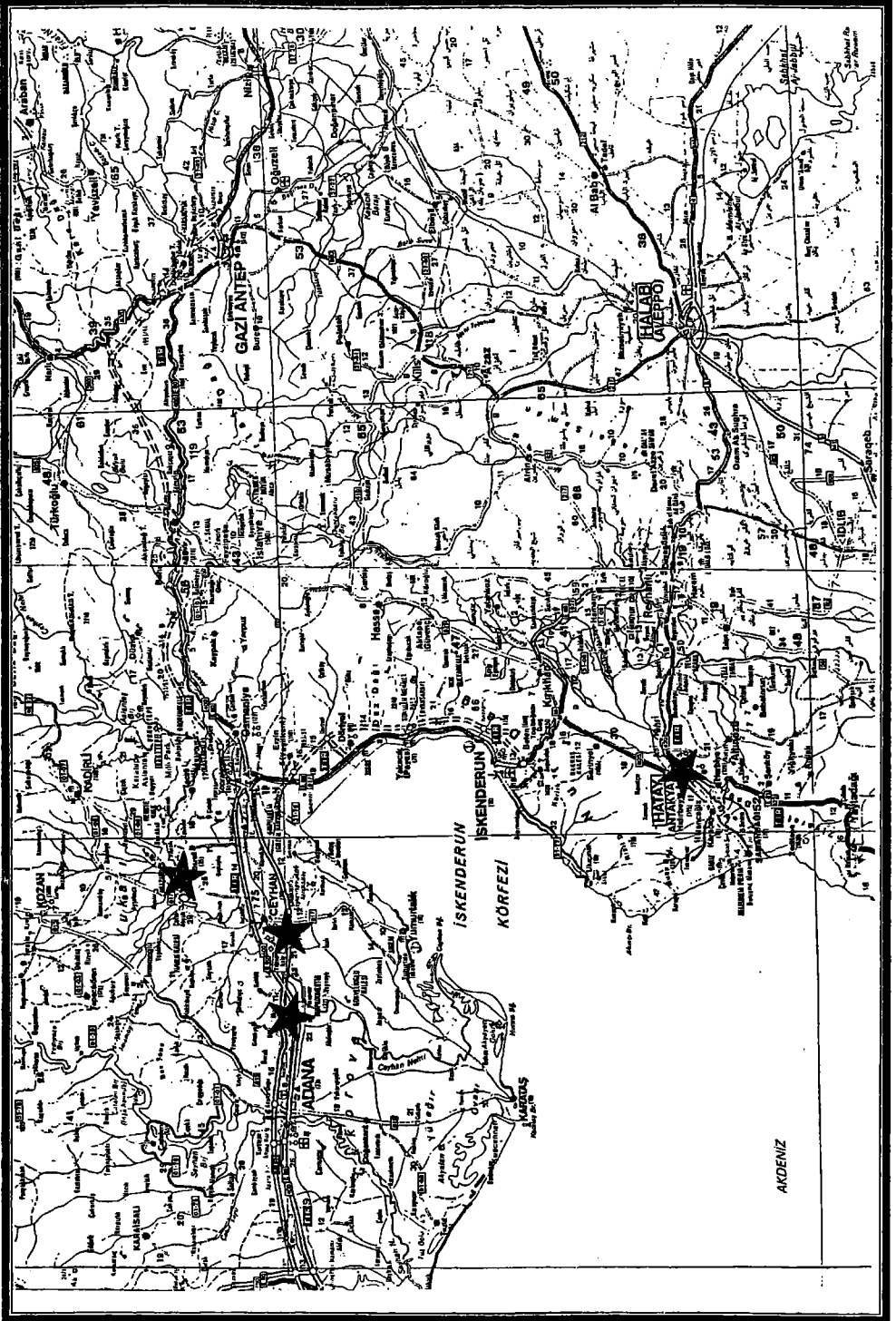
Adana-Ceyhan depremi Adana şehrinin "Güney Adana " olarak bilinen eski yerleşim yerlerinde etkili olmuştur. Yüreyr ilçesi, Tepebağ, Kayalıbağ, Dağlıoğlu, Kiremithane, PTT evleri bölgesi, Baraj yolu ile Obalar caddesindeki eski Adana evlerinde büyük hasar meydana geldi. Deprem Ceyhan ilçesi ve köylerinde de hasara neden oldu. Hasevler blokları, Abdioğlu, Geçitli, Yakapınar (Misis) beldesi, Kılıçlı, Suluca beldesi, Baklalı, Kızılkış, Dağcı, Toktamış, K. Burhaniye, B. Mangıt köyleri de hasar görmüştür. Çökme/Heyelan Ceyhan nehri boyunca Abdioğlu, Nacarlı, Güveloğlu, Karamezar, Yeşilbahçe, B. Mangıt köyleri ve civarında büyük bir alanda izlenmiştir. Sıvılaşma, Ceyhan nehrinin iki tarafı boyunca ve genel doğrultusu K-G yönlü olup, zaman zaman D-B doğrultusunda, Karamezar, Vayvaylı, Abdioğlu, Kazım Özler İlköğretim Okulu bahçesinde, Küttüklü, Güveloğlu, Yeşilbahçe köyleri civarlarında tarlalarda görülmüştür. Su fışkırmaları, Yılankale, Abdioğlu, Vayvaylı, Mercimek, Yeşilbahçe köyleri civarlarında görülmüştür. Cebelınur dağından, Yılankale, Körmezar Nacarlı köyünün doğusundan depremin etkisi ile kaya kopmaları ve heyelanlar meydana gelmiştir. Kozan yolu üzerinde Kılıçlı köyünde arazi üzerinde genel doğrultusu K-G olan ve yaklaşık 150 m. kadar sürekli devam eden deformasyon izlerine rastlanmıştır. Depremin etkilediği alan Standart Anket Formları yardımı ile belirlenmiş ve depremin eşşiddet haritası çizilmiştir (Şekil 8). Maksimum Gözlemsel şiddet  $I_0=VIII$  (MSK) olarak belirlenmiştir.

### 6. Sonuçlar

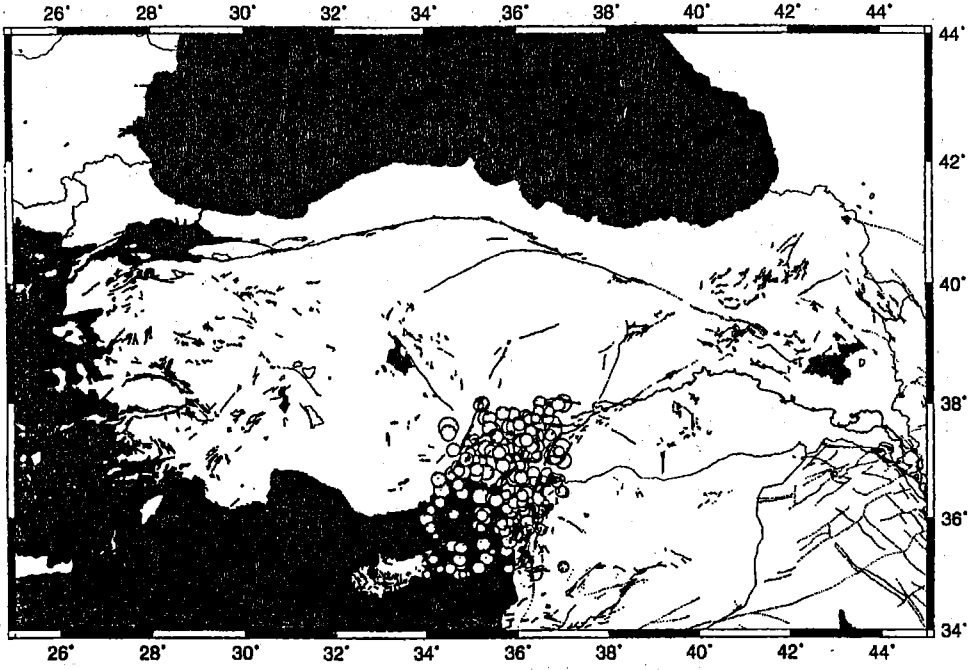
Adana depremi ülkemizde büyük bir kentte meydana gelen en büyük depremdir. Depremden yaklaşık 2 milyon kişi etkilenmiştir. Bunun yanında ülkemizde ilk defa bir depremde bu boyutta bir bir sıvılaşma örneği görülmüştür. Sıvılaşmanın yaygın olduğu bu bölgede yerleşim alanlarının olmaması hasarın artmasını önlemiştir. Saha gözlemleri deprem sonucu özellikle Ceyhan nehri boyunca çok büyük oturma/çökme ve heyelanların olduğunu göstermiştir. Bölgedeki önemli tektonik hatlar genel anlamda Maraş Üçlü Eklemleri (MÜE) ile ifade edilebilmektedir. MÜE, Güney Anadolu'da Ölü Deniz Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun keşiştiği Arabistan, Afrika ve Anadolu levhalarının birleştiği yerdir. MÜE, bir kıtasal çarpışma alanıdır. Günümüzde de devam etmekte olan bu çarpışma, blokların içinde deformasyon oluşturmaktadır. Adana-Ceyhan depremi de bu deformasyonun bir sonucu olarak meydana gelmiştir. Depremin mekanizma çözümü de bölgedeki stress rejiminin karmaşık olduğunu desteklemektedir. Son yıllarda Anadolu'da meydana gelen tahripkar depremlerin, özellikle alüvyon dolgu zeminlerdeki yerleşim birimlerinde ve üçlü eklem bölgelerinde yani fay zonlarının veya fay sistemlerinin birbirleri ile keşiştiği, büküm yaptığı dokunak bölgelerinde etkili olduğu görülmüştür. Bu bakımdan bu bölgelerdeki aktiviteye neden olan örtülü diri fayların ortaya çıkarılması ve yeni kurulacak yerleşim birimlerinin bu fay sistemleri göz önünde bulundurularak kurulması, depreme dayanıklı yapı tasarımlarının bu bölgelerde gerçekleştirilmesi, yapısal hasarların önlenmesi ve en aza indirilmesi çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.



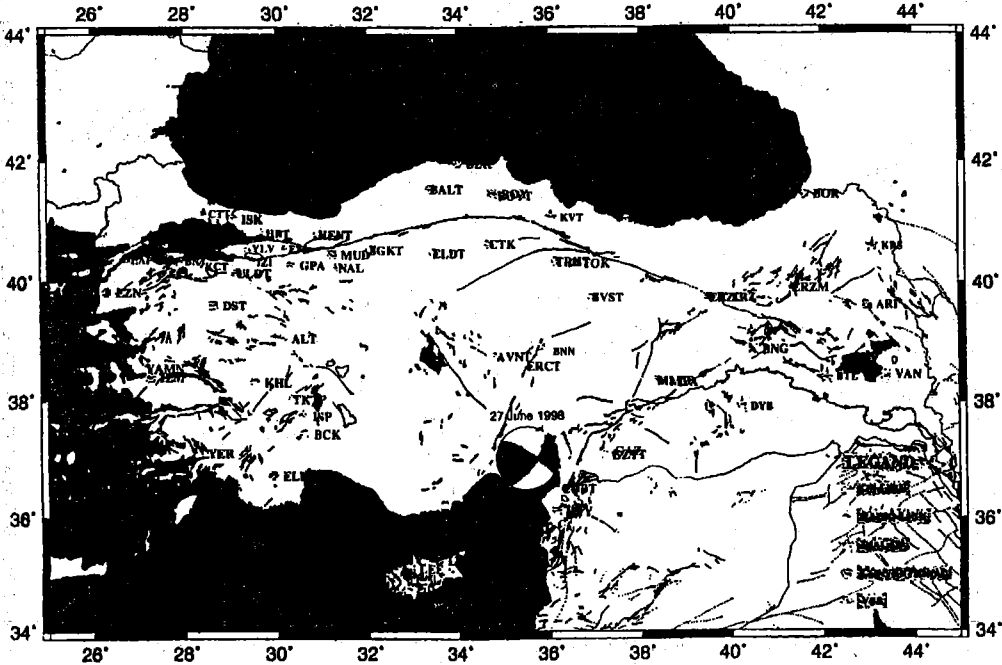
Şekil 1: Tarihsel dönemde etkili olan depremler.



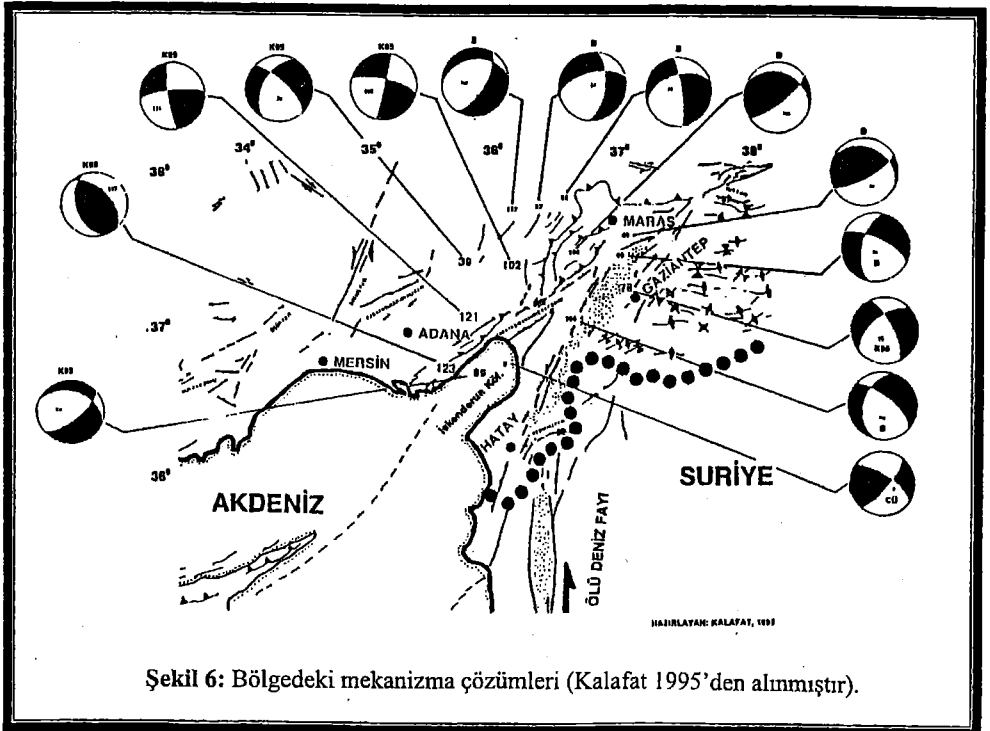
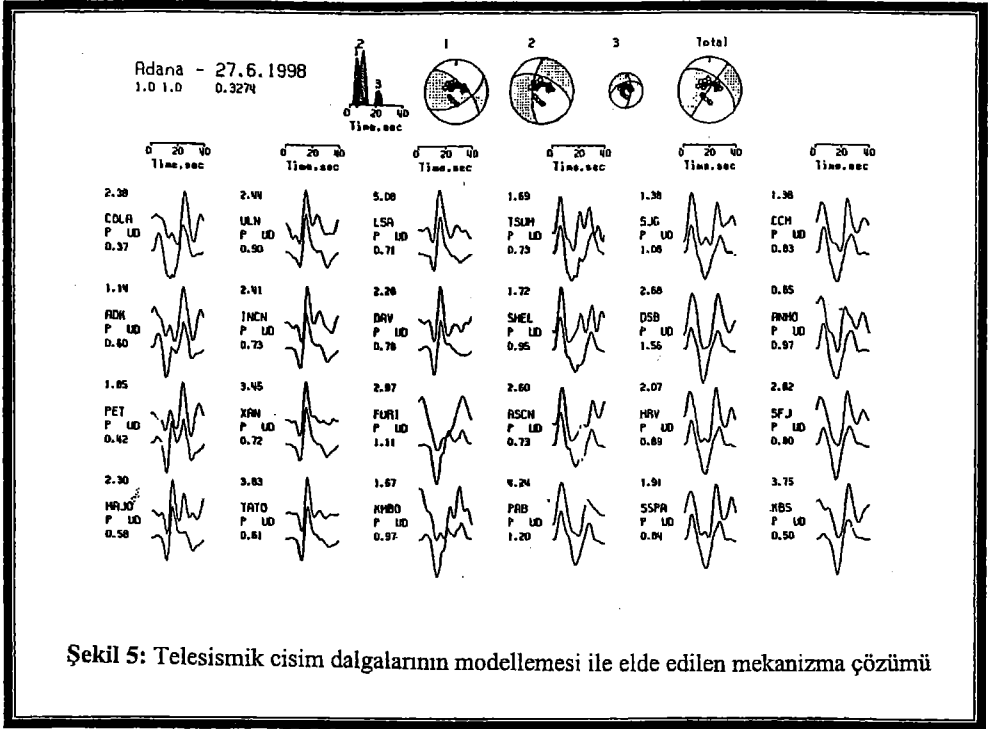
Şekil 2: Tarihsel dönemde bölgedeki önemli sisimik kaynaklar.

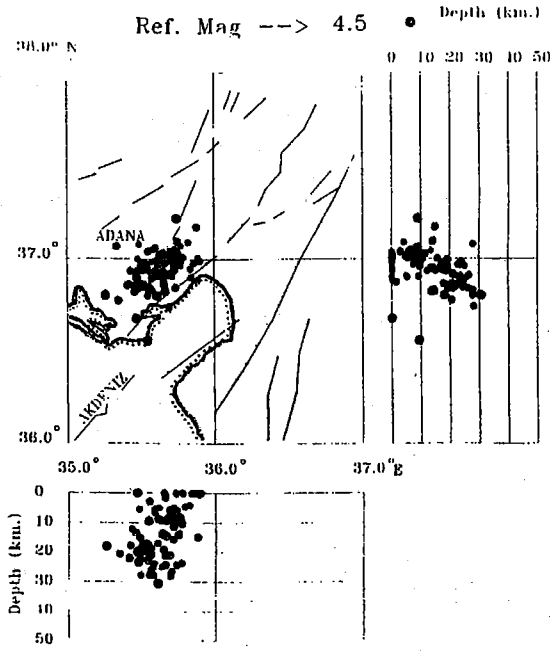


Şekil 3: 1900-1998 yılları arası bölgenin deprem etkinliği ( $M > 4.5$ ).

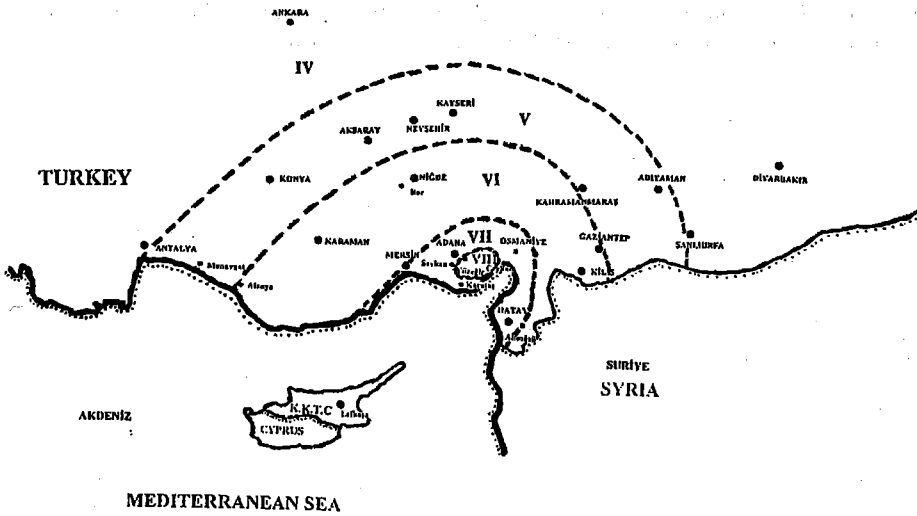


Şekil 4: İlk hareket yönleri tekniği ile depremin mekanizma çözümü ve çözümde kullanılan istasyonların dağılımı.





Şekil 7: Adana-Ceyhan depreminin artçı şokları ve derinlik dağılımları.



Şekil 8: Adana-Ceyhan depreminin eşsiddet haritası.



### **Teşekkür**

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde hertürlü destek ve yardımı yapan Enstitü Müdürümüz Sayın Prof. Dr. Ahmet Mete Işıkara'ya teşekkür ederiz. Ayrıca Adana depremi esnasında her türlü destek ve yardımını gördüğümüz Yüreyr Belediye Başkanı Sayın Ömer Topçu'ya, Belediye Başkan Yardımcısı Sayın Mehmet Ali Emirler'e, Jeofizik Mühendisleri Odası Adana İl Temsilcisi Sayın Melih Baki'ye ve Adana Jeofizik Mühendisleri Odası çalışanlarına teşekkürlerimizi borç biliriz.

### **Kaynaklar**

Ambraseys, N. N. , 1988. Engineering Seismology, Journ. Earthq. Eng. 8 Struct. Dyn., 17, 1-105.

Büyükaşıkoğlu, S., 1979. Sismolojik verilere göre Anadolu ve Doğu Akdeniz'de Avrasya-Afrika levha sınırının özellikleri, Doçentlik Tezi, İTÜ MF, İstanbul.

Canitez, N. and S. B. Üçer , 1967. Computer determinations for the fault plane solutions in and near Anatolia, Tectonophysics, 4(3), 235-244.

Eyidoğan, H., U. Güçlü, Z. Utku, E. Değirmenci, 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik Rehberi (1900-1988), İTÜ MF. Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul.

Kalafat, D., 1995. 1964-1994 yılları arasında Türkiye ve yakın çevresinde etkili olmuş depremlerin makrosismik gözlemleri, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 73, 60-107.

Kalafat, D., 1995. Anadolu'nun Tektonik Yapılarının Deprem Mekanizmaları Açısından İrdelenmesi, İ.Ü. DBİE Doktora Tezi, 217 s., İstanbul.

Pınar, N. ve E. Lahn, 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, Bayındırlık İskan Bakanlığı, Ankara.

Soysal, H., S. Sipahioğlu, D. Kolçak, Y. Altınok, 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TÜBİTAK Proje No: TBAG 341, 87 s., İstanbul.

# KÜTAHYA'NIN DEPREM RİSKİNİN İNCELENMESİ

Vedat ÖZKAN (\*)

## ÖZET

Bu çalışmada 1901–1999 yılları arasında  $38.5^{\circ}$ – $40^{\circ}$ K enlemleri ve  $29^{\circ}$ – $31^{\circ}$ D boylamları ile sınırlı Kütahya bölgesinde doksan dokuz sene içinde meydana gelen  $M \geq 4.0$  olan depremler göz önüne alınarak yıllık en büyük değerler yöntemine göre, gelecekteki deprem oluşumunun riski ile oluşabilecek en büyük magnitüd değeri tahmin edilmiştir.

Normal yapılar, önemli yapılar ve nükleer santraller için yıllık risk ile beklenen en büyük depremin magnitüdü ve ayrıca Kütahya ili içinde %10'u aşan bir ihtimalle elli yıl içinde meydana gelebilecek çok şiddetli bir depremin maksimum yer ivmeleri, hızları ve deplasmanları bulunmuştur.

## ABSTRACT

In this study, future earthquake possibilities and its largest magnitude are estimated considering the earthquakes  $M \geq 4.0$  occurred in Kütahya region defined by  $38.5^{\circ}$ – $40^{\circ}$ K latitudes and  $29^{\circ}$ – $31^{\circ}$ D longitudes during 99 years between 1901–1999, and according to yearly largest magnitude method.

Yearly earthquake risk and its largest expected magnitude are calculated for normal buildings, important buildings and nuclear power stations. And also, maximum ground acceleration, velocity and displacements of a possible too severe earthquake which may occur with in the following fifty years around the Kütahya region, are calculated considering more than %10 possibility.

## GİRİŞ

Sismik risk analizinin amacı, tarihi deprem verilerinin analizi ile inşaat sahasında ileride beklenebilecek sismik etkinlik için belirli olasılık değerleri elde etmektir. Böyle bir analiz sonucu, genellikle belirli bir zemin hareketi parametresinin yada deprem şiddetinin bir yıldaki aşılma olasılığıdır (YÜCEMEN, 1982).

(\*) İnşaat Mühendisliği Lisans öğrencisi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya

Deprem riski, stokastik bir yaklaşımla olasılık hesaplarının uygulanması sonucu gelecekteki deprem oluşumlarının dağılım fonksiyonlarıyla belli bir olasılıkla verilmesine karşın, depremin tahmini ise bölgenin fiziksel parametrelerinin değişiminin genel olarak saptanması ve bulguların değerlendirilerek, yıllık en büyük değerler yöntemi uygulanarak Kütahya ilinin deprem riski ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışma alanının seçimi yapılırken 38.5°-40°K enlemleri ve 29°-31°D boylamları ile sınırlandırılmış Kütahya bölgesinde 1901-1999 yılları arasında magnitüdü  $M \geq 4.0$  olan depremlerden yararlanılmıştır. Tek düzeliği sağlamak için tüm magnitüdüler yüzey magnitüdü cinsinden kullanılmıştır.

### **YILLIK EN BÜYÜK DEĞERLER YÖNTEMİ**

İstatistikte en büyük değerler teoreminin amacı, verilen bir dönem içinde gözlenen en büyük değerlerin analizi suretiyle, belirli bir süre içinde meydana gelebilecek en büyük depremin tahmin edilmesidir. Yöntemin uygulanmasında; her yılda meydana gelen sadece en büyük deprem göz önüne alınmış, diğer bütün depremler hesap dışı bırakılmıştır. Hiç deprem kaydı bulunmayan yıllar için en büyük deprem magnitüdü olarak  $M = 4$  kabul edilmiştir.

### **KÜTAHYA İÇİN YILLIK MAKSİMUM DAĞILIM HESAPLARI**

Deprem katoloğunda ki bilgilerin eksikliğini gidermek hem de bir yıl içinde meydana gelen depremlerden en büyük olanından geri kalanların sonuçlara etkisini ortadan kaldırmak amacı ile sadece yıllık en büyük deprem magnitüdünü esas alan bir ihtimaller hesabı geliştirilerek, diğer bütün depremler hesap dışı bırakılmıştır. Hiç deprem kaydı bulunmayan yıllar için en büyük deprem magnitüdüleri küçükten büyüğe doğru sıraya dizilmiş ve magnitüdün kaç kere tekerrür ettiği hesaplanarak Tablo 1'de gösterilmiştir.

TABLO 1 : Kütahya İçin Yıllık Maksimum Dağılım Hesapları (1900-1999)

| MS  | J  | F=J/(n+1) | G(M) | N=-LnG(M) | LogN   |
|-----|----|-----------|------|-----------|--------|
| 4,0 | 68 | 0,68      | 0,68 | 0,386     | -0,414 |
| 4,1 | 1  | 0,01      | 0,69 | 0,371     | -0,430 |
| 4,2 | 1  | 0,01      | 0,70 | 0,357     | -0,448 |
| 4,3 | 2  | 0,02      | 0,72 | 0,328     | -0,483 |
| 4,4 | 3  | 0,03      | 0,75 | 0,288     | -0,541 |
| 4,5 | 3  | 0,03      | 0,78 | 0,248     | -0,605 |
| 4,6 | 3  | 0,03      | 0,81 | 0,211     | -0,676 |
| 4,8 | 2  | 0,02      | 0,83 | 0,186     | -0,730 |
| 4,9 | 3  | 0,03      | 0,86 | 0,151     | -0,821 |
| 5,0 | 4  | 0,04      | 0,90 | 0,105     | -0,977 |
| 5,2 | 1  | 0,01      | 0,91 | 0,094     | -1,025 |
| 5,4 | 1  | 0,01      | 0,92 | 0,083     | -1,079 |
| 5,7 | 2  | 0,02      | 0,94 | 0,062     | -1,208 |
| 5,9 | 1  | 0,01      | 0,95 | 0,051     | -1,290 |
| 6,0 | 1  | 0,01      | 0,96 | 0,041     | -1,389 |
| 6,1 | 1  | 0,01      | 0,97 | 0,030     | -1,516 |
| 6,4 | 1  | 0,01      | 0,98 | 0,020     | -1,695 |
| 7,2 | 1  | 0,01      | 0,99 | 0,010     | -1,998 |

### TEKERRÜR SAYISI - MAGNİTÜD İLİŞKİSİ

Bu yöntemde seçilen bölgede meydana gelen deprem magnitüdlerinin en büyük değerlerinin tekerrür sayıları için poisson dağılımı kabul edilmektedir. Bu dağılımın fonksiyonu üstel olarak GUMBEL (1958) tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$G(M) = \exp \{- \alpha e^{-\beta M}\} \quad (1)$$

Burada  $\alpha$  ve  $\beta$  = bölgenin sismisitesine bağlı regresyon katsayıları

M= Deprem magnitüdü' dür

En küçük magnitüd sıfırdan farklı olarak Mmin ise burada M yerine M-Mmin yazılmalıdır.

Gumbell formülü Gutenberg ve Richter (1942) tarafından verilen

$$\text{LogN} = a - bM \quad (2)$$

Magnitüd - frekans bağıntısı ile çok yakın ilişkilidir. Bu bağıntıda, N magnitüdü M ve daha büyük depremlerin kümülatif sayısını göstermektedir. "a" ve "b" ise sabit katsayılardır. "a" katsayısı inceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem etkinliğinin düzeyine bağlı olarak değişmektedir. "b" katsayısı sismotektonik parametredir ve deprem oluşumunun fiziği ile doğrudan ilişkili olduğundan depremlerin istatistik analizinde önemli yer tutmaktadır. Hesaplanan "b" değerleri kullanılan verilere, yöntemlere , depremlerin normal ve kümülatif frekanslarına bağlı olarak değişmektedir. (1) ve (2) bağıntısı arasında aşağıda ki matematiksel ilişkiler mevcuttur:

$$N = \alpha e^{-\beta M} \quad (3)$$

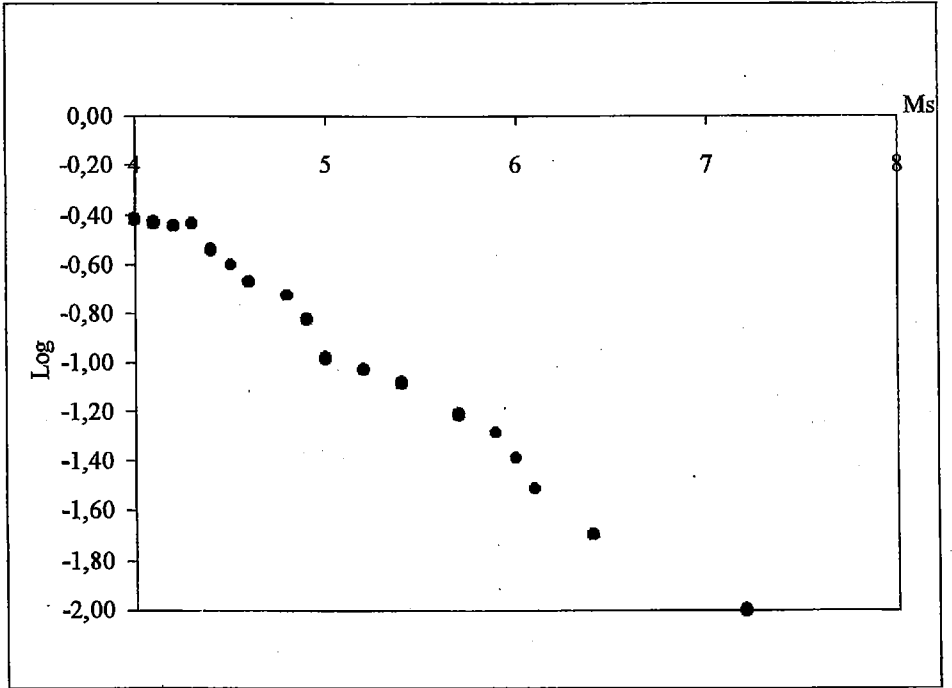
$$G(M) = \exp(-N) \quad (4)$$

$$N = -\text{Ln}G(M) \quad (5)$$

$$a = \text{Log}\alpha \quad (6)$$

$$b = \beta \text{Log}e \quad (7)$$

Kütahya için  $a = 1,731$  ve  $b = 0,523$  olarak en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmıştır.



ŞEKİL 1 : Magnitüd – Log N İlişkisi

## KÜTAHYA İÇİN ÇEŞİTLİ OLASILIKLARIN HESABI

### 1- Yıllık Max. Magnitüdlerin Ortalaması

$$M_{ort} = M_{min} + 1 / \beta = 4 + 1 / 1,2 \Rightarrow M_{ort} = 4,83$$

### 2- En Sık Meydana Gelen Yıllık Magnitüd

$$M_{max} = \text{Ln} \alpha / \beta = \text{Ln} 53,827 / 1,2 = 3,32 \text{ dir}$$

### 3- Maksimum Magnitüd

Araştırma konusu olan sismik tarihçe D = 100 yıl içinde meydana gelebilecek maksimum magnitüd, daha başka bir ifadeyle, tekrarlama periyodu D=100yıl olan magnitüdtür.

$$\text{Log} N = a - bM + \text{Log}(D/T) \quad (8)$$

Bağıntısından N = 1 konularak bulunur.

$$N=1 \text{ ise } M_{max} = (a + \text{Log}(D/T)) / b = (1,731 + \text{Log}99) / 0,523 \Rightarrow M_{max} = 7,12 .$$

olarak bulunur. Gutenberg – Richter olasılık hesabı, 100 yıllık bir süre içinde meydana gelebilecek maksimum deprem magnitüdünü M = 7,12 olarak vermektedir.

### 4- Yıllık Risk

Yapı ekonomik ömrü bir yıl kabul edilirse, herhangi bir M veya daha büyük magnitüdü bir depremin herhangi bir yıl içinde meydana gelebilme ihtimaline, o magnitüde ait “Yıllık Risk” denir ve R ile gösterilir.

$$N(M) = \alpha e^{-\beta M} \quad \text{Deprem sayısı (M' den büyükler)} \quad (9)$$

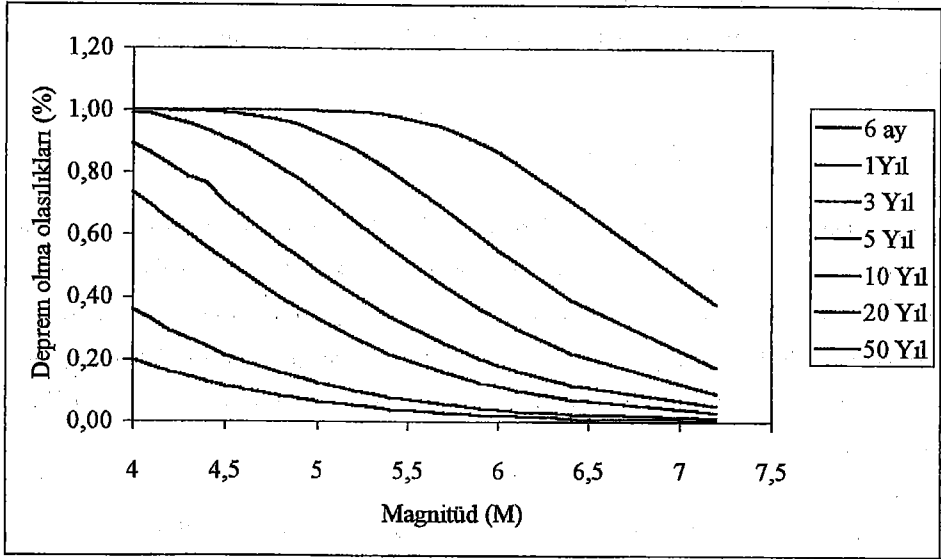
$$T = 1 / N \quad \text{Tekerrür periyodu} \quad (10)$$

$$R1(M) = 1 - e^{-N} \quad \text{Bir yıl için risk} \quad (11)$$

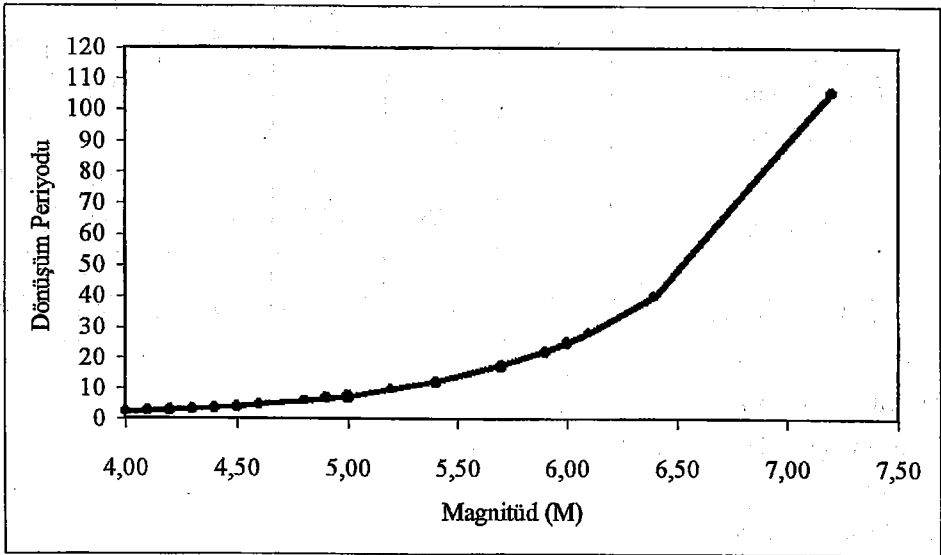
$$RD(M) = 1 - e^{-DN} \quad \text{D yıl için risk} \quad (12)$$

TABLO 2: Kütahya bölgesi için deprem risk analiz sonuçları

| M   | 6 AY İÇİN |        | 1YIL İÇİN |        | 5 YIL İÇİN |        | 10 YIL İÇİN |        | 20 YIL İÇİN |        | 50 YIL İÇİN |        |
|-----|-----------|--------|-----------|--------|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|     | N         | R      | T         | R      | N          | R      | N           | R      | N           | R      | N           | R      |
| 4,0 | 0,2215    | 0,1987 | 2,257     | 0,3579 | 2,2150     | 0,8908 | 4,4300      | 0,9881 | 8,8600      | 0,9999 | 22,150      | 1,0000 |
| 4,1 | 0,1965    | 0,1784 | 2,545     | 0,3249 | 1,9645     | 0,8598 | 3,9290      | 0,9883 | 7,8580      | 0,9996 | 19,645      | 1,0000 |
| 4,2 | 0,1743    | 0,1599 | 2,869     | 0,2942 | 1,7425     | 0,8249 | 3,4850      | 0,9693 | 6,9700      | 0,9991 | 17,425      | 1,0000 |
| 4,3 | 0,1545    | 0,1431 | 3,235     | 0,2659 | 1,5455     | 0,7868 | 3,0910      | 0,9545 | 6,1820      | 0,9979 | 15,455      | 1,0000 |
| 4,4 | 0,1371    | 0,1281 | 3,648     | 0,2397 | 1,3705     | 0,7640 | 2,7410      | 0,9355 | 5,4820      | 0,9958 | 13,705      | 1,0000 |
| 4,5 | 0,1216    | 0,1145 | 4,113     | 0,2158 | 1,2155     | 0,7034 | 2,4310      | 0,9120 | 4,8620      | 0,9923 | 12,155      | 1,0000 |
| 4,6 | 0,1078    | 0,1022 | 4,638     | 0,1939 | 1,078      | 0,6597 | 2,1560      | 0,8842 | 4,3120      | 0,9866 | 10,780      | 1,0000 |
| 4,8 | 0,0848    | 0,0813 | 5,896     | 0,1560 | 0,8480     | 0,5717 | 1,6960      | 0,8166 | 3,3920      | 0,9664 | 8,480       | 0,9998 |
| 4,9 | 0,0752    | 0,0724 | 6,649     | 0,1396 | 0,7520     | 0,5286 | 1,5040      | 0,7777 | 3,0080      | 0,9506 | 7,520       | 0,9995 |
| 5,0 | 0,0667    | 0,0645 | 7,496     | 0,1249 | 0,6670     | 0,4867 | 1,3340      | 0,7366 | 2,6680      | 0,9306 | 6,670       | 0,9987 |
| 5,2 | 0,0525    | 0,0511 | 9,533     | 0,0996 | 0,5245     | 0,4081 | 1,0490      | 0,6497 | 2,0980      | 0,8773 | 5,245       | 0,9947 |
| 5,4 | 0,0413    | 0,0405 | 12,106    | 0,0793 | 0,4130     | 0,3383 | 0,8260      | 0,5622 | 1,6520      | 0,8083 | 4,130       | 0,9839 |
| 5,7 | 0,0288    | 0,0284 | 17,361    | 0,0560 | 0,2880     | 0,2502 | 0,5760      | 0,4378 | 1,1520      | 0,6840 | 2,880       | 0,9439 |
| 5,9 | 0,0227    | 0,0224 | 22,075    | 0,0443 | 0,2265     | 0,2027 | 0,4530      | 0,3643 | 0,9060      | 0,5958 | 2,265       | 0,8962 |
| 6,0 | 0,0201    | 0,0199 | 24,876    | 0,0394 | 0,2010     | 0,1821 | 0,4020      | 0,3310 | 0,8040      | 0,5524 | 2,010       | 0,8660 |
| 6,1 | 0,0178    | 0,0176 | 28,090    | 0,0350 | 0,1780     | 0,1630 | 0,3560      | 0,2995 | 0,7120      | 0,5093 | 1,780       | 0,8313 |
| 6,4 | 0,0124    | 0,0123 | 40,161    | 0,0246 | 0,1245     | 0,1171 | 0,2490      | 0,2204 | 0,4980      | 0,3922 | 1,245       | 0,7120 |
| 7,2 | 0,0048    | 0,0048 | 105,26    | 0,0094 | 0,0475     | 0,0464 | 0,0950      | 0,0906 | 0,1900      | 0,1730 | 0,475       | 0,3780 |



ŞEKİL 2: Yıllık en büyük değerler modeli ile hesaplanmış deprem olma olasılıkları



ŞEKİL 3: Manyitüd - Tekerrür (Dönüşüm) periyodu ilişkisi



## 5- Yapılarda Magnitüd – Risk İlişkisi

Yapı ekonomik ömrü biliniyorken, en büyük deprem magnitüd değerinin tekraralama periyodu

$$T_r = -T_d / \ln(1-R) \quad (13)$$

bağıntısından elde edilir. Elektrik santralleri, postane, hastane, okul, yangın binası, su deposu, baraj ve benzeri kamu binaları gibi önemli yapılarda yıllık riskin  $R = 0.05$  nükleer santraller gibi radyasyon ihtimali bulunan çok önemli yapılarda ise yıllık riskin  $R = 0.005$  alınması önerilmektedir. Kütahya ilinde inşa edilecek normal yapılar ( $R = \% 10$ ), önemli yapılar ( $R = \% 5$ ) ve nükleer santraller ( $R = \% 0.5$ ) için deprem manyitüdülerinin değerleri Tablo 3’ de gösterilmiştir.

TABLO 3: Kütahya İçin Risk, Manyitüd ve Yapı Ömrü İlişkileri (1901 – 1999)

| YAPI CİNSİ         | R<br>% | M<br>- | Tr = Deprem tekraralama periyodu |        |        |         |
|--------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|---------|
|                    |        |        | Td                               |        |        |         |
|                    |        |        | 1 YIL                            | 30 YIL | 50 YIL | 100 YIL |
| Kullanılmaz        | 63     | 3,33   | 1,0                              | 30     | 50     | 100     |
|                    | 30     | 4,18   | 2,8                              | 84     | 140    | 280     |
|                    | 20     | 4,57   | 4,5                              | 134    | 224    | 448     |
| Normal Yapılar (1) | 15     | 4,84   | 6,1                              | 185    | 308    | 615     |
| Normal Yapılar (2) | 10     | 5,2    | 9,5                              | 285    | 475    | 950     |
| Önemli Yapılar     | 5      | 5,8    | 19,5                             | 585    | 975    | 1950    |
|                    | 2      | 6,57   | 49,5                             | 1485   | 2475   | 4950    |
|                    | 1      | 7,15   | 99,5                             | 2985   | 4975   | 9950    |
| Nükleer Santraller | 0,5    | 7,73   | 199,5                            | 5985   | 9975   | 19950   |

(1) Türkiye için önerilen

(2) A.B.D için kabul edilmiş olan

R = Yıllık risk

M = Richter magnitüdü

Td = Yapı ekonomik ömrü

## 6- Maksimum İvme, Hız ve Deplasman Önerileri

Daha önce yapılan risk sonuçlarından, yapı ömrü için kabul edilen D yıl içinde R olasılıkta beklenen deprem magnitüdü bulunmuştur. Belirli bir M magnitüdünde bir depremin doğuracağı maksimum  $a$  = zemin ivmesi,  $v$  = zemin hızı ve  $d$  = zemin deplasmanı aşağıda verilen ve Newmark – Rosenblueth (1971) tarafından ayrıntıları ile açıklanan formüllerden elde edilebilir.

$$a = 1230 * e^{0,8M} (R + 13)^{-2} \quad (14)$$

$$v = 15 * e^M (R + 0,17 * e)^{-1,7} \quad (15)$$

$$d = 15 * v^2 / a \quad (16)$$

Burada R = episantr uzaklığı (km)' dir ve diğer bütün birimler cm ve sn cinsindedir. Elli yıllık bir yapı ömrü için (D = 50 yıl)  $R_{50} = 0.10$  ihtimalle aşılacak maksimum ivme

$$R_d = 1 - e^{-D\alpha} \quad (17)$$

denklemini yardımı ile  $M = 8,46$  olarak bulunur.

TABLO 4: M = 8,46 İçin Faydan Çeşitli Uzaklıklarda ki İvme, Hız ve Deplasman

| R(km) | a (cm/sn <sup>2</sup> ) | v (cm/sn) | d (cm) |
|-------|-------------------------|-----------|--------|
| 20    | 982                     | 109       | 181    |
| 30    | 578                     | 78        | 158    |
| 40    | 381                     | 59        | 137    |
| 50    | 269                     | 46        | 118    |
| 60    | 201                     | 37        | 102    |
| 70    | 155                     | 31        | 93     |
| 80    | 124                     | 26        | 82     |
| 90    | 101                     | 22        | 72     |
| 100   | 84                      | 19        | 64     |

## 7- Sonuç

Deprem riski analizi yapılan Kütahya' da 1 ve 2' inci derece deprem bölgeleri bulunmaktadır. Bölgede 50 yıllık bir yapı ömrü için oluşabilecek en büyük depremin, %10' dan daha büyük bir ihtimalle M=8,46 büyüklüğünde olacağı, yıllık en büyük değerler yöntemine göre belirlenmiştir. Ayrıca bu büyüklükteki bir deprem ancak Ege Graben sisteminde Gediz fayı üzerinde oluşabileceği tarihsel deprem verilerine göre anlaşılmaktadır.

Yıllık en büyük değerler yöntemiyle 1999 yılından sonra 20 yıl içinde  $M_s=5.0$ , 6.0, ve 7.2 olan büyüklüklerde ki depremlerin olma olasılıkları sırasıyla %93, %55 ve %17 ; 1 yıl içinde olma olasılıkları ise sırasıyla %12, %4 ve %1 olarak ve depremlerin tekrarlanma periyotları ise sırasıyla 7.5 yıl, 24.9 yıl ve 105.2 yıl olarak bulunmuştur.

## TEŞEKKÜR

Kütahya'nın deprem riskinin belirlenmesi amacı ile ilgili yapmış olduğum bu çalışmada bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KIRBAŞ' a , Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü personeline ve Dr. Günruh BAĞCI' ya ayrıca arkadaşlarım Bülent SERİNCİ ve Dursun KARAMEHMETOĞLU' na teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

1. Tezcan, S.S., Acar, Y., ve Çivi, A., (1979), "İstanbul İçin Deprem Risk Analizi"  
Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 26,5-34
2. Tezcan, S.S., (1988), "Marmara Bölgesi Maksimum Yer İvmesi Tahminleri"  
Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 62,45-60
3. Erinç, S. ve Bilgin, T., (1970), "Gediz Depremi"
4. Beyazıt, M., "İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Hesapları"
5. Bayındırlık ve iskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi,  
Sismoloji Şube Müdürlüğü'nün hazırladığı deprem kataloğu
6. İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, Ankara, (1970),  
(Konu :3, Rapor No :2)

## Alaşehir depremi (28 mart 1969) fotoğrafları

### *The photographs of the Alaşehir Earthquake (28<sup>rd</sup> march 1969)*

İsmail Hakkı KARAMANDERESİ

JEM Jeolojik Etüt Müşavirlik Bürosu  
EVKA-3 Mahallesi 126 Sokak B-1 Blok Daire:6  
35050 Bornova – İZMİR

### Öz

Alaşehir (Manisa ili) ve çevresinde 28 Mart 1969 tarihinde, Kandilli Rasathanesinin kayıtlarına göre 5.5. (Arpat ve Bingöl 1969) ve 6.9 magnitudünde (Şaroğlu ve diğerleri 1987 de) bir deprem olmuştur. Yazar bu depremi Salihli ilçesinde yaşamış ve bizzat kendisi 29 Mart 1969 tarihinde depremin ilk görüntülerini siyah beyaz olarak fotoğraflamıştır. Bu belgelerin gözden geçirilmesi, deprem sorunlarının 17 Ağustos 1999 depreminde yaşanan sorunlardan pek farklı olmadığını ortaya koyar. Oldukça düşük magnitudlü olan bu deprem, kısmen konutların ilkel malzemeden yapılmış olmalarından ve kısmen yapıların temellerinin gevşek zemin içinde bulunmalarından dolayı zaman içinde büyük kayıplara sebep olmuştur. 49 kişi ölmüş, 4651 konut yıkılmış veya çok ağır hasar görmüştür.

Alaşehir depremi, Alaşehir vadisinde en uzun 12 km olarak tespit edilen ve devamlılık gösteren altı tane fay üzerinde gelişmiştir (Şekil. 1) (Arpat ve Bingöl, 1969). Bu faylara ilişkin haritalar ve bazı fotoğraflar yayınlanmış bulunmaktadır. Bu bildiride, deprem sırasında gözlenen olan deprem etkilerinin fotoğraflanmış örnekleri sergilenmiştir.

Alaşehir depreminde gözlenen olaylar, sırasıyla, Kemaliye köyü yöresinde kaya devrilmesi, Piyadeler köyü yolunda fay düzleminde 1 m normal eğim atım, Gediz vadi tabanında sıkışma nedeni ile oluşan çamur volkanları, sığ su akiferlerinde sıkılaştırma (compaction) sonucu gözlenen artezyen ve akifer basıncı sonucu adi su tulumbalarının üç gün artezyen olarak su üretmesidir. Bunların dışında, zayıf zeminlerin oluşturduğu şiddet artırıcı etkiler sonucu bağ evlerinin yıkılması, Alaşehir garajında inşaat hatası yüzünde bina yıkılması olayları önem taşır. Çürük zeminlerdeki inşaat mühendisliği hataları halen günümüzde de devam etmektedir.

**Anahtar kelimeler;** Çamur volkanı, deprem, kaya devrilmesi, sıkılaştırma, sıvılaştırma.

### *Absract*

In 28<sup>th</sup> March 1969, this was an earthquake in Alaşehir (city of Manisa) and around. 5.5. in magnitude according to the records of the observatory in Kandilli. The author experienced the earthquake himself in county of Salihli. He photographed the first views of the earthquake in black-and white, in 29<sup>th</sup> March 1969. During the examination of his archives, the problems after the earthquake seemed not to be much different from the ones of the earthquake in 17<sup>th</sup> August 1999. This earthquake, which was rather moderate in magnitude caused great damage in time, partly for the reason that the building were made with primitive, low-quality materials, and partly as the foundations of the buildings were not in a firm ground. 49 people died, 4651 building collapsed or was highly damaged.

In Alaşehir earthquake, at least six continuous cracks – the longest 12-km in length- were developed (Figure.1) (Arpat and Bingöl, 1969). The cracks had been surveyed and some of their photographs had been published. The photographed examples of the effects that were observed after the earthquake have been exhibited in this paper.

The features related to the earthquake in Alaşehir, are the landslide in the area of Kemaliye village, 1 m dip-slip throw on a normal fault on the way to Piyadeler village, and the mud volcanoes resulted from the squeeze in the basis of Gediz valley alluvial deposits. Artesian pressure due to compaction in shallow underground water sources caused the water pumps to work as artesian wells for three days. Collapse of the vineyard houses because of strength – increasing effects caused by the loose ground under them, and the collapse of the building because of the failure in the construction at Alaşehir bus station were peculiar events. The mistakes in construction engineering at loose grounds continue still today.

**Key words:** *Mud volcano, earthquake, landslide, compaction, fluidification.*

## GİRİŞ

17 Ağustos 1999 tarihinde 7.4 magnitüdü Kocaeli, 12 Ekim 1999 tarihinde 7.2 Düzce-Kaynaşlı-Bolu depremlerinden sonra, Türkiye'nin her bölgesinin deprem yönünden ilginç olduğu hatırlanarak, geçmişte yaşanmış depremlerde yapılmış olan gözlemlerin tekrar gözden geçirilmesi yararlı olacaktır. Özellikle İzmir ilinin Gediz grabeni batı ucunda yer alması, Alaşehir depreminin önemini bir kat daha artırmaktadır. Yazar Gediz grabeni Turgutlu-Salihli-Alaşehir arasını 1969 yılında çalışmış (Karamanderesi, 1971) ve bu çalışma sırasında 28 Mart 1969 Alaşehir depremini yerinde yaşamıştır. Yazar, ayrıca Turgutlu Urganlı kaplıcalar yöresini 1972 (Karamanderesi, 1972), diğer bölgeleri ise 1978, ve 1988 yıllarında çalışarak (Karamanderesi vd., 1995) bu bölgede derin sondajlar yapmış, 1189.10 m (SC-1) derinliğe kadar graben içerisindeki tektonik kırıkların gelişimi ve graben yapısı hakkındaki yer altı bilgilerini derlemiştir. Alaşehir Kavaklıdere beldesinde 1996 yılında yapılan 750m derinlikli sıcak su arama kuyusunda doğal gaz yakıldı (Karamanderesi vd., 1998). 1998 yılında TPAO tarafından Alaşehir deprem kırık hattında yapılan 2043 m derinliğindeki arama sondajında petrol varlığı saptanmıştır (Yazman vd., 1999). Bölgedeki depremin kırık hatları Arpat ve Bingöl, (1969) tarafından detaylı olarak haritalanmış ve veriler Şaroğlu vd. (1987) tarafından hazırlanan Türkiye Diri Fay haritasında sunulmuştur. Bu nedenle burada, sadece fotoğrafların ifade ettiği görüntüleri ve bunların anlamlarını sergileyeceğiz.

## GÖZLEMLER

28 Mart, 1969 tarihinde, saat 03.48'de meydana gelen depremden hemen sonra, Alaşehir ve yakın çevresinde yapılan gözlemler aşağıda özetlenmiştir.

Kemaliye'de kaya devrilmeleri olmuş (Foto. 1) ve yeni su kaynakları ortaya çıkmıştır. Tepeköy'de yeni bir su kaynağı gözlenmiştir. Baklacı köyü mevkiindeki Akkeçili köprüsünde K 80 B, K 75 B yönlü birçok kırık gözlenmiştir (Foto 2, 3, 4.). Yine Alaşehir garajında K 89 B ve K 72 B uzanımlı kırık hatları ölçülmüştür. Bu kırık hatlarında, 2 m batıya, 1m güneye hareket ölçülmüştür (Foto 5. 6.). Alaşehir Pazar Camisi'nin minaresi batı yönünde çatlamıştır (Foto 7). Alaşehir Gazi bulvarında K 70 D doğrultulu fay çatlağı ölçülmüştür (Foto 8) Piyadelerde minare KB' ya doğru yatmıştır(Foto 9). Evlerin ise kuzey ve batı duvarları kuzeybatıya doğru yıkılmıştır(Foto 10, 11). Yine Alaşehir Piyadeler yolu üzerinde K 80 B uzanımlı kırık hattı ölçülmüştür (Foto 12). Deprem heyecanıyla kaydedilmiş bilgiler bunlar olup, bunlara ait görüntüler ise siyah beyaz fotoğraflarla sergilenmiştir. Bunların dışındaki bilgiler ve gözlemler Arpat ve Bingöl (1969)'de jeolojik evrimi ile verilmiştir. Yazarlar, Gediz grabeni güney kenarında Akkeçili-Piyadeler arasında kuzeye eğimli normal fay(Foto 12), Kasaplı ile Tepeköy arasında üç parça halinde güneye eğimli faylar belirlenmiş; ayrıca Alaşehir içinde iki adet birbirine paralel uzanan kuzeye eğimli normal iki fay haritalanmış, Killik-Gümüşçay yöresinde bir adet güneye eğimli normal fay haritalanmıştır. Bu fay hatları, Şaroğlu vd., (1987)'nin

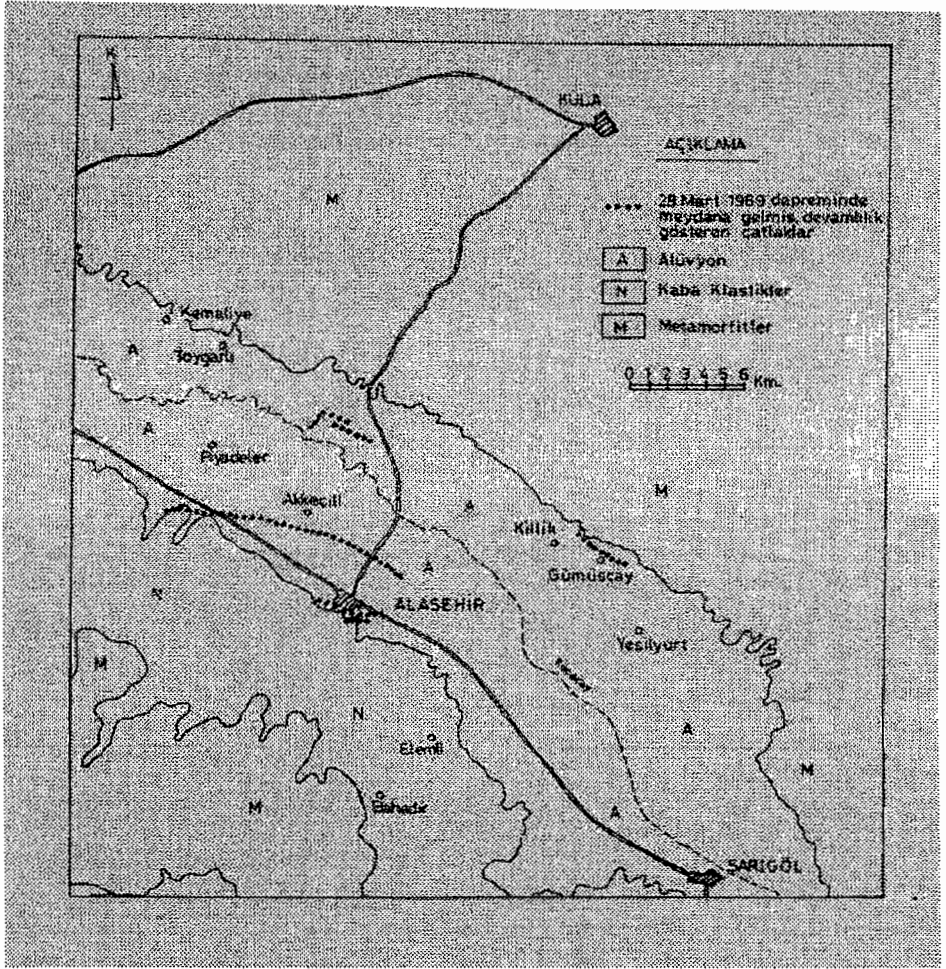
hazırladığı diri fay haritasına aynen aktarılmıştır. Tipik fotoğraflar arasında, sıvılaşma olayları(Foto 13) ile oluşmuş çamur volkanlarına, deprem şokuna bağlı sıkılaştırma sonucu normal akiferlerin artezyen akifere dönüşmesine (Foto 14), zayıf zeminlerin deprem şiddetini arttırarak çok basit bağ evlerinin(Foto 15) dahi yıkılmasına neden oluşuna ve deprem kırık hatları üzerinde olmasa bile, inşaat hatalarından dolayı yıkılan betonarme binalara ilişkin ilginç görüntüler yer alır. Diğer fotoğraflar ise şöyle kayıtlanmıştır. Foto 16. Kemaliye’de D-B yönlü inşa edilmiş eski çeşmenin K-G uzanımlı kenar duvarlarının yıkılmış olduğu resimlenmiştir. Kemaliye’den yoğun fotoğraf çekilmiş. Foto. 17 Kemaliye’de cami minaresinin batıya doğru yıkılmış olduğu, Foto 18 de ise Alaşehir-Tepeköy’de çürük zeminde komple yıkılan eski evler görülmüştür. Kemaliye’de ise diğer fotoğraflarda görüldüğü gibi (Foto 19, 20, 21, 22) zemine bağlı bina yıkılmaları, veya Foto 23 de görüldüğü gibi sağlam zemin üzerinde olan veya Kemaliye’den geçen fay hattına bağlı farklı yönde yıkılma olayları kolayca görülür.

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

17 Ağustos 1999 depreminin hatırlattığı olayların yeni olaylar olmadığı, geçmişten ders almadığımızı ve eldeki verilerle Türkiye’nin birçok depremi tekrar yaşayacağı, ve bunların sonuçlarında geçmişte tekrar yaşayacağımızı bu olaylar, örnekler çok yalın göstermektedir. Ki özellikle yazar 1967 Adapazarı depremini de bizzat yaşayan biri olarak orada görülen 4 katlı binaların bu resimlerde görülen sıvılaşma, zemin zayıflığından hasar miktarının arttığını yerinde yaşayan, ve 12 Kasım Düzce depremini yerinde ziyaret eden biri olarak bu resimlerin arşivden çıkarılmasında sonsuz yarar umarak bunların sergilenmesini düşünmüştür.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Arpat, E., ve Bingöl, E., 1969. Ege Bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler. MTA Dergisi. 73, 1-9.
- Karamanderesi, İ. H., 1971. Turgutlu-Salihli arası Gediz nehri güneyi jeolojisi, hidrojeolojisi, jeotermik enerji etüt raporu. MTA Raporu No: 4684.
- Karamanderesi, İ. H., 1972. Urganlı Kaplıcaları (Manisa-Turgutlu) civarının detay jeolojisi ve jeotermal enerji etüdü. MTA Raporu No: 5462.
- Karamanderesi, İ.H., Yılmaz, S., Yıldırım, T., Yakabağı, A., Çiçekli, K., Gevrek, A. İ., Demir, A., Yıldırım, N., 1995. Manisa Turgutlu-Salihli-Alaşehir arası Gediz vadisi jeotermal enerji aramaları etüt ve sondaj (SC-1 derin sondaj) verileri sonuç raporu. MTA Raporu. No:
- Karamanderesi, İ.H., 1997. Salihli - Caferbeyli (Manisa ili) jeotermal sahası potansiyeli ve geleceği. Türkiye 7. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri Cilt III, 247-261.
- Karamanderesi, İ.H., Durgun, H., Ertürk, İ., Gedik, A., 1998. Kavaklıdere (Alaşehir, Manisa) jeotermal ve doğal gaz sahası jeolojisi, potansiyeli ve geleceği., Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri Ve Madencilik Kongresi Bildiri Özleri Kitabı, 91-92.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1987. Türkiye Diri Fay haritası. MTA Genel Müdürlüğü Yayını.
- Yazman, M., Güven, A., Sayılı, A., İztan, H., Batu, Z., Ermiş, Y., Çopur, S., Özdemir, İ., Akçay, Y., Özkanlı, M., Çoşkun, E., 1999. Alaşehir grabeni’nin prospektivitesi ve Alaşehir-1 arama kuyusu. 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, 8-14. Mart 1999. İzmir. Sayfa:11.



Şekil. 1 Alaşehir depremi yüzey kırık hatları gösterir harita (Arpat ve Bingöl, 1969'dan değiştirilmiş).

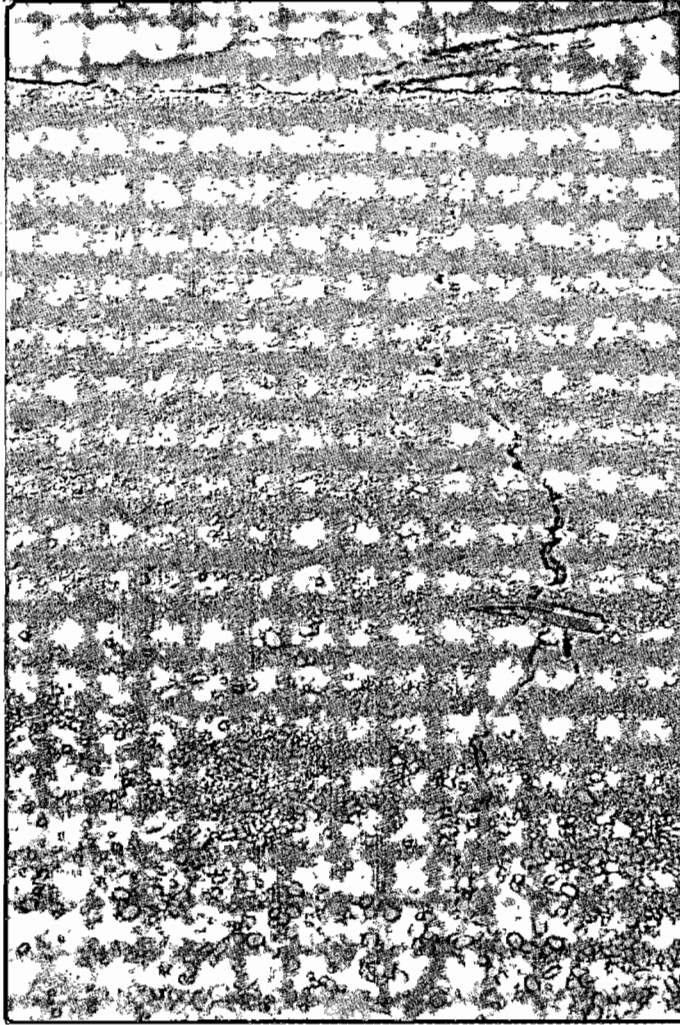
Figure. 1 Map of the surface cracks lines of the Alaşehir earthquake (Arpat and Bingöl, 1969 modified).



**Foto. 1.** Kemaliye kuzey sırtlarında görülen kaya devrilmesi. Kayalar kuzeyden güneye doğru devrilmiştir.

**Photo 1.** *Rock fall of north of Kemaliye. Rock fall direction from north to south.*





**Foto 2.** Kemaliye-Alaşehir eski yolu üzerinde K80W uzanımlı yolu kesen çatlak (fay kırığı) hattı.

*Photo.2. Crossing the road, which is in direction N80W fault zone.*



**Foto 3.** Kemaliye-Alaşehir yolu Baklacı köy köprüsü güney sahilinde K23D uzanlı kırık hattı açılma çatlakları.

**Photo 3.** Along the Kemaliye-Alaşehir road which is in direction N23E fault zone.



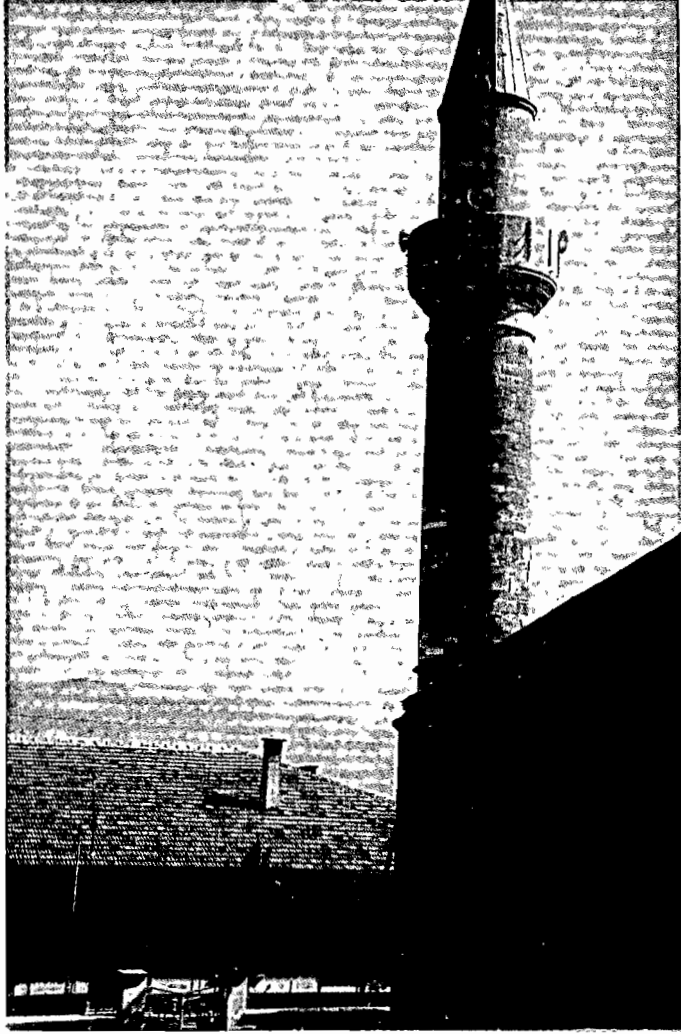
**Foto. 4.** Alaşehir-Kemaliye yolu Baklacı köprüsü güney sahili. Köprü ayağı yanında fay hattını ölçen Ergun Havur K80B uzanımlı Baklacı Piyadeler fay hattı görülüyor.

**Photo 4.** Baklacı bridge in south side of the Alaşehir -Kemaliye road. Ergun Havur measured the Piyadeler fault zone in N80W.

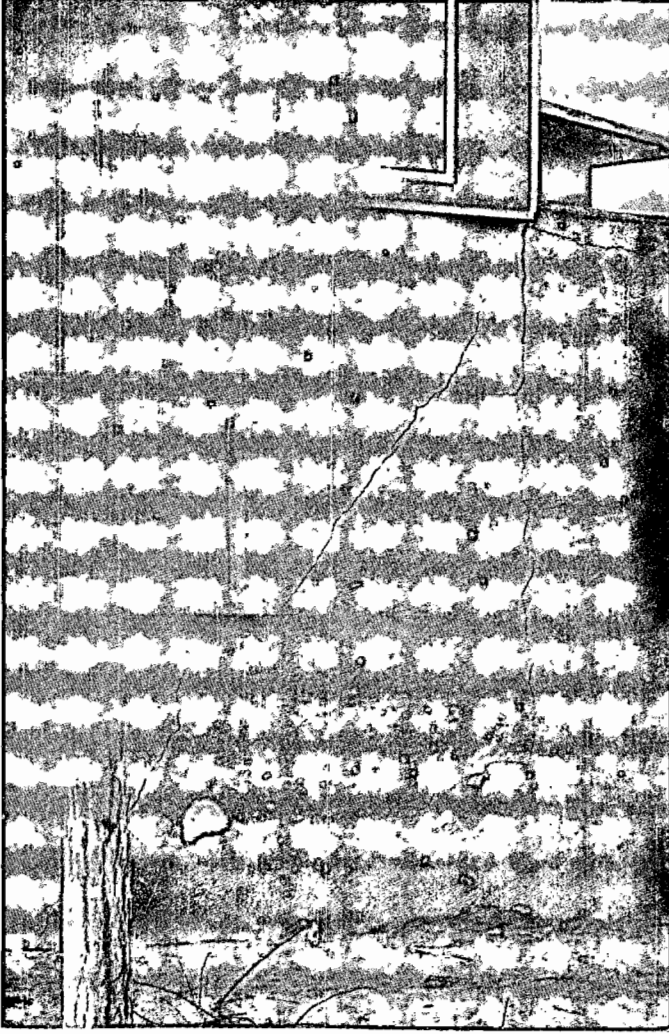


**Foto 5, 6.** Alaşehir otogar örtü betonu kiriş kolon bağlantısı zayıflığından bütün halinde çökmüş. Foto 12 de örtü betonu ile kuzey duvarı arasındaki açılmanın resmi. Otogar örtü betonu 2 m batıya doğru, 1 m' de güneye doğru ötelenmiştir. Foto 12 de altta kalan otobüsler görülüyor.

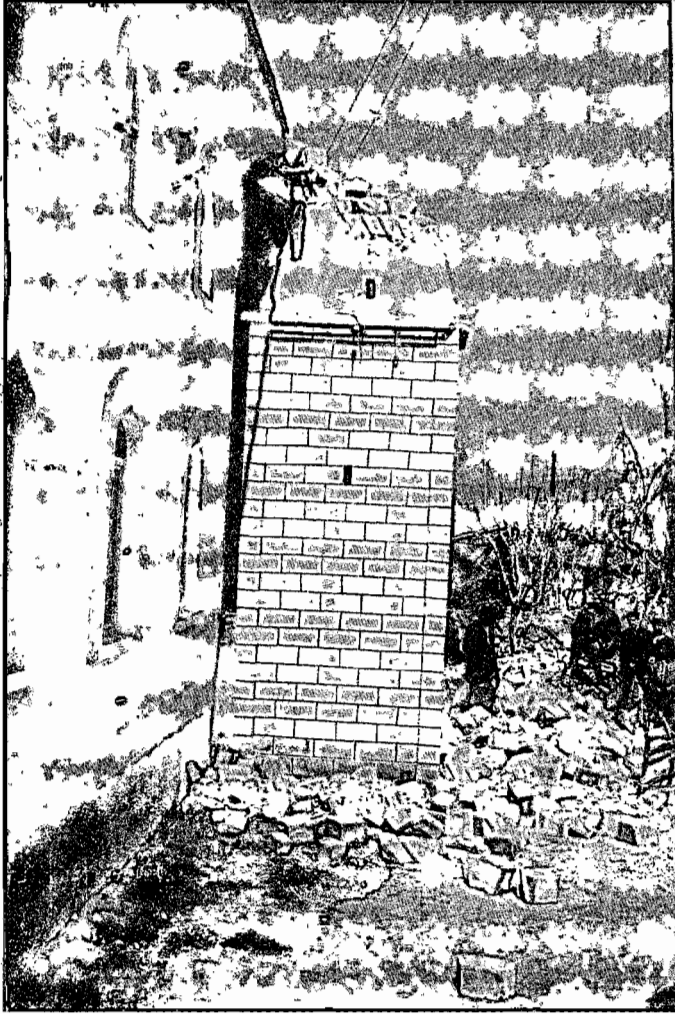
**Photo 5,6.** Photo 12 shows roof above bus station collapsed into the bus. Picture show cracking. Roof above bus station moved into 2-meter west, 1-meter south



**Foto 7. Alaşehir’de minaresi çatlayan bir caminin resmi.  
Kesme çatlağı eğim yönü KB’ya doğru.  
Photo 7. Fracture on mosque. Fractures dip into NW.**

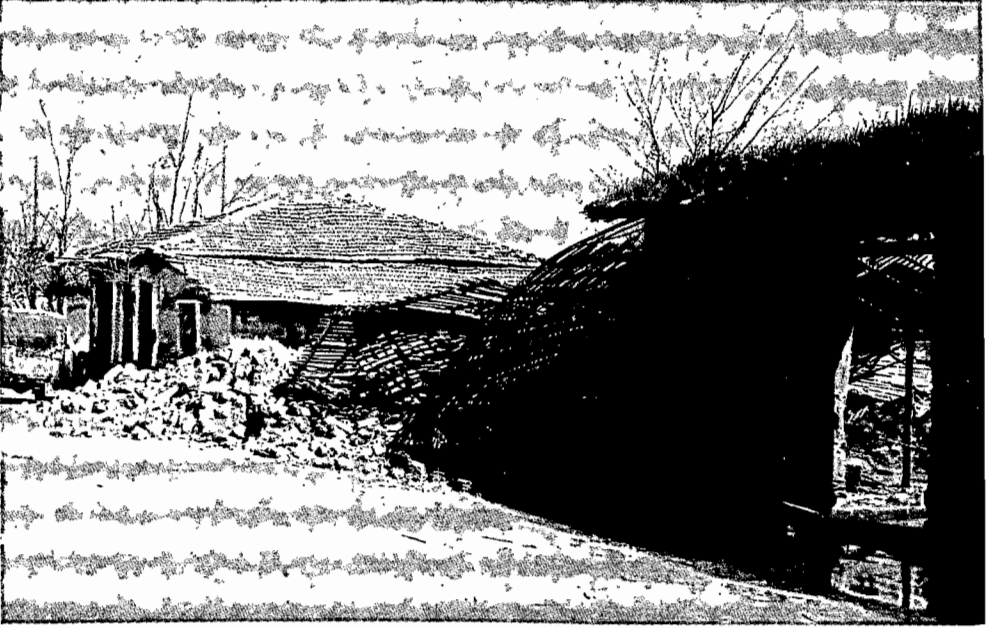


**Foto 8.** Alaşehir'de şehir içi Gazi Bulvarında bina duvarlarında Gelişen çatlaklardan bir örnek.  
*Photo 8. Fracture above houses.*

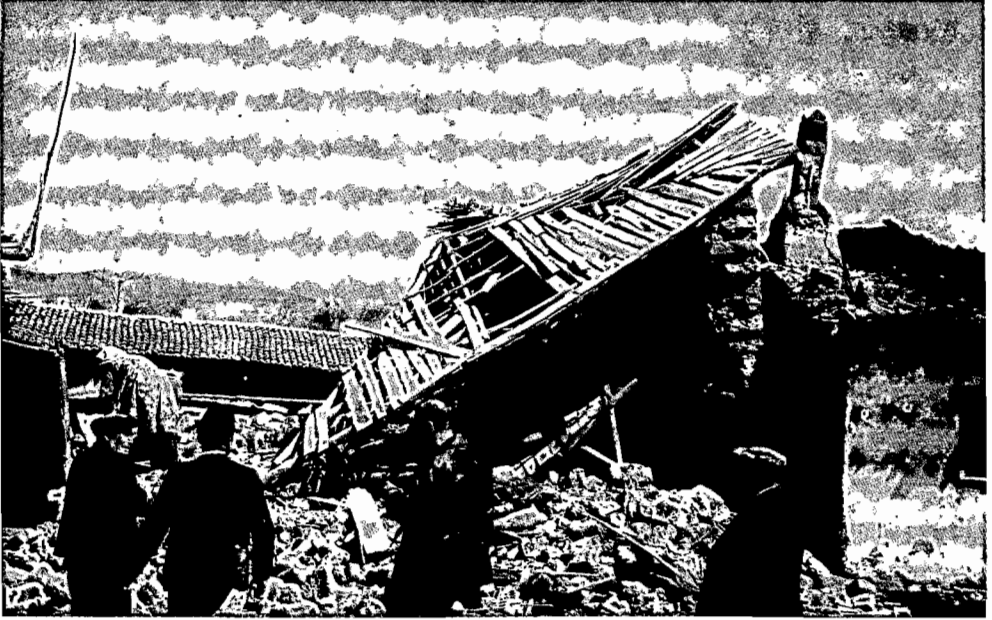


**Foto 9.** Alaşehir-Piyadeler de cami minaresi kuzeybatıya doğru yıkılmış. Fotograf kuzeyden güneye çekilmiştir.

**Photo 9.** Piyadeler mosque minaret collapsed into northwest. Photograph taken from north to south.

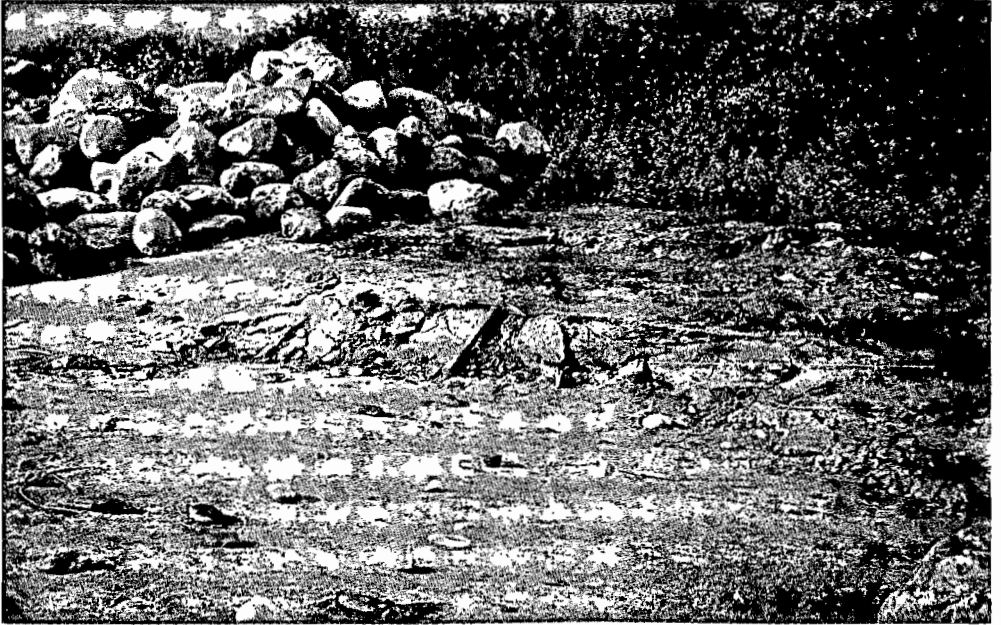


**Foto. 10.** Piyadeler köyünde evlerin Kuzey ve batı duvarları yıkılmış.  
**Photo 10.** In Piyadeler village; North and West walls collapsed.



**Foto. 11.** Piyadeler'de kuzey ve batı duvarları KB'ya doğru yıkılan binalardan bir görüntü. Gediz vadi dolgusu gevşek malzemenin şiddet artırıcı etkisi çok iyi görülüyor.  
**Photo 11.** In Piyadeler village; North and West walls of homes collapsed into NW.





**Foto. 12.** Alaşehir – Piyadeler yolundaki Piyadeler fay hattı düşey atım çekiç boyu. Doğrultu ve eğim yönü, K80B KD.

*Photo 12. Hammer that is in Piyadeler fault zone shows the translation movement, along the Alaşehir-Piyadeler road. Faults dip and strike N80W NE.*



**Foto. 13.** Kemaliye-Toygar-Piyadeler yolu üzerinde Gediz dolguları içinde gelişen sıvılaşma olaylarının görüntüsü. Çamur Volkanı

*Photo 13. Liquefaction slide of Gediz alluvial deposits in Kemaliye-Toygar-Piyadeler road. Mad Volcano*

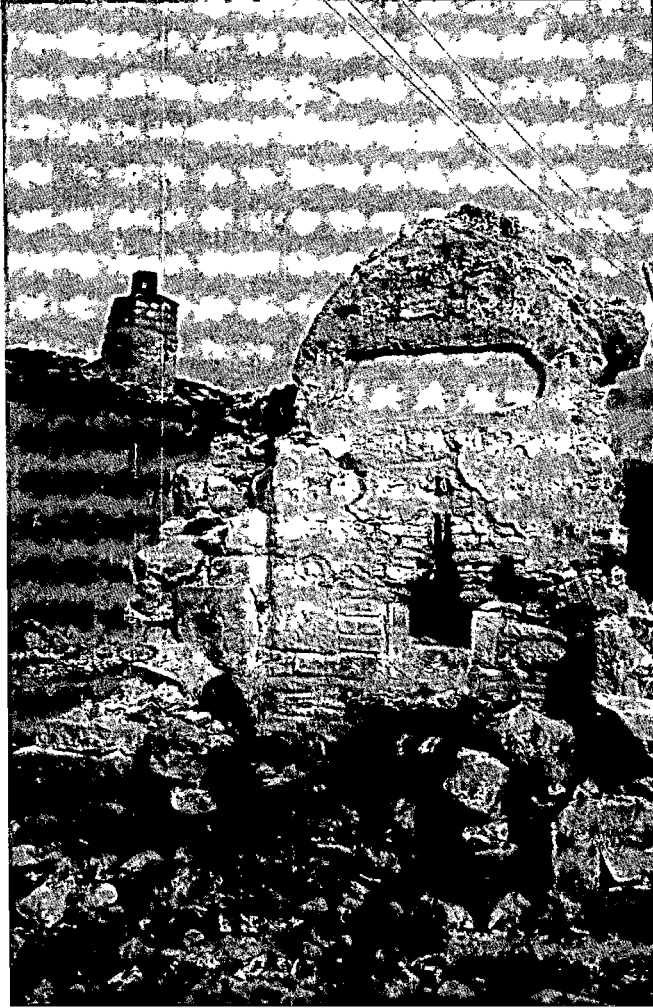


**Foto 14.** Piyadeler ovasında gelişen sıkılaşma olayı sonucu artezyene Dönüşüp üç gün akan adi su kuyusu tulumbasının görüntüsü.  
**Photo 14.** *Because of the compression of Aquifers water spring artesian, which shows the water, well during three days.*



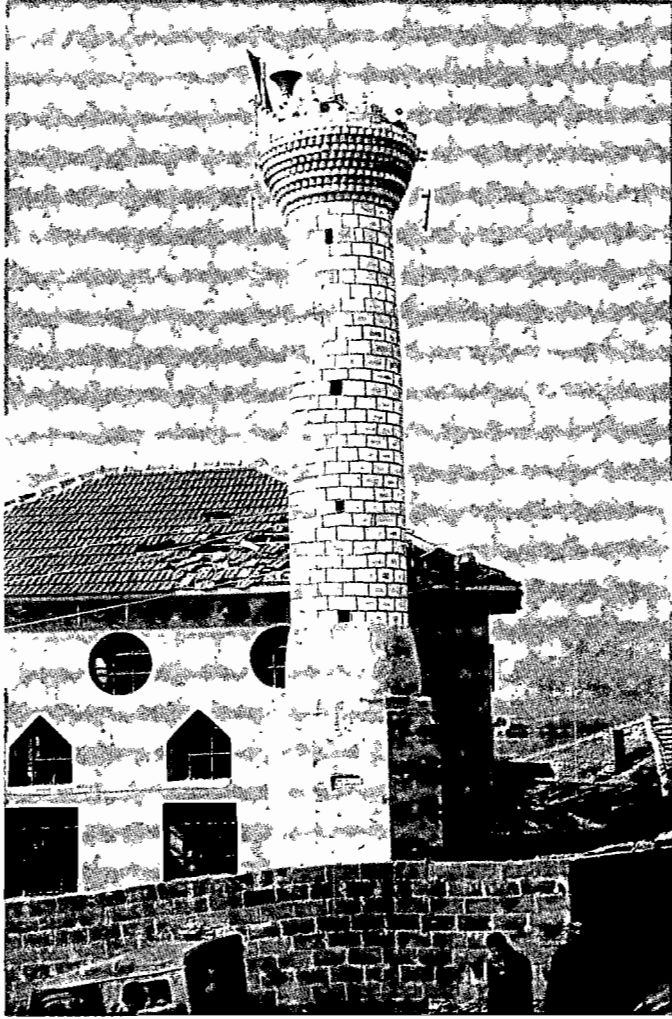
**Foto. 15.** Kemaliye-Toygar-Piyadeler yolu üzerinde Toygar bağları mevkiinde basit evlerin yıkılması.

**Photo 15.** *Ancient small homes of farmer collapsed near Kemaliye-Toygar-Piyadeler.*

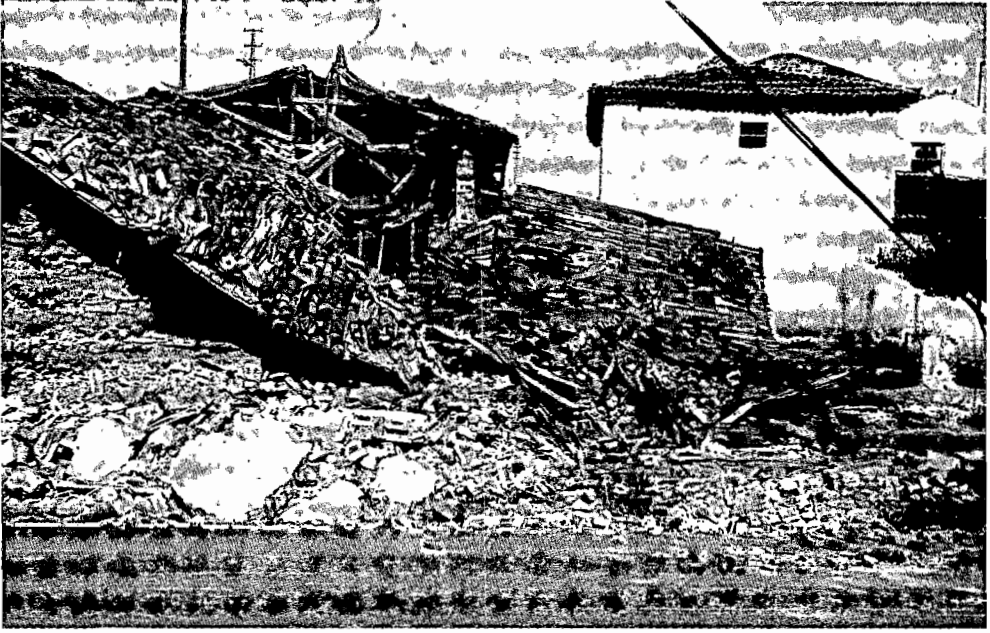


**Foto 16.** Kemaliye’de D-B yönlü inşa edilmiş eski çeşmenin K-G uzanımlı kenar duvarlarının yıkılmasının resmi.

*Photo 16. Picture of ancient tap, which is collapsed near walls, constructed east-west direction.*



**Foto . 17. Kemalîye (Alaşehir-Manisa) camisi minaresi batıya doğru yıkılmıştır.**  
*Photo 17. Collapsing of Kemalîye Mosque minaret into west.*



**Foto. 18.** Alaşehir – Tepeköy’de çürük zeminde komple yıkılan eski evler.  
**Photo 18.** *Completely collapsed houses above loose material.*



**Foto. 19.** Kemalije’de (Alaşehir) eski bir evin batı duvarı yıkılmış.  
**Photo 19.** *Western Wall collapsed house at Kemalije.*



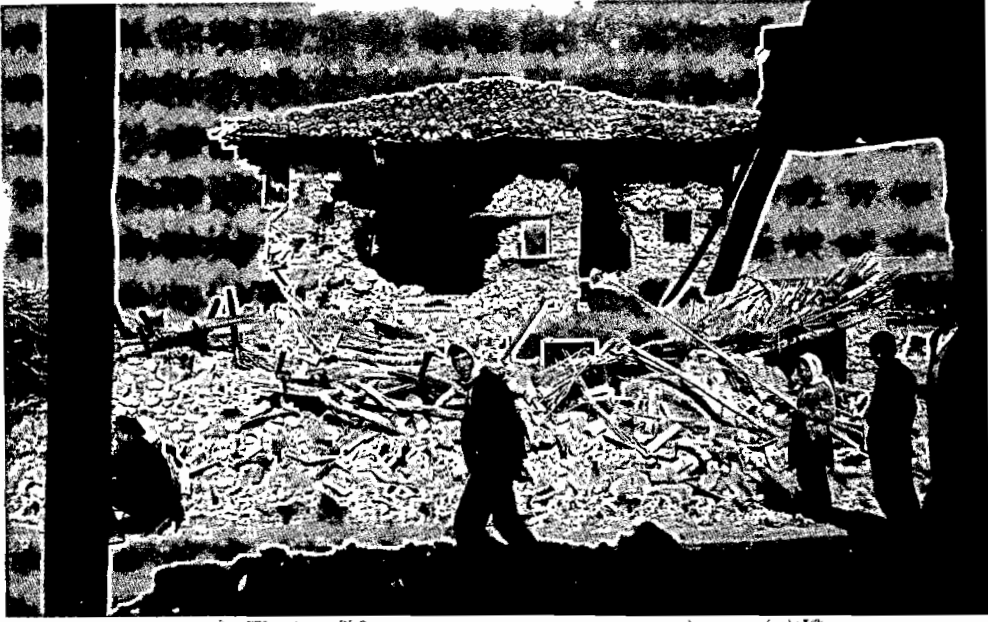
**Foto. 20.** Kemaliye’de eski bir evin güney duvarı güneye doğru yıkılmış. 1. güney uzanımlı duvarlarda D-B yönlü çatlaklar oluşmuş.

**Photo 20.** Southern wall of house collapsed into south. Fractures situated on E-W directions.



**Foto. 21.** Kemaliye’de (Alaşehir) batı duvarı batıya doğru yıkılan bir evin güneyden kuzeye görüntüsü.

**Photo 21.** View of the house from south to north, eastern wall collapsed into west at Kemaliye (Alaşehir).



**Foto. 22.** Kemalije'de (Alaşehir) D-B uzanımlı sokak üzerinde D-B uzanımlı fay kırılması nedeniyle kuzeyindeki binanın güney duvarı, güneydeki binanın kuzey duvarının yıkılmasının görünüşü.

**Photo 22.** -Street direction E-W.

- Fault direction E-W

- Southern wall of northern house, northern wall of southern building collapsed into each other.





**Foto 23.** Kemalije’de kuzeyden güneye bakışta sokağın genel görünümü. Jeep önündeki sağlam kaya üzerinde oturan binanın depremde davranışı ile arkasında dolgu malzeme üzerindeki duvarın doğuya doğru yıkılması görülüyor.

*Photo 23. General view of the street from north to south. Home near jeep have strong rock, across jeep have alluvial zone, in alluvial area, home walls.*

## ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

(\*) Doğan KALAFAT

(\*) B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 81220 Çengelköy/İSTANBUL

### ÖZET

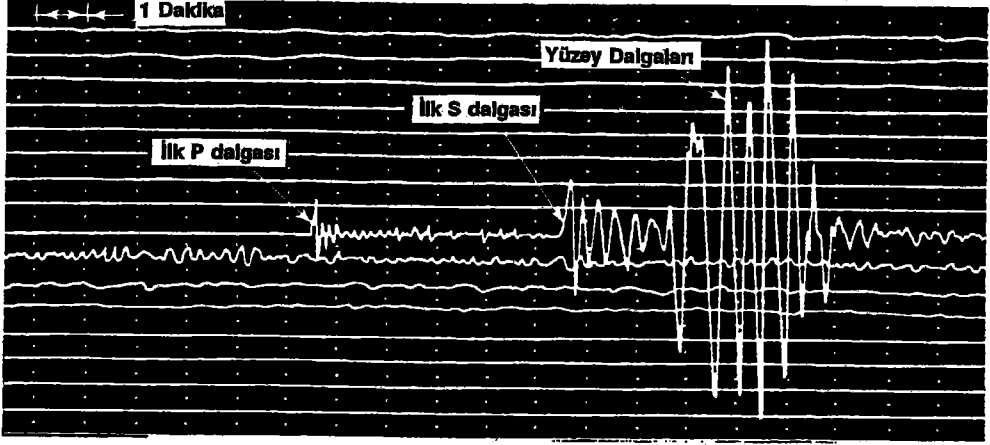
19. Yüzyıldan itibaren sürekli gelişen Sismoloji bilmi sayesinde deprem dalgalarının çeşitli özellikleri ve deprem odağındaki hareketin mekanizması arasında bir ilginin var olduğu ortaya çıkarılmıştır. Deprem odağındaki etkili olan kuvvetlerin incelenmesi, odak mekanizması çözümleri yöntemleri ile mümkün olmuştur. Mekanizma çözümlerinde, düğüm düzlemlerinin konumuna, eğim yönüne ve eğim açısına bağlı olarak faylanma türü, asal gerilme eksenlerinin konumlarına ve dalım açılara göre de etkili kuvvetlerin doğrultusu kestirilebilir. Böylece odak mekanizması çözümleri yapılan depremlerin bulunduğu bölgenin güncel tektoniğine bir yorum getirilme olanağı sağlanmış olur. Bu çalışma özellikle yerbilimleri dalındaki öğrencilerin odak mekanizması yöntemlerini daha iyi anlamaları ve pratik çalışma olanağı yapmaları amacı ile yazılmıştır.

### ABSTRACT

The developments are Seismology since the 19<sup>th</sup> Century show that there is a close relation between the focal mechanism and the waveforms generated by the earthquake. The earthquake focal mechanism studies unables one to get information on the forces acting at the focus. The strike, dip and the rake of the nodal planes show the faulting type, the principal stress axis orientation and plunge show the strike of the forces. Thus, through the focal mechanisms of the earthquakes one may obtain an idea on the tectonic regime of a region. This study is aimed to provide some basic knowledge on the focal mechanism studies, especially for earth science students.

## Deprem Dalgalarının Genel Özellikleri

Deprem bir dalga olayıdır. Yani yer kabuğunun kırılğan sistemlerinde oluşan depremler sonucu açığa çıkan enerji deprem kaynağından dışarıya doğru dalgalar halinde yayılır. Bu dalgalar bir titreşim hareketidir ve sismik dalgalar olarak nitelendirilir. Depremi oluşturan faylanma ile birlikte deprem kaynağından çeşitli türde sismik dalgalar yayılır. Bunlar cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Cisim dalgaları (body waves) iç kısımlarda yayılabilen dalgalardır ve P ve S olarak ikiye ayrılır (Şekil 1).



ŞEKİL 1: Bir deprem anında meydana gelen sismik dalgalar.

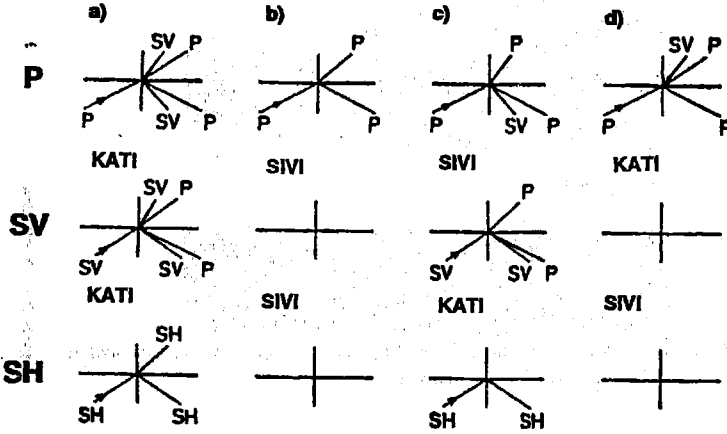
P (primer) dalgalar istasyona ilk gelen dalga olup, partikül hareketi yayılma doğrultusu boyunca olmaktadır. Bunlara boyuna dalgalar da denmektedir. P dalgaları, hızları en fazla olan dalgalardır. Bu dalgalara kompresyon veya dilatasyon dalgaları da denir. P dalgaları katı, sıvı ve gaz ortamlarda yayılma özelliklerine sahiptirler. P dalgalarının hızı, yer kabuğu içinde ortalama 6-7 km/sn'dir. Derinlere doğru hız artar, manto-çekirdek sınırında en yüksek değerine 13 km/sn ulaşır. P dalgalarının hızı ( $V_p$ ), dalganın yayıldığı ortamın elastik özelliğine, rijitite ve yoğunluğa bağlıdır ve

$$V_p = \left[ \frac{k + 4/3M}{\rho} \right]^{1/2}$$

bağıntısı ile ifade edilir.

Burada,  $\kappa$  = Bulk Modülü (cismin hacim değişikliğine karşı direnci )  
 $M$  = Rijitide-Kayma modülü (cismin şekil değişikliğine karşı direnci)  
 $g$  = Cismin (ortamın) yoğunluğudur.

İkinci tip dalgaya S dalgası , makaslama dalgası (shear wave), kayma veya rotasyon dalgası (transverse) da denilmektedir. S dalgaları, sismograflara ikinci gelen dalga (second) dalgalar olup partikül hareketi yayılma doğrultusuna dik olmaktadır. Bu dalgalara enine dalgalar da denir. Sıvı ortamda yayılmazlar ve hızları P dalgalarının hızının yaklaşık 1.7 katı daha küçüktür. S dalgalarının yayılma doğrultusuna dik ve yatay düzlem içinde bulunan bileşenine SH, yayılma doğrultusundan geçen düşey düzlem içindeki bileşenine SV dalgası denilmektedir (Şekil 2).



**ŞEKİL 2:** Farklı ortamlar arasındaki sınırlarda P, SV ve SH dalgalarının yansıma ve kırılmaları:  
a) katı-katı, b) sıvı-sıvı, c) katı-sıvı, d) sıvı-katı.

S dalgası  $V_s$ ;

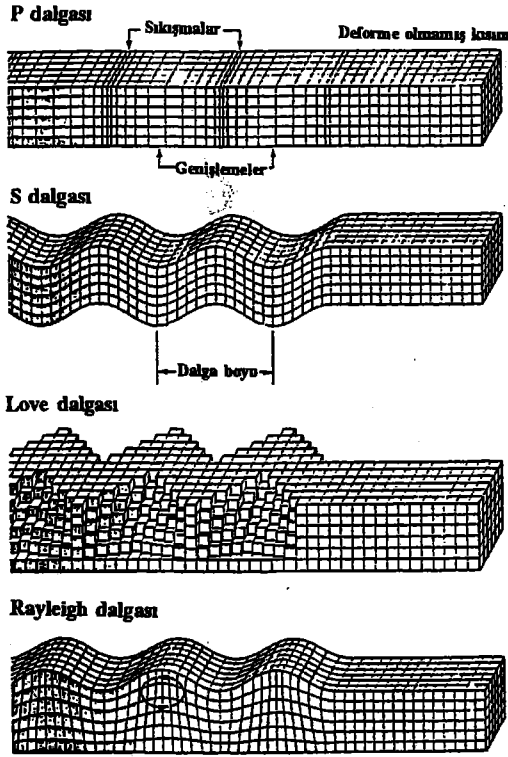
$$V_s = (m/g)^{1/2} \text{ bağıntısı ile ifade edilir.}$$

Burada,  $m$  = Rijitide Modülü (sıvıda sıfırdır)

$g$  = Cismin (ortamın) yoğunluğudur.

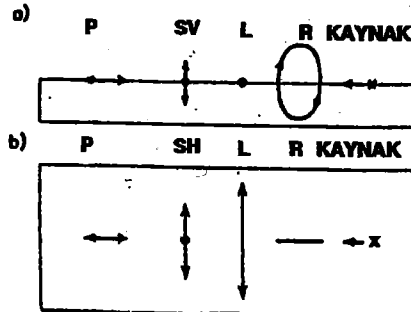
S dalgasının hızı, içinden geçtiği cismin rijitidesine ve yoğunluğuna bağlıdır. S dalgası hızı yer kabuğunda ortalama 3.34-4.1 km/sn' dir, ve derinlere inildikçe hız artar.

Yüzey Dalgaları, deprem istasyonuna P ve S dalgalarından sonra gelen gelen dalgalardır. Bunlar da Rayleigh (R) ve Love (L) dalgaları olarak adlandırılırlar. Yüzey dalgalarına uzun dalgalar (L dalgaları) da denir (Şekil 3).



ŞEKİL 3: Depremler esnasında oluşan 4 tip sismik dalganın yayılma özelliklerini gösteren diyagram.

Hızları düşük, peryotları büyük, boyları daha uzun olup sismogramlar üzerinde en şiddetli hareketleri yansıtırlar. Bu dalgalar yerin serbest yüzeyi boyunca yayılan dalgalardır. Yüzeyden birkaç kez dolaştıktan sonra sismogramlarda görülürler. Rayleigh dalgaları yerin serbest yüzeyinin oluşturduğu dalgalar olup, titreşim hareketi yayılma doğrultusunun tersi yönündedir. Love dalgaları, yerin serbest yüzeyi ile kabuğun tabanı arasında ardışık yansımalara uğrayan SH dalgalarının girişiminden oluşurlar. Kısaca, Love dalgaları yatay yönde polarize olmuş S dalgalarıdır ve kanal dalgaları olarak da adlandırılırlar (Şekil 4).



ŞEKİL 4: Bir kesit içindeki doğrudan dalgaların yayılımını gösteren şekiller:  
a) bir taraftan görüldüğü gibi, b) tepeden görüldüğü gibi.  
Oklar partikül hareketlerini ve dalgaların yayılım hızları sırasına göre düzenlenmiş halini gösterir.

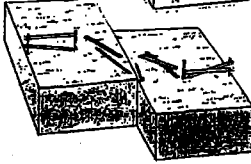
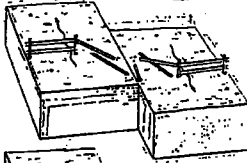
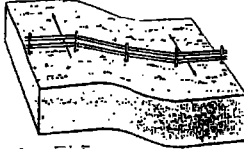
Bu dalgaların genlikleri genellikle hacim dalgalarının genliğinden çok yüksektir, daha yavaş sönümlenir ve yeryüzünün çevresini birkaç kez dolanabilir. Bu dalgalar, yer kabuğunun oluşumu hakkında çeşitli bilgiler verir. P ve S dalgaları, deprem istasyonlarına doğrudan geldikleri gibi manto içinde yansiyarak PP, PS, SS, SP dalgalarını meydana getirirler. Yansımaların tekrarlanması halinde yüzeydeki odakta çıkan P dalgası kayıt istasyonuna PPP, PPS, PSP, PSS dalgası olarak ulaşırlar. Benzer şekilde S dalgaları da meydana gelebilir. Odağın derinde olması halinde odakta yukarı doğru yayılan boyuna ve enine dalgalar p (küçük p) ve s (küçük s) sembolleriyle gösterilirler. Çekirdekten kırılarak yayılan dalgalar ise PKP, PKS, SKS, SKP sembolleri ile gösterilirler. Burada K, çekirdekte yayılan P dalgasını gösterir. İç çekirdeğe geçen P dalgaları I, S dalgaları ise J ile gösterilirler.

## DEPREMLERİN MEKANİZMASI

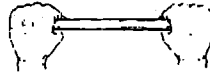
### 4.2. Asal Gerilme Eksenleri

Sismik etkinlikle, faylanmanın ilişkili B. Koto tarafından 1891'de Japonya'da meydana gelen Mino-Owari depremi ile ortaya konulmuştur (Richter, 1958). 1906 yılında ise deprem-faylanma ilişkisine ışık tutan en önemli gözlem, Reid (1910) tarafından ortaya atılmıştır. 1906 San Fransisko depreminden sonra bölgede yapılan jeodezik ölçmelerde değişiklik gözlenmiştir. Depremden önceki ve sonraki ölçmeler karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu, depremden önce San Andreas Fayının incelendiği bölümünde 1906 depreminden önce makaslama gerilmesinin (strain) zamanla arttığını tespit etmiştir. Bunun sonucunda da depremlerle faylanmalar arasında birtakım ilişkiler olduğu tespit ederek "Elastik Rebound" (Elastic rebound theory) kuramını ortaya atmıştır. Bu teoriye göre depremlerle açığa çıkan enerjinin kaynağı, yer kabuğu içinde depolanmış deformasyon enerjisidir. Bu enerji kayaların kırılması ve faylanması (kayması) şeklinde boşalır. Elastik Rebound kuramı ile açıklanan faylanma basit bir model ile gösterilebilir (Şekil 5). Enerji birikimi, önceden oluşmuş bir fay boyunca oluyorsa, enerjinin bir kısmı kaynak içinde ısı ve deformasyon enerjisi haline dönüşür, kalanı ise elastik dalgalar halinde yayılırlar. Bu nedendir ki deprem dalgası, odakta gelişen olguların nitelik ve nicelikleri hakkında değerli bilgiler vermiştir. Nitekim deprem odağındaki hareketin mekanizmasının incelenmesi, sismik dalgalar ile deprem odağındaki hareket mekanizması arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Deprem odağındaki hareket mekanizması (yer değiştirme), basit matematik modellerle ifade edilmiştir. Bunlar, nokta kaynak, tek kuvvet çifti (single-couple) ve ikili kuvvet çifti (double-couple)'dir (Şekil 6).

### Kayaların Şekil Değiştirilmesi



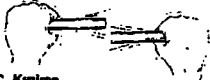
### Bir çubuğun deformasyonu



A. Orijinal Pozisyon



B. Gerilmenin Başlaması



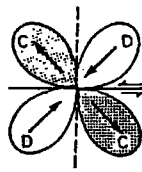
C. Kırılma



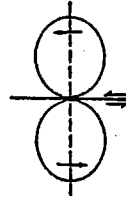
D. Gerilmenin Serbest Kalması

## ŞEKİL 5: Elastik rebound teorisi

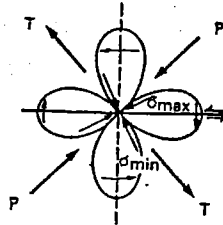
Kayaların şekil değiştirmesi. Kaya şekil değiştirmeye eğilir ve elastik enerji depolar. Kaya kırılma noktasının ötesinde gerilmeye başladıktan sonra depoladığı enerjiyi deprem dalgaları şeklinde serbest bırakır.



(a)



(b)



(c)

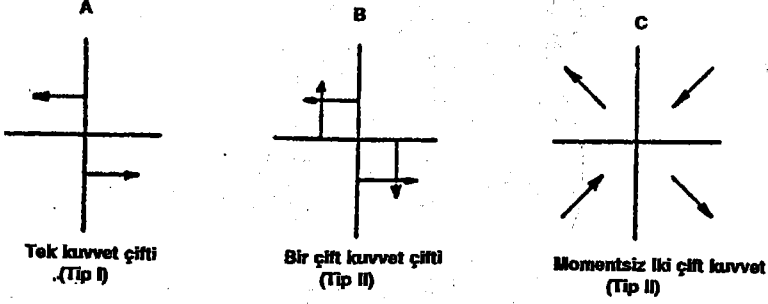
## ŞEKİL 6: Deprem kaynak mekanizması:

(a) P dalgasının yayılma yolu Tip (I) ve Tip (II) için

(b) S dalgaları yayılma yolu Tip (I) kaynağından (single couple)

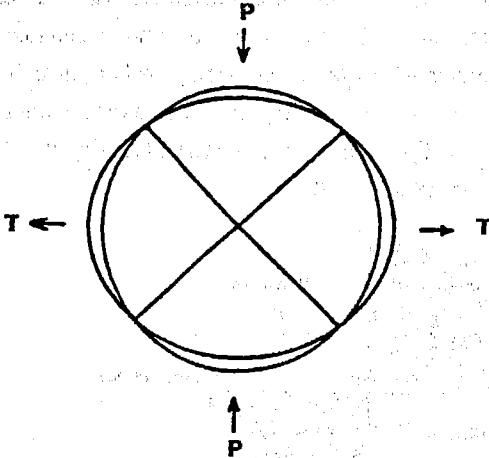
(c) S dalgalarının yayılma yolu Tip (II) kaynağından (double couple)

Bazı araştırmacılar, odakta hareketin nedenin tek bir kuvvet sistemine bağlı olduğunu vurgulamışlar, bu kuvvet çifti birbirine eşit fakat ters yönlü iki kuvvetten oluşur ve momenti sıfırdan farklıdır. Honda (1957), ikinci bir kuvvet sistemini, bir çift kuvvet çiftini ortaya koydu (Şekil 7).



ŞEKİL 7: Odakta etkili olan kuvvet sistemleri (Honda, 1957).

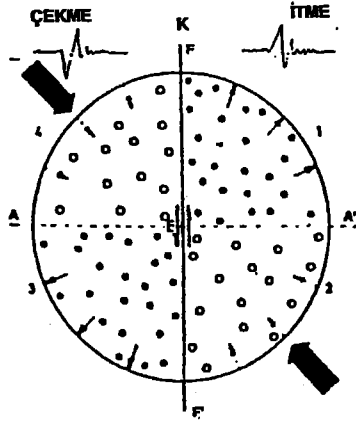
Odağın nokta kaynak kabul edilmesi halinde, odak bölgesindeki birim kürenin, elastik homojen bir küre olduğu düşünülür ve küre merkezine doğru yönelimli momentsiz bir çift kuvvet çiftinin etkisiyle deformasyona uğrayarak elipsoid halini alır. Küre üzerinde deformasyonun en fazla uğrayan noktaları ise en büyük basınç ve gerilme eksenleri ile  $45^\circ$ 'lik açılar yapan eksenlerin küreyi kestiği yerlere rastlamaktadır (Şekil 8).



ŞEKİL 8: Şekil değişimine uğrayan odak küresi.

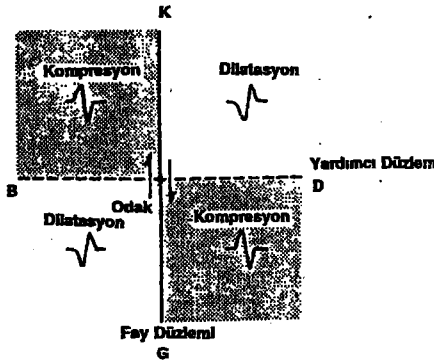


1909' da Japon sismologları, P dalgalarının başlangıç yönlerinin (ilk hareket) çeşitli istasyonlardaki dağılımını inceleyerek basınç (P) ve tansiyon (T) bölgelerini ayıran düğüm düzlemlerini tayin etmeye başladılar (Şekil 9).



ŞEKİL 9: Bir depremin P dalgalarının ilk hareket yönlerinin dağılımından yararlanarak basınç ve tansiyonların kadransal dağılımı (E:Episantr, FF:Fay izi, AA':Yardımcı düzlemin izi, ●:Kompresyon, ○:Dilatasyon).

P dalgalarına ait ilk hareketlerin belirlenmesi ile deprem odağındaki hareketin tüm özelliklerini saptamak mümkündür. Bir deprem nedeniyle sismik istasyonlara ulaşan P dalgalarının ilk hareket yönleri sistematik bir dağılım gösterir (Nakano, 1923). Çeşitli istasyonlarda kaydedilen ilk hareket yönlerinden bazıları istasyona doğru, bazıları da küre merkezine doğru yönelmektedirler. Bu 2 farklı ilk hareket yönlerinin küre yüzeyindeki yerleşimleri ise, biri odaktan geçen fay düzlemi olarak nitelendirilen düzlemdedir, yine odaktan geçen ve fay düzlemine dik olan bir başka düzlemin kürede ayırdığı kadranslara göre düzenlenmektedir. Söz konusu kadranslardan ikisinde, P dalgalarının ilk hareket yönü odaktan dışarı doğrudur. Bu kadranslar kompresyon (sıkışma) kadransıdır. Diğer ikisinde ise, P dalgalarının hareket yönleri odağa doğrudur, bu ise dilatasyon (genişleme) bölgelerini işaret eder (Şekil 10).



ŞEKİL 10: Bir deprem esnasında P dalgalarının ilk hareket yönlerinin dağılımı.

## Faylanma Türleri

Etkin gerilmelerin kayacın kırılma veya blokların sürtünme direncini aşması halinde düzlemlerin biri boyunca kopma ve hareket başlar. Yani kayma başlamaktadır. Kaymalar bir düzlem boyunca gelişir ki bu düzleme fay düzlemi, buna odakta dik olan diğerine yardımcı düzlem denir. Odağı etkileyen kuvvetler, en büyük basınç (P), en büyük gerilme (T) ve orta gerilme (B) olarak adlandırılırlar. Faylanma türleri bu üç eksenin uzayda değişik konumlarla oluşurlar.

P eksenini, en büyük asal gerilme (the greatest principle stress) eksenidir. Fay düzlemiyle  $\pm 45^\circ$  'lik açılar yapar. Gevşemeye uğrayan kadranda, odak küresi üzerinde kompresyonların bulunduğu bölgede yer alır. T eksenini, en küçük asal gerilme eksenini (the least principle stress) olup fay düzlemi ile  $\pm 45^\circ$  'lik açılar yapar. Sıkışmaya uğrayan kadranda içinde yani odak küresi üzerinde daima kompresyonların bulunduğu bölgede yer alır. B eksenini, orta gerilme (the intermediate principal stress) eksenidir. Sıfır vektörü (null vector) olarak da adlandırılır. Fay düzlemiyle, ona dik olan yardımcı düzlemin arakesitidir. Fay düzlemi boyunca gelişen hareketin doğrultusuna diktir. En büyük ve en küçük gerilme eksenlerinin orta gerilme eksenini etrafında dönmesiyle kayma düzleminin eğimi ve hareketin tipi değişir (Şekil 11).

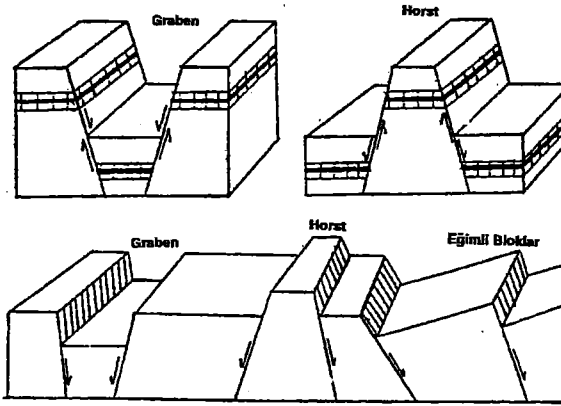
| Fay Türü ve Eksenlerinin Konumları  | Blok Diyagramı | Odak Mekanizma Diyagramı |
|---|----------------|--------------------------|
| <b>EĞİM ATIMLI NORMAL FAY</b><br>P eksen: Düşey<br>T eksen: Yatay<br>B eksen: Yatay |                |                          |
| <b>EĞİM ATIMLI TERS FAY</b><br>P eksen: Yatay<br>T eksen: Düşey<br>B eksen: Yatay   |                |                          |
| <b>DOĞRULTU ATIMLI FAY</b><br>P eksen: Yatay<br>T eksen: Yatay<br>B eksen: Düşey    |                |                          |

**ŞEKİL 11:** Asal gerilme eksenlerinin farklı konumlarına göre gelişen faylanma türleri ve odak mekanizma diyagramları.

Asal gerilme eksenleri, her zaman aynı konumda bulunmamaktadır, bunların yatay ve düşey olmalarına göre oluşan faylanmalar da farklıdır. Dolayısıyla, ana fay tipleri asal gerilmelerin eksenlerinin durumu ve kayma düzlemlerinin asal gerilmelerin konumuna göre aşağıdaki şekillerde açıklanabilir.

### Normal Faylanma

Tavan bloğu, taban bloğuna göre, eğim yönü boyunca aşağı doğru hareket eden faylanmalardır. P eksenini düşey, T ve B eksenleri yatay konumdadır. Normal fayların birçok çeşiti vardır. Bunlardan en önemlileri Horst ve Graben olarak tanımlanır. Grabenler iki normal fay arasında aşağı doğru çökmüş dar ve uzun çukurlardır. Horstlar ise iki normal fay arasında, grabenlere nazaran daha yukarıda kalan bloklara denilmektedir (Şekil 12).



ŞEKİL 12: Normal fayların çeşitleri.

### Ters Faylanma

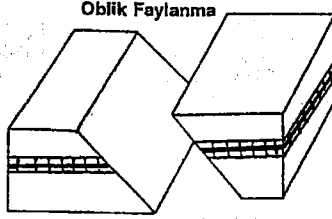
Tavan bloğu, taban bloğuna göre, eğim doğrultusunda fakat yukarı doğru hareket eden faylanmalardır. T eksenini düşey, P ve B eksenleri yatay konumdadır.

### Doğrultu Atımlı Faylanma

Blokları, birbirlerine göre doğrultu boyunca sağa veya sola hareket eden faylanmalardır. B eksenini düşey, P ve T eksenleri yatay konumdadır. Doğrultu atımlı fayların sağ yönümü veya sol yönümü olduğu, blokların hareket yönlerine bakılarak tespit edilir. Bloklardan herhangi biri üzerinde duran ve karşı bloğa bakan kimseye göre, karşıdaki blokun sağa veya sola kaymış olmasına göre, sağ yönlü (dextral) veya sol yönlü (sinistral) olarak adlandırılırlar (Şekil 11).

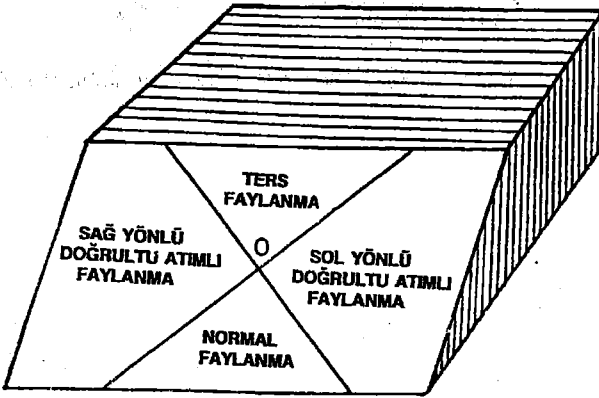
### Oblik Faylanma

Faylar, ortamı etkileyen basınç ve gerilmelerin konumlarına göre değişik türde gelişmektedirler (Camtez, 1969). Bu üç eksenin konumları yukarıda verilenlerin dışında da olabilir. Eğer T ekseninin dalımı  $45^\circ$  civarında ise Oblik faylanma olur. Oblik faylardaki kayma hareketi fay düzlemi üzerinde, eğim yönü ve doğrultu istikametlerinden farklı yönlerde meydana gelir. Bu faylar, hem eğim atımlı hemde doğrultu atımlı fayların özelliklerini taşır (Şekil 13).



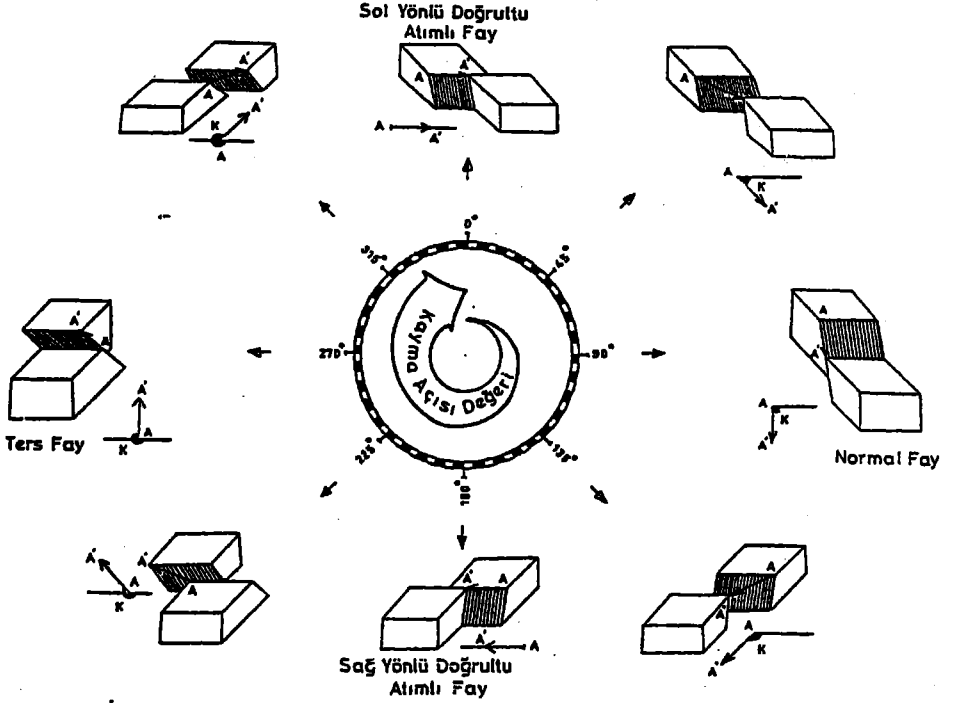
ŞEKİL 13: Oblik Faylanma.

Böyle faylarda, hareketin hem doğrultu hemde eğim bileşenleri vardır. Genellikle, bu bileşenlerden biri diğerinden daha büyük, nadiren de birbirlerine eşit olarak bulunmaktadır. Faylanma türünün saptanmasında yararlanılan en önemli parametreler, kayma vektörü (slip vector) ve kayma açısı (slip angle)' dir. Kayma vektörü (net slip-net atım-toplam atım) fay düzlemi üzerinde gelişen yer değiştirmelerin bileşkesidir. Kayma vektörü fay düzleminin saptanmasında belirleyici bir unsur olarak kullanılmıştır (Billings, 1972; Şekil 14).



ŞEKİL 14: Kayma vektörünün fay düzlemi üzerindeki farklı yön ve doğrultularına göre gelişen fay türleri (Billings, 1972).

Faylanma türünün saptanmasında belirleyici diğer bir unsur da kayma açısıdır. Kayma açısı (Slip Angle), kayma vektörü ile fayın doğrultusu arasındaki açı olup fay düzlemi üzerinde ölçülmektedir. Söz konusu açı, dalım (plunge) ve yatım (rake=pitch) olarak da nitelendirilir. Kayma açısı,  $0^\circ$  -  $360^\circ$  arasında değişik değerler almakta ve buna göre değişik türde faylar oluşmaktadır (Şekil 15).



**ŞEKİL 15:** Kayma açısının artan değerlerine göre gelişen fay türleri (Kıyak, 1986).

## ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMLERİNDE UYGULANAN YÖNTEMLER

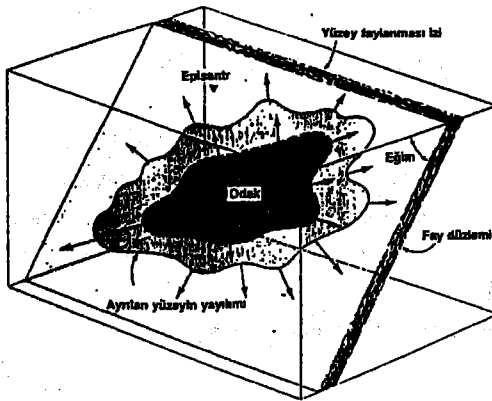
P - Dalgaları Uygulama Yöntemi

S - Dalgaları Uygulama Yöntemi

Yüzey Dalgaları Uygulama Yöntemi

Ters-Çözüm ( İnversion) Uygulama yöntemi

Bir depremin odak mekanizmasının incelenmesi ve buna bağlı olarak fay düzleminin konumunun bulunması, odakta etkili olan kuvvet sistemlerinin bulunması odak mekanizması çözümleri ile mümkündür. Odak mekanizması çözümünde (fay düzlemi çözümü-fault plane solution), bir depremin mekanizmasının faylanma ile olduğu ve bunun sonucu olarak gelişen yerdeğiştirme alanının odakta düşünülen bir çift kuvvet çifti (double couple) ile temsil edileceği kabul edilir. Buna göre de, deprem odağının çevresindeki yer hareketinin genlik ve frekans içerikleri, algılama yapılan noktanın deprem episantırına göre azimutuna bağlı olacaktır. Bu özellikten yola çıkılarak deprem odağındaki kuvvet ve faylanmanın özelliklerini saptamak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Stauder (1962), fay düzlemi çözümü diye adlandırılan etraflı bir yöntem ile deprem odağındaki hareketin tüm özelliklerini incelemiştir. Böylece, odak mekanizması yada fay düzlemi çözümü olarak adlandırılan bu yöntem ile, deprem odağındaki hareketin incelenmesi, bu harekete neden olan kuvvet türünün ve gerilme doğrultularının saptanması, deprem sırasında oluşan fay düzleminin doğrultu, eğim ve eğim yönünü, fay düzlemindeki hareketin belirlenmesi mümkün olur (Şekil 16).

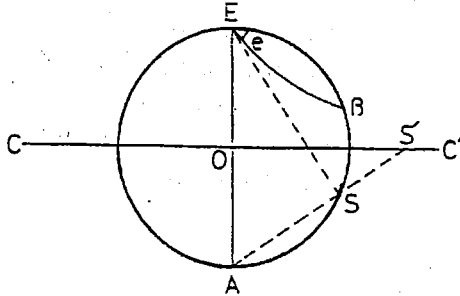


ŞEKİL 16: Kayaların kırılarak deprem odağından dışarı doğru yayılımını gösteren kesit (yer kabuğuna yandan bakış).

## P - Dalgaları Uygulama Yöntemi

1900'lü yılların başında, özellikle aletsel teknolojinin ve alet şebekesinin hızla gelişmesi sonucunda, sismik dalgalar ile deprem odağındaki hareket mekanizması arasında bir ilişkinin olduğu ortaya konulmuştur. 1909'da Japon sismologları, P dalgalarının ilk hareket yönlerinin çeşitli deprem istasyonlarındaki dağılımlarını inceleyerek basınç ve tansiyon bölgelerini ayıran düğüm düzlemlerini tayin etmeye başladılar. Böylece P dalgalarının ilk hareket yönlerinin tespiti ile odak çevresindeki sıkışma ve genişlemenin bulunduğu bölgeler belirlenip bu bölgeleri ayıran birbirine dik 2 düzlemin konumları saptanabilir. Bu düzlemlere fay düzlemi ve yardımcı düzlem (düğüm düzlemleri) denir.

P dalgaları ile yapılan ilk çalışmalar, sığ ve yakın depremler için yapıldı. Derin odaklı depremlerde düğüm düzlemlerinin sığ odaklılar gibi basit olmayıp, bunların yeryüzü ile arakesitlerinin elips veya hiperboller şeklinde oluşu Byerly (1938) tarafından sismik ışınların arz içindeki yörüngelerinin birer doğru değil eğri yayları şeklinde oluşu ile izah edilmiştir. P dalgalarının hızlarının derinlikle artmasından ileri gelen bu yörünge eğriliğini dikkate alarak uygun bir izdüşüm sistemi kullanılmış ve düğüm düzlemlerinin birer daire ile temsil edilebileceğini göstermiştir. Bu " Byerly Metodu " adı verilen fay düzlemi tayin metodunun esasını teşkil etmektedir. Byerly, sismik ışınların eğriliklerinden ileri gelen hataları gidermek suretiyle odak mekanizması çözümlerinde " Stereografik İzdüşüm " metodu kullanmıştır (Şekil 17).



ŞEKİL 17: Stereografik izdüşüm

Burada, E episantrı, A antisantrı (episantrın alt yarım küredeki izdüşümü), S istasyonun düzeltilmiş pozisyonu, S' ise istasyonun ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümünü göstermektedir. İzdüşüm kutbu olarak A antisantrı alınmıştır. Sismik ışının yerküresi ile yaptığı e (emergence) açısı bilinirse, ışına episantrdan çizilen teğetin projeksiyon dairesini kestiği noktada istasyonun düzeltilmiş pozisyonu elde edilir.

OS' uzaklığı R tg' ye eşit olup, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$\sin\theta = \frac{R}{R-H} * \frac{v}{v_0} * \cos\epsilon$$

$$\cos \theta = V_0 \cdot dT/d\Delta$$

Burada,  $\theta = 180 - I_1$

R, arzın yarıçapı

H, odak derinliği

$v_0$ , yüzeydeki P dalgası hızı

$v_1$ , odaktaki P dalgası hızı

T, dalganın odaktan istasyona kadar gelmesi için geçen zamandır (travel-time)

$dt/d\Delta$ , dalganın kaydedilen yol-zaman grafiklerinden elde edilir.

$\theta$  açılarının hesaplanabilmesi için istasyonların  $\Delta$  episantır uzaklıklarının bilinmesi gerekir. Ayrıca, istasyonun odak küresi üzerindeki koordinatlarının bilinmesi için istasyon ve episantırdan geçen büyük dairenin kuzeyle yaptığı açının (azimut) bilinmesi gerekir. Merkezi, episantır olan bir haritada istasyonlar azimutları ile OS' uzaklıkları kullanılarak yerleştirilir. Her istasyonun kaydettiği ilk hareket yönleri kompresyon ve dilatasyon bölgeleri episantırdan geçen iki daire ile birbirinden ayrılır. Bu iki daireden biri, fay düzlemi diğeri ise yardımcı düzlemi temsil eder. Bu dairelere episantırdan çizilen teğetler fay düzleminin ve yardımcı düzlemin doğrultularını vermektedir. Düzlem dairelerinin birbirlerine dik olmaları koşulu;

$$X_a = 1/4 r_a$$

$X_b = 1/4 r_b$  bağıntı çiftinin gerçekleşmesine bağlıdır.

Burada;  $X_a, X_b$  : düzlemlerin eğim yönü ile doğrultuları arasındaki açı

$r_a, r_b$  : düzlem dairelerinin yarıçaplarıdır. Fay düzlemi ve yardımcı düzlemin eğim açıları,

$$\delta_a = \text{Arctg} (2r_a/m)$$

$$\delta_b = \text{Arctg} (2r_b/m)$$

bağıntısı ile verilir. Burada,  $\delta_a, \delta_b$  : fay düzleminin ve yardımcı düzlemin eğim açıları,

m: CC' düzlemindeki yeryuvarı için seçilen birim olarak verilmiştir.

Fay düzlemi ve yardımcı düzlem odakta birbirlerine dik olduklarından, elde edilen dairelerin yarıçapları r ve r', düzlemlerin doğrultuları arasındaki açı  $\theta$  olmak üzere bu şart;

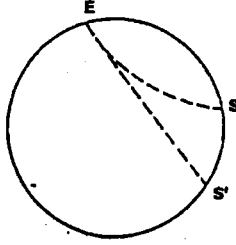
$$4rr' \cdot \cos \theta = 1 \text{ 'dir.}$$

yakın istasyonların izdüşümlerinin merkezde kümelenmeleri bu metodun uygulanmasında güçlükler ortaya çıkarmıştır.

Bu metod çeşitli araştırmacılar tarafından pekçok depreme uygulanmıştır, özellikle Kanada'da J.H.Hodgson tarafından benimsenip, geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Bir kısım araştırmacılar,

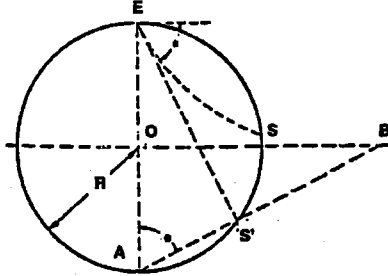


düğüm düzlemlerinin çizilmesinde merkezi projeksiyon, diğer bir kısmı ise Wulff veya Schmit projeksiyonunu kullanmışlardır. Özellikle Hodgson ve Story (1953), odak mekanizması konusunda çok değerli çalışmalar yapmışlardır. Dünya üzerine dağılmış deprem istasyonlarında kaydedilen ilk varışların ilk hareket yönlerinin analizi ile bir deprem esnasında gelişen faylanmanın doğrultu ve eğimini saptamaya yardım eden Byerly metodu ancak sığ odaklı depremlerin odak mekanizması çözümlerinde kullanılıyordu, bu yüzden, daha sonra Hodgson ve Storey tarafından gözden geçirilerek daha mükemmel hale getirildi ve her derinlikteki depremler için kullanılabilir hale getirildi. Bunun için Hodgson (1957), her odak derinliği için uzatılmış uzaklıkları (extended distance), istasyonların gerçek uzaklıklarının ( $\Delta$ ) bir fonksiyonu olarak saptamıştır. Bunun içinde Jeffreys-Bullen yol-zaman tablolarını temel alarak farklı derinlik ve farklı fazlardaki cisim dalgalarını kullanmıştır. Dalga hızlarının derinlikle artması, doğrusal değilde eğrisel bir yol izlemesi "uzatılmış uzaklık" teriminin doğmasına neden olmuştur (Şekil 18).



ŞEKİL 18: Bir sismik dalga yolu (ES) ve bunun uzatılmış uzaklığı.

Böyle bir kabul mekanizma çözümlerinde birbirine dik iki düzlem (biri fay düzlemi, diğeri de yardımcı düzlem ) elde edilebiliyordu (Şekil 19).



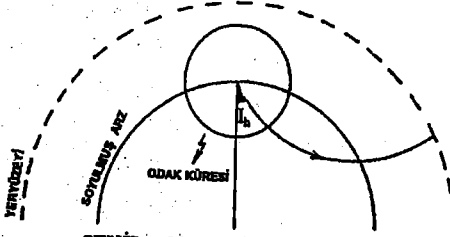
ŞEKİL 19: Stereografik projeksiyon ve uzatılmış uzaklık kavramı (Hodgson, 1957).

Burada, E depremin dış merkezini  
A projeksiyon kutbunu (dış merkezin antisantr'ı)  
ES' uzatılmış uzaklığı gösterir.

ES', EAS' ile OAB üçgenlerinin benzerliklerinden dolayı OB' ye eşit olmaktadır.

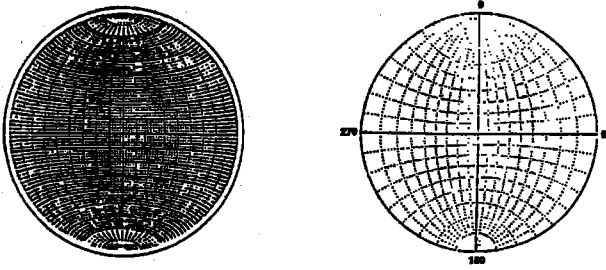
OB= R \* tge olmaktadır.

Hodgson, her odak derinliği için uzatılmış uzaklık değerini hesaplarken, yeryuvarının her odak derinliğine kadar soyulmuş (stripped) olduğunu kabul etmiştir (Şekil 20).



ŞEKİL 20: Soyulmuş yeryuvarı modeli.

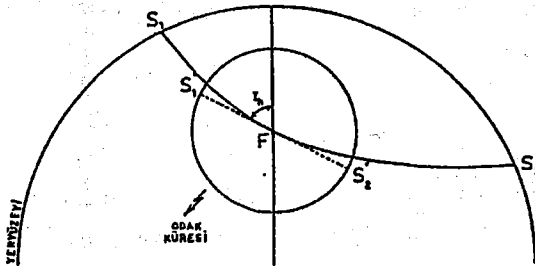
Ritsema (1956) ve Honda (1958), "Schmidt Eşit Alan" ve "Wulff Eşit Açılı" projeksiyonlarını mekanizma çözümlerinde kullanılmak üzere geliştirdiler (Şekil 21).



ŞEKİL 21: Odak mekanizması çözümlerinde kullanılan projeksiyon yöntemleri

a) Schmidt Eşit Alan ağı, b) Wulff eşit açılı ağı.

Düsey projeksiyon yöntemi veya İzdüşümü Yöntemi de denilen bu yöntemde, yeryüzündeki istasyonlar, depremin olduğu varsayılan odak küresi üzerine izdüşürülmektedir (Şekil 22).



Şekilde  $S_1$  ve  $S_2$  yeryüzündeki iki istasyonu,  $S_1'$  ve  $S_2'$  'de bu istasyonların odak küresi üzerindeki izdüşümlerini göstermektedir.  $S_1FS_2$  sismik ışının F odağında teğettir. Burada,  $S_1'$  'inde P dalgasının ilk hareketinin  $S_2'$  'dekinin tersi yönünde olduğu düşünülür. P dalgalarının, üst veya alt yarımküredeki ilk hareketinin türü Schmidt veya Wulff ağlarından biri yardımıyla iç merkezden geçen yatay düzlem üzerine işaretlenebilir.

### **Odak Mekanizması Çizim Yöntemi**

Yeryüzünde çeşitli deprem istasyonlarından elde edilen sismogramlar yardımı ile P dalgalarının ilk hareket yönleri sağlanmaktadır. Tespit edilen ilk hareket yönleri uygun projeksiyon dairesi üzerine izdüşürülerek, odak küresi üzerinde compresyon ve dilatasyon bölgeleri tespit edilir. Bir mekanizma diyagramının elde edilebilmesi için ilk hareket yönleri tespit edilen istasyonun Schmit veya Wulff izdüşüm yöntemi kullanılarak bir düzlem üzerine izdüşürülmesi gerekir. Bu projeksiyon teknikleri ile düzlemsel ve çizgisel yapıları ve bunların birbiriyle olan ilişkilerini birarada gösterilebilmekte ve 3 boyutlu olarak yorumlayabilmekteyiz. Bir depremin P dalgalarının ilk hareket yönlerinin dağılımından yararlanarak odak mekanizmasının yapılması için bazı parametrelere ihtiyaç vardır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

1. P dalgalarının ilk hareket yönlerine ilişkin istasyon verileri,
2. Sismik ışınların odağı terk etme açıları,
3. Deprem episantrlarının istasyonlara göre azimutları

### **Sismik ışınların odağı terk etme açıları**

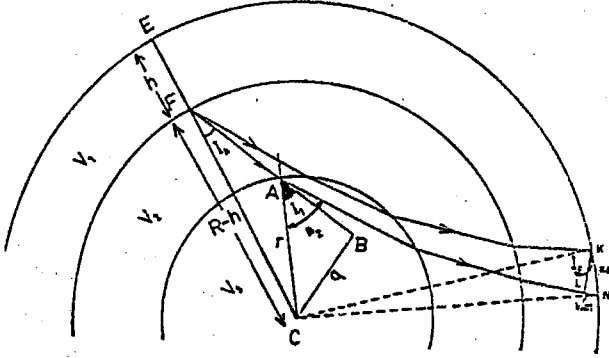
Odak bölgesinde, zaman içinde biriken enerji , deprem anında açığa çıkmakta ve sismik dalgalar halinde yayılmaktadır. Her bir sismik ışın odağı farklı bir açı ile terk eder. Bu açıya "terk etme açısı" denir. Odaktan çıkan sismik ışınlar, yer içinde derinlere doğru gidildikçe artan yoğunluk nedeni ile eğrisel bir yörünge izlerler. Sismik ışınlar, yer içinde bir tabakadan bir diğerine geçerken Snell yasasına uygun olarak davranış gösterirler. Bir hız süreksizliğine gelen sismik ışın, P ve S dalgaları olarak yansır ve kırılır. Snell yasası iki tabakalı, küresel ortamda;

$$r_1 * \sin I_1 / V_1 = r_2 * \sin B_2 / V_2 = p \quad (1)$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir.

Yer içinde derinlere doğru gidildikçe sismik ışınların geliş açıları ve ortamın hızları değişmektedir. Ancak (1) oranı daima sabit kalmakta ve bu sabite de " Işın Parametresi "

denilmektedir. Herhangi bir derinlikte yol alan bir sismik ışının yörüngesi üzerindeki ışın parametresi aşağıdaki gibi saptanmaktadır (Şekil 23).



ŞEKİL 23: Sismik ışınların geliş açılarının derinlikle değişmesi.

A noktasına Snell yasası uygulanırsa,

$$\sin I_1/V_2 = \sin I_2/V_3 = p \quad (2)$$

LKN üçgeninde  $\sin I_0 = V_0 dt/d\Delta$

$$\sin I_0/V_0 = dt/d\Delta \text{ olur. } dt/d\Delta = p$$

BAC üçgeninde;  $\sin I_1 = q/r$   $q = r * \sin I_1$  (3)

BFC üçgeninde;  $\sin I_h = q/(R-h)$   $q = (R-h) * \sin I_h$  (4)

3 ve 4 nolu bağıntılar eşitlenerek,

$$r * \sin I_1 = (R-h) * \sin I_h \text{ bulunur.}$$

$\sin I_1 = (R-h)/r * \sin I_h$  olur. (2) nolu bağıntıda  $\sin I_1$ 'in değeri yerine yazılırsa,

$$\frac{R-h/r * \sin I_h}{V_2} = \frac{\sin I_2}{V_3} ; \sin I_h = \frac{R-h}{r * V_2} = \frac{\sin I_2}{V_3}$$

$$\frac{\sin I_h * (R-h)}{V_2} = \frac{r * \sin B_2}{V_3} = P \text{ olduğundan,}$$

$$\frac{\sin I_h * (R-h)}{V_2} = P \text{ elde edilir.}$$

Odaktaki ortalama hız  $V_h$  olduğundan,  $V_2$  yerine  $V_h$  konursa,

$$P = \frac{\sin I_h * (R-h)}{V_2} \text{ bulunur (5)}$$

Bu yolla (5) nolu bağıntı kullanılarak terketme açısı ve hız değeri için ışın parametresi hesaplanması yapılmış ve tablolar düzenlenmiştir (Tablo-1).

TABLE:1  
P DALGALARI İÇİN UZATILMIŞ UZAKLIKLAR VE ODAĞI TERK ETME AÇILARI

| UZAKLIK | DERİNLİK = 0 KM. |       |       | DERİNLİK = 15 KM. |       |       | DERİNLİK = 40 KM. |       |       |       |       |       |
|---------|------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | UZUL             | $I_h$ | $I_b$ | UZUL              | $I_h$ | $I_b$ | UZUL              | $I_h$ | $I_b$ |       |       |       |
| 20-0    | 1-361            | 57-33 | 57-00 | 2-153             | 1-897 | 42-10 | 43-15             | 37-24 | 4-705 | 52-44 | 54-31 | 36-43 |
| 20-5    | 1-249            | 51-40 | 52-00 | 2-181             | 1-899 | 42-25 | 42-24             | 36-43 | 4-709 | 52-43 | 52-00 | 37-45 |
| 21-0    | 1-249            | 52-78 | 52-75 | 2-175             | 1-878 | 42-08 | 40-07             | 35-51 | 4-636 | 50-53 | 51-04 | 35-20 |
| 21-5    | 1-021            | 26-12 | 24-00 | 2-028             | 1-846 | 39-25 | 39-02             | 34-72 | 4-677 | 49-14 | 47-01 | 34-24 |
| 22-0    | 1-507            | 32-32 | 33-22 | 2-122             | 1-875 | 40-26 | 38-64             | 34-03 | 4-814 | 49-52 | 47-21 | 33-54 |
| 22-5    | 1-009            | 32-58 | 32-00 | 2-026             | 1-876 | 40-16 | 37-44             | 33-28 | 4-818 | 49-51 | 46-99 | 33-23 |
| 23-0    | 1-009            | 33-05 | 32-02 | 2-025             | 1-874 | 40-10 | 36-42             | 31-73 | 4-820 | 49-50 | 46-91 | 31-23 |
| 23-5    | 1-007            | 33-17 | 31-27 | 2-079             | 1-874 | 40-19 | 35-72             | 31-18 | 4-880 | 49-50 | 47-09 | 21-09 |
| 24-0    | 1-007            | 33-76 | 29-71 | 2-176             | 1-872 | 40-12 | 35-12             | 30-69 | 4-877 | 49-49 | 47-20 | 20-59 |
| 24-5    | 1-711            | 29-31 | 29-71 | 2-121             | 1-844 | 39-11 | 34-31             | 29-24 | 4-890 | 49-73 | 48-25 | 20-17 |
| 25-0    | 1-728            | 29-02 | 29-00 | 2-079             | 1-876 | 39-10 | 34-10             | 29-00 | 4-890 | 49-73 | 47-09 | 20-76 |
| 25-5    | 1-781            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-878 | 49-76 | 47-00 | 20-00 |
| 26-0    | 1-781            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 26-5    | 1-781            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 27-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 27-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 28-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 28-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 29-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 29-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 30-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 30-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 31-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 31-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 32-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 32-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 33-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 33-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 34-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 34-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 35-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 35-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 36-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 36-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 37-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 37-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 38-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 38-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 39-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 39-5    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |
| 40-0    | 1-079            | 29-15 | 29-00 | 2-055             | 1-876 | 39-10 | 33-70             | 29-00 | 4-890 | 49-76 | 47-00 | 20-21 |

Odak mekanizması çözümlerinde sismik ışıkların odağı hangi açı ile terk ettiğinin bilinmesi gerekir. Odağı terk etme açısı ( $I_h$ ),

$$I_h = \text{ArcSin}(V_h * R/R-h * dt/d\Delta) \text{ bağıntısından elde edilir. Burada;}$$

$I_h$  = Odağı terk etme açısı ( ° )

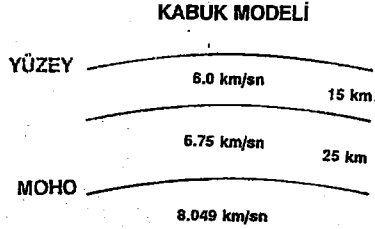
$V_h$  = P dalgasının odaktaki hızı (km/sn)

R= Yer Yarıçapı (km)

h= Odak derinliği (km)

$dt/d\Delta = p$  Işın parametresi (sn/km)

Odak mekanizması çözümlerinde en önemli sorunlardan biri de odak derinliğinin ve hız değerinin iyi saptanabilmesidir. Kabuk yapıları iyi belirlenememiş ve hızları kesin olarak bilinmeyen bölgelerde seçilecek odak derinliği ve sismik hızlar önemli sorunlar yaratmaktadır ve çözümün sonucunu etkilemektedir. Hatalı hız değerleri kullanıldığında, ilk hareket yönlerinin projeksiyon dairesi üzerindeki dağılımında da uyumsuzluklar belirlenmektedir. Dolayısıyla da düğüm düzlemlerinin çizilmesi güçleşmektedir. İlk kez 1939'da Jeffreys yerkabuğunu iki tabakalı olarak düşünmüş ve bu tabakalardaki P ve S hız değerlerini vermiştir. 1940'da Jeffreys ve Bullen, 1968'de de Herrin her tabaka için ortalama bir hız ve kalınlık değerini vermiştir (Şekil 24).

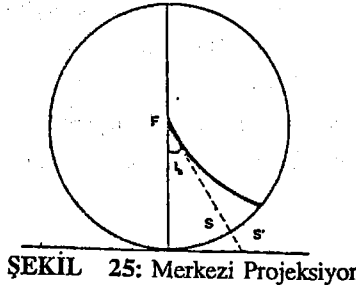


ŞEKİL 24: Kabuk yapısı modeli, tabakaların hız ve kalınlık değerleri (Herrin, 1968).

1969'da Bruna sadece kabuk tiplerine göre değişen hızlar önermiştir. Odak mekanizması çözümlerinde, çözümlerin farklı sonuçlar vermesi tamamen kullanılan kabuk yapısı ve hızlarla ilişkili olarak değişmektedir.

### Merkezi Projeksiyon

Bir kısım araştırmacılar, mekanizma diyagramlarının hazırlanmasında merkezi projeksiyonu tercih etmişlerdir (Stauder, 1960). Bu projeksiyonun en büyük avantajı düğüm düzlemlerinin birer doğru-çizgi şeklinde olmasıdır. Bu izdüşüm sisteminde, izdüşüm düzlemi olarak merkezi odakta bulunan bir birim küreye alt veya üst kutupta teğet bir düzlem alınır (Şekil 25).



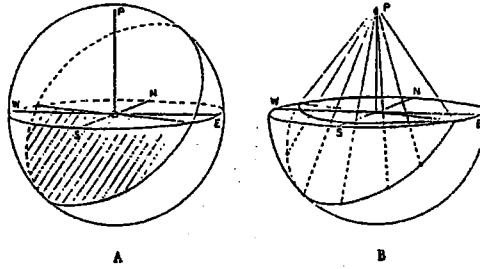
ŞEKİL 25: Merkezi Projeksiyon

Verilen bir  $I_h$  açısı ile odağı terk eden bir sismik ışının yeryüzüne ulaştığı bir noktanın odak küresi üzerindeki pozisyonu, küre merkezi izdüşüm kutbu alınarak, düzlem üzerine izdüşürülür. Böylece, verilen bir istasyonun episantra uzaklığı,  $q = r * \text{tg} I_h$  olacaktır.

Burada,  $r$  odak küresinin yarıçapı olup, birim olarak alınır. İstasyonlar, bu uzaklıklar kullanılarak, episantra göre azimutları ile merkezi episantra olan bir harita üzerine işaretlenir. Merkezi projeksiyon sisteminde odaktan geçen bir düzlem bir doğru ile temsil edilmiş olur. Buna göre P dalgalarının ilk hareket yönlerini ihtiva eden bir haritada kompresyon bölgeleri, dilasyon bölgelerinden iki doğru-çizgi ile ayrılabilir. Özellikle yakın istasyonların izdüşümleri daha uzaklarda yer aldığından, merkezde kümelenme meydana gelmez.

### Wulff Projeksiyonu

Bir Rus kristalografi olan G.V.Wulff tarafından ilk kez 1900'de kullanılmış bu projeksiyonun esası, bir kürenin alt yarısının kürenin üst kısmından (başucu noktasından) bakılarak, ekvator düzlemi üzerine (yatay düzlem) izdüşürülmesine dayanır. Alt yarı küre üzerindeki enlem ve boylamların bu yöntemle ekvator düzlemi üzerine izdüşürülmesi sonucu elde edilen projeksiyon ağı Şekil 26'da gösterilmiştir.



ŞEKİL 26: Stereografik Projeksiyon

Küre merkezinden geçen kuzey-güney doğrultulu, doğu veya batıya eğimli birçok düzlemin küre ile olan arakesitleri "boylamları (büyük daire)", küre merkezinden geçmeyen fakat merkezleri kuzey-güney doğrultusu üzerinde olan bir seri düzlemin küre ile olan arakesitleri "enlemleri (küçük daire)" verir. Stereografik ağı, bu boylam ve enlemlerin bir başucu noktasına göre, yatay bir düzlem üzerine izdüşürülmesi ile elde edilmiştir. Böylece projeksiyon ağı ile çizgi veya düzlem halindeki istenilen yapısal elementlerin izdüşümlerinin tespit edilmesi mümkün olur. Odak mekanizması diyagramlarında da gerek fay düzlemi gerekse yardımcı düzlemin projeksiyon dairesindeki izdüşümleri, yukarıda verilen esaslara göre çizilmektedir. Yöntemin gereği olarak

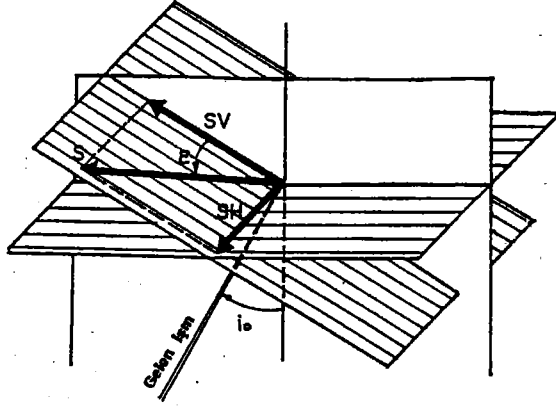
projeksiyon dairesinin merkezi, depremin de episantrı olarak kabul edilir. Episantrdan itibaren bir deprem kayıt istasyonunun episantra göre azimutunun yani projeksiyon dairesi üzerinde açılı cinsinden belirlenir. Belirlenen bu azimut (doğrultu) üzerinde istasyona ilişkin, sismik ışının odağı terk etme açısı işaretlenir. Bulunan bu nokta yeryüzündeki deprem kayıt istasyonunun, birim odak küresi üzerindeki izdüşümüdür. Bu noktaya o istasyonda gözlenen P dalgasının ilk hareket yönü, sıkışma ve gevşeme (kompresyon veya dilatasyon) işaretlenir. Böylece bir istasyonun birim odak küresi üzerindeki yeri ve o noktadaki ilk hareket yönü belirlenmiş olur. Bu işlem, tüm ilk hareket yönleri veren istasyonlar için tekrarlanır. Elde edilen diyagram üzerinde sıkışma ve gevşeme bölgeleri projeksiyon dairesinin en büyük meridyenlerinin bir tanesinin yardımı ile ikiye ayrılır. Bu düzlem, düğüm düzlemlerinden bir tanesidir. Düğüm düzlemleri, kompresyonları ve dilatasyonları birbirinden ayırır ve birbirlerine diktirler. Bu düzlemlerden birisi fay düzlemi, diğeri yardımcı düzlem olarak adlandırılır. B noktası düğüm düzlemlerinin kesim noktası olup, faylanma sırasında, üzerinde hemen hemen hiç hareket olmayan eksenin odak küresini deldiği noktadır.

### **S Dalgaları Uygulama Yöntemi**

Deprem dalgasının ortamdaki yayınma özellikleri deprem odağındaki hareketin mekanizmasına bağlı olarak değişim gösterir. P dalgalarının ilk hareket yönlerinin dağılımlarından yararlanarak elde edilen odak mekanizmaları çift çözümlüdür. Bu yolla bulunan iki düğüm düzleminin birisi hareket düzlemini temsil edebilir. S dalgalarının odak mekanizması çözümlerine uygulanması ile bu karışıklığı ortadan kaldırmak mümkün olmaktadır. S dalgalarının SH ve SV bileşenlerinin genlik ve ilk hareket yönlerinden ve S dalgalarının polarizasyon açılarından yararlanarak odak mekanizması çözümleri yapılmıştır. S dalgalarının hareketi, SV ve SH bileşenlerine ayrılarak incelenir. SH, S dalgalarının ışın yörüngesi boyunca, yatay düzlem içinde enine titreşimler yapacak şekilde polarize olmuş dalgalardır. SV dalgaları ise, ışın yolundan geçen düşey düzlem içinde polarize olmuş dalgalardır. SH ve SV aynı bir düzlem içinde (co-planar) dirlir. Bu düzleme S dalgalarının polarizasyon düzlemi denir. Dalganın polarizasyonu polarizasyon açısı ile tanımlanır .

Deprem odağı farklı kuvvet sistemlerinin etkide bulunduğu bir nokta olarak düşünülür. Dalga şekli ve amplitüdünün yeryüzünde katdedilen dağılımından, hareket düzleminin durumu ve hareket yönü, deprem sırasında etkide bulunan gerilme sisteminin tipi ve doğrultusu hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Stauder (1960), S dalgalarının polarizasyon açılarından yararlanarak mekanizma çözümleri yapmıştır (Şekil 27).





ŞEKİL 27: S dalgalarının SH ve SV bileşenleri ve polarizasyon açısı (Stauder, 1960).

S dalgalarının polarizasyon açısı;

$\epsilon = \arctg (SH/SV)$  bağıntısı ile verilir.

Odakta tek kuvvet çifti sisteminin (bir kuvvet çifti) etkide bulunması halinde SH ve SV dalgaları için yer değiştirmeler;

$$SH = \frac{A(t)}{4\pi V_s^3 x^3} \times \frac{(\alpha_x y - \beta_x x)y}{\sin I_h} \quad (1)$$

$$SV = \frac{A(t)}{4\pi V_s^3 x^3} \times \frac{[(\alpha_x x + \beta_x y) \cos^2 - \gamma_x \sin^2 I_h]y}{\sin I_h \cos I_h} \quad (2)$$

bağıntıları ile verilirler (Stauder ve Bollinger, 1964).

Burada,  $A(t)$  Amplitüd ve kuvvet sisteminin zamanla değişimine bağlı bir fonksiyon,

$\alpha_x$  ve  $\beta_x$  : kuvvet sisteminin doğrultan kosinüsleri,

$x, y, z$  : Coğrafi eksenler

$I_h$  : Işının odaktaki düşeyden ölçülen çıkış açısı

$V_s$  : S dalgalarının hızıdır.

Odakta iki kuvvet çiftinin etkili olaması durumunda yer değiştirmeler,

$$SH = \frac{A(t)}{4\pi V_p^3 r^3} \times \frac{[(\alpha_x y + \alpha_y x)y - (\beta_x y + \beta_y x)x]y}{\sin I_h} \quad (1)$$

$$SV = \frac{A(t)}{4\pi V_p^3 r^3} \times \frac{[2xy \cos^2 I_h - z(\gamma_x y + \gamma_y x)]y}{\sin I_h \cos I_h} \quad (2)$$

(1) ve (2) nolu bağıntılardan polarizasyon açısı

$$e = \arctg x \left[ \frac{[(\alpha_x y + \alpha_y x)y - (\beta_x y + \beta_y x)x] \cos I_h}{2xy \cos^2 I_h - z(\gamma_x y + \gamma_y x)} \right]$$

olarak bulunur.

Sismogramlardan S dalgasının ilk hareket yönünün doğru olarak tespiti ve S fazının kesin başlangıcının tayini son derece güçtür. Polarizasyon açılarının kullanılması bu güçlüğü ortadan kaldırmaktadır. Polarizasyon açısı S dalgalarının başlangıcına bağlı değildir ve S dalgalarının yarım veya tam bir periyotdaki amplitüdlerinden elde edilen partikül hareketi diyagramından tayin edilebilir. Sismogramlarda tayin edilen S dalgası odaktan çıkıp, istasyona gelen ışının odak küresini deldiği noktaya izdüşürülerek incelenir. Uygulamada Wulff yada Schmidt izdüşüm yöntemi kullanılmaktadır. Böylece tüm istasyonlar için polarizasyon açılarının izdüşürülerek dağılımı elde edilir. Polarizasyon açılarının tayininde depremin episantr uzaklığının, odak derinliğinin ve magnitudünün önemi büyüktür ve polarizasyon açıları tayinine etki eden faktörlerdir.

### Yüzey Dalgaları Uygulama Yöntemleri

Son yıllarda sismograf şebekesinin gelişmesi ile birlikte odak mekanizmaları çözümünde Yüzey dalgaları da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle, sığ odaklı depremlerin uzun periyotlu aletlerle kaydedilmiş sismogramlarında iyi gelişmiş yüzey dalgalarına sıkça rastlanmaktadır. Odaktaki hareketin mekanizmasına bağlı olarak Love ve Rayleigh dalgalarının genlik dağılımı değişmektedir. Bu değişim, Love ve Rayleigh dalgalarının geçtiği ortama, depremin odak derinliğine bağlı olmaktadır.

Odakta iki kuvvet çiftinin etkisi altında, yarı-sonsuz katmanlı bir ortamda, Rayleigh ve Love

dalgaları için yerdeğiştirmeler sırasıyla,

$$U_{RZ} = (2\pi r)^{-1/2} |R| |n| k_R N_{RZ}(h) X_R(\theta) e^{i(\gamma_R r - \beta \pi/4)}$$

$$U_L = (2\pi r)^{-1/2} |R| |n| k_L N_\theta(h) X_L(\theta) e^{i(\gamma_L r - \beta \pi/4)}$$

olup buradan,

$$|L/R_Z| = (N_\theta(w,h)/N_{RZ}(w,h)) * (k_L/k_R) * (X_L(\theta)/X_R(\theta)) e^{i(\gamma_R - \gamma_L)r}$$

Love ve Rayleigh dalgaları genlikleri oranları bulunur. Burada,

$$N_\theta(w,h) = (\ddot{V}_s(w,h)/V_o) A_L k_L^{-1/2}$$

$$N_{RZ}(w,h) = \epsilon_o (W_o(W_s(w,h)/w_o) A_L k_R^{-1/2}$$

Love ve Rayleigh dalgalarının transfer fonksiyonudurlar. Bu bağıntılarda;

$U_{RZ}$  : Rayleigh dalgasının düşey yöndeki yer değiştirmesi

$U_L$  : Love dalgasının yatay düzlemdeki yer değiştirmesi

$R$  : Hareket düzlemindeki yer değiştirme vektörü

$n$  : Hareket düzlemindeki birim normal vektörü

$W$  : Frekans

$k_R, k_L$  : Rayleigh ve Love dalga sayısı

$r$  : Radyal Uzaklık

$\gamma$  : Soğurma katsayısı

$h$  : Kaynak derinliği

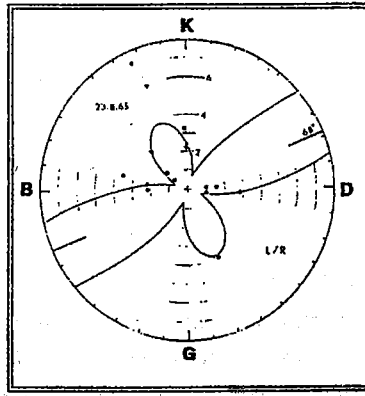
$V_s/V_o, W_s/W_o$  : Hareketin yatay ve düşey bileşenleri için yüzey değerlerine normalleştirilmiş kaynak derinliğindeki parçacık hızları

$\epsilon_o$  : Yüzeydeki Rayleigh dalgası eliptikliği

$A_L, A_R$  : Love ve Rayleigh dalgası genlik etmenleri

$X_L, X_R$  : Kaynak değiştirgenlerine bağlı Love ve Rayleigh dalgaları yayınım örüntüleri olarak tanımlanmıştır (Menahem ve Herkider, 1964).

$A_L$ ,  $A_R$  ve  $\epsilon$ , kaynak türü ve kaynak derinliğine bağlı olmayıp, yerin yapısına bağlıdır.  $L/R$  genlik oranı, frekansa ve yayılım örüntüsüne bağlı bir değişim gösterir. Bu değişimden deprem odak derinliği bulunabilir. Love ve Rayleigh dalgalarının genlik dağılımı incelenirken geçtiği ortamın özellikleri göz önünde tutularak düzeltme yapılır. Genliğin etkisi özellikle Rayleigh dalgalarında daha çok olmaktadır. Bundan dolayı, kuramsal yolla değişik derinlik değerleri için bulunan genlik dağılımı karşılaştırılarak depremin derinliği denetlenmiş olur. Canitez ve Toksöz (1971),  $L/R$  genlik oranlarını kullanarak, kaynak ve istasyondaki ortamın hız yapısı ve niteliklerini, kaynağın boyutları, fay uzunluğu gibi ortamsal etkilerin giderilmesi açısından önemlidir. Sonuç olarak depremlerin yüzey dalgaları yayılım yollarının özelliklerinden (radiation pattern) yararlanarak odak mekanizması çözümleri elde edilebilir (Şekil 28).



ŞEKİL 28: Bir deprem için gözlenen ve teorik  $L/R$  oranları ( $68^\circ$  faylanmanın doğrultusunu vermekte; Canitez ve Toksöz, 1971).

### Ters Çözüm ( İnversion ) Yöntemi

Jeofiziğin temel problemlerinden biri, çoğu zaman gözlemsel verilerden yararlanarak ortamı ve kaynağı modellemektir. Temel problem, gözlenen bir veriyi oluşturan model parametreleri belirlemektir. Gözlemsel verilerden kalkarak modeli belirlemeyi amaçlayan çözüm türüne Ters Çözüm ( İnversion ) adı verilir. Elastik dalgaların, yer içinde yayılım özellikleri bizlere yerin yapısı ile çeşitli bilgiler sağlamıştır. Bu bilgilerden bir tanesi de kaynak ve ortamın tüm özelliklerinin bilinmesidir. Sismoloji'de yörenin hangi tektonik özelliklere sahip olduğu ve hangi kinematik özellikler tarafından denetlendiği önceden bilinmemekte buda yapay kaynak Sismolojisinin gelişmesine neden olmuştur. Sismolojik çalışmalarda yapay sismogram üretilmesi ve bunların gerçek sismogramlarla karşılaştırılması oldukça değerli bilgiler sağlamıştır. Yapay

sismogram hesaplamaları esas olarak elastik bir ortamdaki hareket denklemlerinin çözümünü temel almaktadır. Bir deprem sismogramındaki dalga biçimleri, deprem odağındaki hareketin mekanizması, ortamın katmanlı yapısı ve deprem kaynağında yırtılmanın zaman içindeki değişimi ile ilgili bir kaynak-zaman fonksiyonu tarafından belirlenir. Bir sismogramdaki dalga biçiminin ters çözümünü yapabilmek için ya deprem odak mekanizması, yada ortamın katmanlı yapısının bilinmesi gerekir. Sismogramların incelenmesiyle kaynak ve yer içi hakkında bilgiler toplanabilir. Deprem odak mekanizması ve ortamın katmanlı yapısı bilindiği varsayılarak çeşitli kaynak-zaman fonksiyonları için dalga biçimleri hesaplanmakta ve bunlar gözlemsel dalga biçimleri ile karşılaştırılmaktadır. Sismogramlardaki dalga biçimini etkileyen parametreleri üç ana başlık altında toplamak mümkündür (Eyidoğan, 1984). Bunlar;

### 1- Kaynak -Zaman Fonksiyonları

- Sismik Moment
- Kaynağın Boyutları
- Deprem Odak Mekanizması

### 2- Ortamın Katmanlı Yapısı

- Yoğunluk ve Hız Dağılımı
- Soğurma Etkisi

### 3- Kayıt Aleti

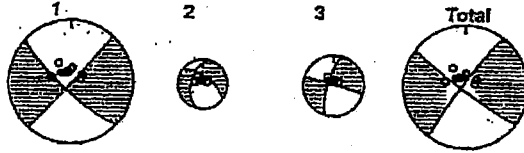
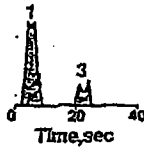
- Kayıt Sisteminin Transfer Fonksiyonu

P dalgalarının ilk hareket yönlerine bağlı olarak yapılan deprem odak mekanizması çözümlerinde, zaman zaman polarite hatalarının gözlenmesi ve ilk hareket yönlerini seçmede görülen birtakım güçlükler günümüzde ters çözüm tekniğinin uygulanmasında önemli etkisi olmuştur. Tele-sismik uzun peryotlu P dalgalarının ve SH cisim dalgalarının dalga biçimleri modellenerek bir depremin kaynağındaki olaylar ve mekanizma özellikleri aydınlatılabilir. Özellikle dünya üzerinde 1960'lı yıllardan sonra kurulmaya başlayan standart özelliklere sahip Uluslararası Sismik istasyonlarının (WWSSN ) bazılarında sağlanan P dalgaları modellenerek deprem sırasında oluşan faylanmanın zaman ve yer içinde nasıl geliştiği incelenmiştir. Yeryüzünde algılanan P ve SH dalgalarının genlik oranlarının kaynak ile yakın ilgileri vardır. Oluşturulmuş yapay P dalgaları ile gözlemsel kayıtlar karşılaştırılmaktadır. Bu modelleme yoluyla depremin odak mekanizması, odak derinliği, kaynak-zaman fonksiyonunu elde edilmektedir. Kısaca yapılan çalışmalarda, yapay olarak elde edilmiş uzun peryotlu düşey P dalgası kayıtlarının, gözlemsel WWSSN kayıtları ile karşılaştırılmıştır. Langston ve Helmberger (1975), Kanamori ve Stewart (1976) tarafından deprem kaynak mekanizması çalışmalarında, özellikle sığ depremlerden dalga formu modellenmesi ile P ve S dalgalarının analizinden geliştirilmiştir. Langston (1976) ve Nabalek (1984) tarafından Ters çözüm tekniği özellikle

telesismik P ve SH cisim dalgaları kullanılmıştır. Cisim dalgaları kullanılarak modelleme sonucu büyük depremlerin odak mekanizması parametrelerini ve kaynak-zaman fonksiyonları bulundu. Bu yöntemde 30° -90° uzaklıktan gelen tele-sismik olaylar kullanıldı. İlk 20 sn.'deki fazlar, direk veya kaynağa yakın yansıma fazları kullanıldı. Dalgaformu (waveform inversion) çalışmaları genel olarak long peryot cisim dalgalarından , mb > 5.3 olan depremlerde kullanıldı. Sonuç olarak yeryüzünde algılanan P ve SH dalgalarının genlik oranlarının kaynak ile yakın ilgileri vardır. Birkaç istasyondan P ve SH dalga formları ve amplitüdlerinden modellenerek fay düzlemleri çözümleri yapılır, kaynak parametreleri hesaplanabilir, depremlerin kırılma oluşumları (rupture process) incelenabilmektedir. Bunun yanında sonucu etkileyen parametreler ise, istasyon dağılımlarının yetersizliği, zayıf sinyal-gürültü oranının değişimi ve kaynaktaki karışıklıklar olarak verilebilir.

### **Kırılma Yöntemi (Rupture Process)**

Bir ters çözüm tekniğidir. Ülkemizde özellikle Taymaz ve diğ., 1991a,1991b; Eyidoğan , 1992; Pinar ve diğ., 1994, 1996 tarafından çeşitli depremlere uygulanmıştır. Kırılma yöntemi telesismik cisim dalgalarının modellenmesi esasına dayanır. Özellikle P ve SH dalgaları kullanılmaktadır. Kaydın genelde ilk 20-40 sn.'lik kısmı modellenmektedir. Burada amaç gözlemsel ve teorik sismogramların dalga şekillerinin birbirine uyumlu olmalarıdır. Değişik azimutlardaki istasyonlar kullanılmaktadır. İşlem esnasında odak derinliğinin tespiti, kabuk yapısı ve şok sayısı belirlenmektedir. Pinar ve diğ. (1994, 1996) Kikuchi ve Kanamori'nin (1991) geliştirdiği kırılma yöntemi ile deprem kaynak mekanizmalarını analiz etmişlerdir. Çeşitli depremlerin analizinde farklı şok sayısı (sub event) görmüşler ve toplam sismik momenti hesaplamışlardır. Böylece, en büyük enerjiye sebep olan sub event ve sismik momenti, kırılma zamanının belirlenmesi, kırılma boyu, kırılma hızı ve gerilme düşümü (stress drop) bulunmaktadır. Şekil 29'da kırılma yöntemi uygulamasına bir örnek verilmiştir. Burada gözlemsel ve teorik dalgaların modellenmesi, kaynak fonksiyonları ve bunların zamansal dağılımı, şokların mekanizmaları ve toplam sismik moment tensörü gösterilmiştir.



0 20 40  
Time,sec

0 20 40  
Time,sec

0 20 40  
Time,sec

135.36

KONO  
P UD  
0.65



26.23

CCM  
P UD  
0.74



90.57

COL  
SH  
0.80



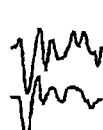
102.33

TOL  
P UD  
0.86



22.44

COR  
P UD  
0.60



173.31

HRV  
SH  
0.82



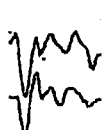
22.58

MAJO  
P UD  
0.86



9.35

ANMO  
P UD  
1.18



105.99

CCM  
SH  
0.74



45.77

COL  
P UD  
0.48



254.07

TOL  
SH  
0.98



49.14

GUMO  
SH  
1.04



58.59

HRV  
P UD  
0.54



129.76

MAJO  
SH  
1.21



57.69

ANMO  
SH  
0.68



ŞEKİL 29: 1992 Erzincan Depreminde Kırılma Yöntemi uygulaması  
(Pınar ve diğ., 1994'den alınmıştır).

## KAYNAKLAR

- Billings, M.P. (1972). *Structural Geology* (Third Edition). Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Byerly, P.(1938) . The earthquake of July 6, 1934:amplitudes and first motion. *Bull.Seism.Soc.Am.*, 28, 1-13.
- Canitez, N. (1969). Türkiye ve Civarında Deprem Odak Hareketleri ve Gerilme Dağılımları, İTÜ MF., İstanbul, 114s.
- Canitez, N. and M.N. Toksöz (1971). Focal mechanism and source depth of earthquakes from body and surface wave data, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 61, 1369-1379.
- Eyidoğan, H. (1984). Yalın ve çoğul faylanma olaylarının yakın ve uzak alan cisim dalgası taslaklanması, *Jeofizik*, 10, 1, 1-36.
- Eyidoğan, H. (1992). 13 Mart 1992 Erzincan depreminin ana şok ve artçı sarsıntı özellikleri üzerine bir tartışma, *Jeofizik* 6, No. 2, 103-112.
- Herrin, E. (1968). Introduction to 1968 Seismological Tables for P Phases, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.58, 1193-1241.
- Hodgson, J.H., R.S. Storey (1953). Tables Extending Byerly's Fault Plane Techniques to Earthquakes of any Focal Depth, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 43, 49-61.
- Hodgson, J.H. (1957). The Mechanics of faulting, with Special Reference to the Fault-Plane Work. (A Symposium), *Pub. Dominion Obs. Ottawa*, 20, 251-418.
- Hodgson, J.H. (1957). Nature of Faulting in Large Earthquakes , *Bull.Geol.Soc.Am.*, 68, 611-644.
- Honda, H. (1957). The Mechanism of the Earthquakes , Science Reports, Tohoku Univ. Ser., 5, Geophys. 9, Supplement, 1-46, *Pub. Dominion Obs. Ottawa*, 20, 295-340.
- Jeffreys, H. (1939). In:*The Earth's Density*, Bullen, K.E. (Editor), Chapman and Hall, London, 1975.
- Jeffreys, H. and K.E. Bullen (1940). *Seismological Tables*, Brit. Assn. Gray-Milne Trust.
- Kanamori, H. and C.S. Stewart (1976). Mode of strain release along the Gibbs fracture zone, Mid-Atlantic ridge, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 11, 312-332.
- Kanamori, H. and C.S. Stewart (1976). Seismological aspects of the Guatemala earthquake of February 4, 1976, *J. Geophys. Res.*, 83, 3427-3434.
- Kıyak, Ü. (1986). Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı uzantılarının incelenmesi, İÜMF., *Doktora Tezi*.
- Kikuchi, M. and H. Kanamori (1991). Inversion of complex body waves. III. *Bull.Seismol.Soc. Am.* 81, 2335-2350.
- Nabelek, J.L. (1984). Determination of earthquake source parameters from inversion of body waves., *Ph.D.thesis*, M.I.T., U.S.A.



- Nakano, H. (1923). Notes on the Nature of the Forces which give Rise to the Earthquake Motion, *Seismol. Bull. Centr. Met. Obs. Japan*, 1, 92-120.
- Pinar, A. and Y. Honkura (1994). Rupture process of the 1992 Erzincan earthquake and its implication for seismotectonics in eastern Turkey, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 21, No.18, 1971-1974.
- Pinar, A., Y. Honkura, M. Kukichi (1996). A rupture model for the 1967Mudurnu Valley, Turkey earthquake and its implication for seismotectonics in western part of the North Anatolian Fault Zone, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 23, No.1, 29-32.
- Reid, H.F. (1910). The mechanics of earthquake; the California earthquake of April 18, 1906, *Report of the state investigation committee*, v.2, Carnegie Institution of Washington.
- Richter, C.F. (1958). *Elementary Seismology*, W.H.Freemand Co., San Francisco.
- Stauder, W. (1960). Seismic studies of the Alaska earthquake of July 10, 1958, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 50, 293.
- Stauder, W. (1962). S Waves Studies of Earthquakes of the North Pacific. Part I: Kamchatka, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 52, 527-550.
- Stauder, W. (1962). The focal mechanism of earthquakes, *Adv. in Geophysics*, 9, 1-76.
- Stauder, W. and G.A. Bollinger (1964). The S wave project for focal mechanism studies, Earthquakes of 1962, *Dept. Geophys. and Geoph. Eng. Saint Louis Univ.*
- Taymaz, T, J. Jackson and D. McKenzie (1991a). Active Tectonics of the North and Central Aegean Sea, *Geophys.J. Int.*, 106, 433-490.
- Taymaz, T, H. Eyidoğan and J. Jackson (1991b). Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey), *Geophys.J. Int.*, 106, 537-550.

# Tosya (Kastamonu), Kargı, Osmancık (Çorum), Merzifon (Amasya), Amasya ve Tokat İstasyonlarında Yapılan Jeolojik ve Jeofiziksel Zemin Etüdü Sonuçları ve Sonuçların Yorumlanması.

\*Mustafa GÜRBÜZ , \*\*Turgay KURU, \*\*Aytaç APAK

## ÖZ

Bilindiği gibi, Türkiye topraklarının büyük bir kısmı deprem tehlikesine sahip bölgeler içerisinde yer almaktadır. Bununla birlikte, nüfusumuzun büyük bir kısmı da bu bölgelerde yaşamaktadır.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı bünyesinde yürütülmekte olan Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesinin Geliştirilmesi Projesi çerçevesinde Türkiye'nin aktif tektonik bölgelerine (Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Ege Graben Sistemi) çeşitli tipte (GSR-16, SM-2, SSA-2, SMA-1) ve çok sayıda ivme kaydedici cihaz yerleştirilmiştir. Bu cihazlardan elde edilen ivme kayıtları değerlendirilirken ivme değeri ve spektrum üzerinde zeminin etkisi de belirlenmek istenmektedir.

Bilindiği gibi ölçülen ivme değeri zemin büyütmesinin etkisiyle gerçek değerini yansıtmayabilir. Örneğin 27 Haziran 1998 Adana depreminde episantra uzaklığı 15 km olan Nacarlı köyünde, zemin kireçtaşı olduğu için, max ivme 24 gal olmuş, episantra uzaklığı hemen hemen Nacarlı'nın iki katı olan Kılıçlı köyünde daha düşük bir ivme değeri beklenirken, max ivme bunun aksine 122 gal olmuştur. Bu da zemin büyütmesinin, ivme değeri üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Bu çalışmayla, istasyonların zemin özelliklerinin ayrıntılı olarak belirlenmesiyle, değişik zeminlerdeki yer hareketinin spektrum özellikleri, zemin özelliklerinin kuvvetli yer hareketine etkisi gözlenebilir. Zemin özelliklerinden yararlanarak yapı tasarımında kullanılacak sentetik spektrumlar yapılabilir. Bununla birlikte, istasyonlardan kaydedilen deprem kayıtları değerlendirilerek, zeminin durumu da göz önüne alınarak binalara gelebilecek max. ivme değerleri belirlenebilir.

## ABSTRACT

Major part of Türkiye is located in the earthquake risk zone. In addition to this, most of the population are living on this area.

The Project of Strong Ground Motion Network of Türkiye is executed by the General Directorate of Disaster Affairs Earthquake Research Department. In this project different kinds of (GSR-16, GSR-18, SM-2, SSA-2, SMA-1) and many acceleration recording instruments are located on the active tectonic zones (North Anatolian Fault Zone, East Anatolian Fault Zone, Aegean Graben System). During the evaluation of the acceleration data the soil condition of the station are taken into consideration.

\* Jeofizik Müh, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı.

\*\* Jeolojik Müh, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı

As it is known, sometimes the recorded acceleration data don't show the real value because of soil condition. For example, in Adana-Ceyhan earthquake of June 27, 1998 the maximum acceleration recorded at Nacarli village ( 15 km from the epicenter) is 24 gal on the limestones and in the Kılıçlı village (35 km from epicenter) which Nacarli the max. acceleration is 122 gal on the soft soil. This example show the soil condition is very important on the acceleration data.

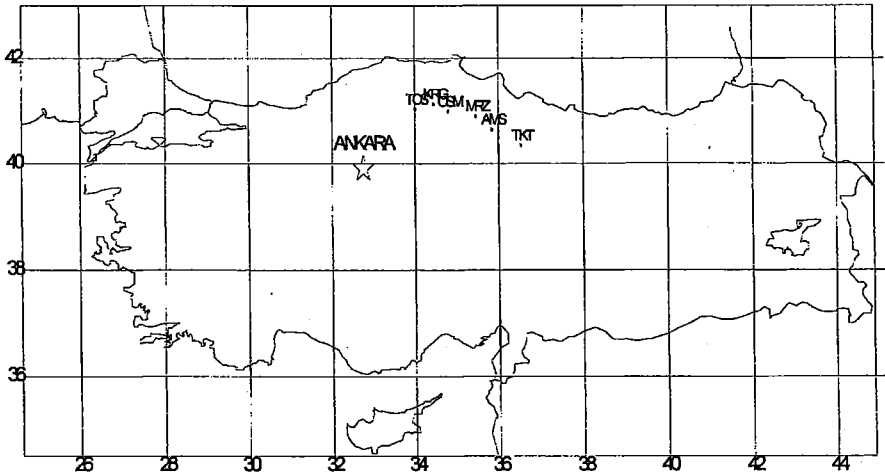
In this report, the soil condition of the stations are determined to evaluate the acceleration data.

## GİRİŞ

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, bünyesinde Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Şebekesinin Geliştirilmesi Projesi yürütülmektedir. Sistem toplam 112 ivme kaydedici cihazdan oluşmaktadır. Bu cihazların 45 adedi dijital, 67 adedi ise analog kaydedicidir. Ülkemizde ana tektonik hareket Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Ege Graben Sistemi üzerinde olduğundan projenin yerel istasyonları bu fay zonları üzerinde yer almaktadır. Cihazlar, yerleşim yerindeki uygun bir kamu binasının bodrum katına kurulmuştur. Proje merkezinde istasyonlardan alınan deprem kayıtları değerlendirilmekte, zeminin ve binanın ivme değeri üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Bu çalışma, istasyonlarda sismik kırılma ve mikrotremor çalışması yapılarak, elde edilecek datalardan, bina içi ve dışındaki ivme değerinin karşılaştırılması, zeminin doğal titreşim periyodunun bulunması ve jeolojik incelemeler paralelinde zemin hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilmesi amacıyla yapılmıştır.

İlk etapta Tosya (Kastamonu), Kargı (Çorum), Osmancık (Çorum), Merzifon (Amasya), Amasya ve Tokat istasyonlarından oluşan bir saha pilot bölge olarak belirlenmiştir.

## ÇALIŞMA SAHASI YER BULDURU HARİTASI



Çalışma sahasında yer alan istasyonlar Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindedir. Kuzey Anadolu Fayı; doğuda Doğu Anadolu fayı ile kesiştiği Karlıova üçlü birleşim noktasından başlar, orta kesimi civarında dışbükey bir yay yaparak Mudurnu Vadisi segmentinin batı ucuna kadar devam eder. Mudurnu Vadisi segmentinin batısında iki ana kola ayrılarak, kuzeydeki kol sapanca, oradan Armutlu yarımadasının kuzey kenarını izleyerek Marmara Denizi içerisinden Saros Körfezine doğru uzanır. Güneyde yer alan kol ise Geyve-Mekece-Iznik boyunca uzanarak oradan da Bandırma ve daha sonra Biga yarımadasını izleyerek Ege denizine doğru devam eder.

Kuzey Anadolu Fayının toplam uzunluğu yaklaşık 1000 km civarında olup, toplam atım miktarı 25 km ile 85 km arasında değişmektedir. Doğuda fay 100 m ile birkaç yüz metre arasında değişen genişliklerde oldukça dar çizgisel görünüm ve ters bileşenli özellikler gösterirken, batıya doğru fay zonunun genişliği artarak 5 km ye ulaşır ve normal atım bileşenli özellikler sunmaktadır. Fay orta kısmında dış bükey bir kavis yaparak fayın kilitlemesine neden olacak şekilde Anadolu bloğunun güneybatıya doğru dönmesine neden olmaktadır.

1900 - 1999 yılları arasında Kuzey Anadolu Fayı boyunca hasar yapıcı ve yüzey faylanması meydana getirmiş  $M_s \geq 5,5$  olan orta ve büyük magnitüdü 36 deprem meydana gelmiştir. Son yüzyıl içerisinde (1900-1995), özellikle 1939-1967 esnasında oluşmuş deprem serisi birçok araştırmacının dikkatlerini Kuzey Anadolu fayının üzerinde yoğunlaştırmıştır. Bu aralık içerisinde magnitüdü 7,0' dan büyük yüzeyde faylanma oluşturmuş 6 deprem meydana gelmiştir. Bu depremler, fayın 800 km' den daha fazla bir uzunluğunu kırmıştır. 1939 Erzincan depremi Türkiye'de oluşmuş en büyük deprem ( $M_s=7.9$ ) olup, 32692 kişi hayatını kaybetmiştir.

Bu depremde Erzincan'dan Erbaa'ya oradan da Amasya'ya kadar uzanan 360 km uzunlukta yüzey faylanması meydana gelmiştir. Deprem 4.5 m den daha büyük sağ yönlü yatay bir atım meydana getirmiştir (Ketin 1976). 1939 depremi bu fay üzerinde 1939-1967 arasında oluşmuş diğer depremlerin oluşmasında tetikleyici rol oynamış ve depremler batıya doğru bir kayma eğilimi göstermiş ve daha sonra depremler fayın doğu ve batı ucunda yoğunlaşmıştır.

## **İNCELENEN İSTASYONLAR:**

### **TOSYA (KASTAMONU):**

Tosya, Kastamonu ilinin 45 km güneydoğusunda yer alıp, İlçenin kuzey ve güneyindeki tepe ve yamaçlar litolojik olarak kumtaşı, konglomera ve marnlardan ibarettir. Meskun sahanın zemini ise yaklaşık 1-2 m. kalınlıkta bitkisel toprak ve bunun altında marnlı killi bir seriden oluşur. Bu seri içerisinde yer yer çok ince seviyeler halinde kum ve çakıl bantları mevcuttur. Yeraltı suyu yüzeyden 8-12 m arasındaki derinliklerde değişim göstermektedir.

Tosya, birinci derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Tosya ve civarında 1881-1999 yılları arasında oluşmuş, magnitüdü 5.5 ve daha büyük olan depremleri gösteren tablo aşağıda verilmektedir.

| TARİH      | ZAMAN    | ENLEM (N) | BOYLAM(E) | DERİNLİK(m) | MAGNİTÜD |
|------------|----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| 25.06.1910 | 19:26:00 | 41.00     | 34.00     | 0           | 6.2      |
| 09.08.1918 | 00:39:10 | 40.89     | 33.41     | 10          | 5.8      |
| 09.06.1919 | 07:13:50 | 41.16     | 33.20     | 10          | 5.7      |
| 21.11.1942 | 14:01:53 | 40.82     | 34.44     | 80          | 5.5      |
| 11.12.1942 | 02:39:18 | 40.76     | 34.83     | 40          | 5.9      |
| 07.12.1943 | 01:19:00 | 41.00     | 35.60     | 0           | 5.6      |
| 01.12.1944 | 03:22:40 | 40.80     | 32.20     | 0           | 7.4      |
| 11.03.1944 | -        | 40.80     | 32.20     | 0           | 5.8      |
| 30.09.1944 | 04:13:19 | 41.11     | 34.87     | 10          | 5.5      |
| 02.03.1945 | 10:39:44 | 41.20     | 33.40     | 10          | 5.6      |
| 26.10.1945 | 13:56:51 | 41.54     | 33.29     | 50          | 5.7      |
| 13.08.1951 | 18:33:34 | 40.88     | 32.87     | 10          | 6.9      |
| 03.09.1968 | 08:19:53 | 41.81     | 32.39     | 5           | 6.5      |
| 05.10.1977 | 05:34:43 | 41.02     | 33.57     | 10          | 5.8      |
| 14.08.1996 | 01:55:03 | 40.74     | 35.29     | 10          | 5.6      |

#### **KARGI (ÇORUM):**

Çorum'un 75 km kuzeybatısında yer alan Kargı, topografik olarak kuzeydeki dik sırtların yamaçlarında, Devrez ve Kızılırmak nehirleri vadisindeki düz bir sahada kurulmuştur. Bu dik sırtlar litolojik olarak kireçtaşından oluşur. Meskun sahanın zemini ise 1-2 m kalınlıkta bitkisel toprak altında, gevşek kum ve çakılın hakim olduğu alüvyondan ibarettir. Yeraltı suyu yüzeyden 6-7 m arasındaki derinliklerde değişim göstermektedir.

Kargı birinci derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Kargı'da ve yakın çevresinde 1881-1999 yılları arasında oluşmuş magnitüdü 5.5 ve daha büyük depremler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

| TARİH      | ZAMAN    | ENLEM (N) | BOYLAM(E) | DERİNLİK (m) | MAGNİTÜD |
|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| 25.06.1910 | 19:26:00 | 41.00     | 34.00     | 0            | 6.2      |
| 24.01.1916 | 06:55:16 | 40.27     | 36.83     | 10           | 7.1      |
| 09.08.1918 | 00:39:10 | 40.89     | 33.41     | 10           | 5.8      |
| 09.06.1919 | 07:13:50 | 41.16     | 33.20     | 10           | 5.7      |
| 29.04.1923 | 09:34:41 | 40.07     | 36.43     | 10           | 5.9      |
| 04.10.1928 | 11:14:08 | 40.22     | 33.67     | 10           | 5.7      |
| 28.12.1939 | 03:25:28 | 40.47     | 37.00     | 40           | 5.7      |
| 27.04.1941 | 13:01:32 | 39.68     | 35.31     | 60           | 5.7      |
| 21.11.1942 | 14:01:53 | 40.82     | 34.44     | 80           | 5.5      |
| 11.12.1942 | 02:39:18 | 40.76     | 34.83     | 40           | 5.9      |
| 07.12.1943 | 01:19:00 | 41.00     | 35.60     | 0            | 5.6      |
| 30.09.1944 | 04:13:19 | 41.11     | 34.87     | 10           | 5.5      |
| 02.03.1945 | 10:39:44 | 41.20     | 33.40     | 10           | 5.6      |
| 26.10.1945 | 13:56:51 | 41.54     | 33.29     | 50           | 5.7      |
| 07.09.1953 | 03:59:04 | 41.09     | 33.01     | 40           | 6.0      |
| 05.10.1977 | 05:34:43 | 41.02     | 33.57     | 10           | 5.8      |
| 14.08.1996 | 01:55:03 | 40.74     | 35.29     | 10           | 5.6      |

### **OSMANCIK (ÇORUM):**

Çorum'un 60 km kuzeybatısında yer alan Osmancık, Kızılırmak nehrinin iki yanında kurulu olup İlçenin kuzeyindeki yamaç ve tepelerde kumtaşları hakimdir. Güneydeki sırtlarda ise kumtaşı-marn ardalanması izlenir. İlçe içindeki tepeler andezitik bazaltlardan meydana gelmiştir. Meskun sahanın zemini ise kil, silt, kum ve çakıldan ibaret alüvyondan oluşmuştur. Nehrin kıyılarında yeraltı suyu seviyesi yaklaşık olarak 1-2 m derinlikte yer almaktadır. Kızılırmak nehri çevresindeki düzlüklerde yeraltı suyu seviyesi yüksek olup, bu bölgeler dolayısıyla depreme karşı çok zayıf özellik gösterirler.

Osmancık birinci derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Osmancık ve yakın çevresinde 1881-1999 yılları arasında oluşmuş magnitüdü 5.5 ve daha büyük depremler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

| TARİH      | ZAMAN    | ENLEM (N) | BOYLAM(E) | DERİNLİK (m) | MAGNİTÜD |
|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| 25.06.1910 | 19:26:00 | 41.00     | 34.00     | 0            | 6.2      |
| 24.01.1916 | 06:55:16 | 40.27     | 36.83     | 10           | 7.1      |
| 09.08.1918 | 00:39:10 | 40.89     | 33.41     | 10           | 5.8      |
| 09.06.1919 | 07:13:50 | 41.16     | 33.20     | 10           | 5.7      |
| 29.04.1923 | 09:34:41 | 40.07     | 36.43     | 10           | 5.9      |
| 04.10.1928 | 11:14:08 | 40.22     | 33.67     | 10           | 5.7      |
| 28.12.1939 | 03:25:28 | 40.47     | 37.00     | 40           | 5.7      |
| 27.04.1941 | 13:01:32 | 39.68     | 35.31     | 60           | 5.7      |
| 21.11.1942 | 14:01:53 | 40.82     | 34.44     | 80           | 5.5      |
| 11.12.1942 | 02:39:18 | 40.76     | 34.83     | 40           | 5.9      |
| 07.12.1943 | 01:19:00 | 41.00     | 35.60     | 0            | 5.6      |
| 30.09.1944 | 04:13:19 | 41.11     | 34.87     | 10           | 5.5      |
| 02.03.1945 | 10:39:19 | 41.20     | 33.40     | 10           | 5.6      |
| 26.10.1945 | 13:56:51 | 41.54     | 33.29     | 50           | 5.7      |
| 07.09.1953 | 03:59:04 | 41.09     | 33.01     | 40           | 6.0      |
| 05.10.1977 | 05:34:43 | 41.02     | 33.57     | 10           | 5.8      |
| 14.08.1996 | 01:55:03 | 40.74     | 35.29     | 10           | 5.6      |

### **MERZİFON (AMASYA):**

Merzifon, Amasya'nın 40 km kuzeybatısında yer alır. Zeminde yaklaşık 1 m kalınlığında bitkisel toprak mevcut olup, daha alt seviyelerde, nehir çökeli olan, gevşek, kumlu çakıllı bir seri bulunmaktadır. Bu seri içerisinde yer yer açık renkli kumtaşı bantlarına rastlanır. İlçenin kuzeyinde bulunan sırtlar volkaniktir. Yeraltı suyu yüzeyden yaklaşık 10 m derinlikte bulunmaktadır.

Merzifon birinci derecede tehlikeli deprem bölgesinde yer alır. İlçede ve yakın çevresinde 1881-1999 yılları arasında oluşmuş magnitüdü 5.5 ve daha büyük depremler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

| TARİH      | ZAMAN    | ENLEM (N) | BOYLAM(E) | DERİNLİK (m) | MAGNİTÜD |
|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| 25.06.1910 | 19:26:15 | 41.00     | 34.00     | 0            | 6.2      |
| 24.01.1916 | 06:55:16 | 40.27     | 36.83     | 10           | 7.1      |
| 29.04.1923 | 09:34:41 | 40.07     | 36.43     | 10           | 5.9      |
| 18.05.1929 | 06.37.54 | 40.20     | 37.90     | 10           | 6.1      |
| 25.05.1929 | 06:46:35 | 40.20     | 37.90     | 0            | 5.5      |
| 28.12.1939 | 03.25.28 | 40.47     | 37.00     | 40           | 5.7      |
| 30.07.1940 | 00:12:15 | 39.64     | 35.25     | 50           | 6.2      |
| 27.04.1941 | 13:01:32 | 39.68     | 35.31     | 60           | 5.7      |
| 21.11.1942 | 14:01:53 | 40.82     | 34.44     | 80           | 5.5      |
| 11.12.1942 | 02.39.18 | 40.76     | 34.83     | 40           | 5.9      |
| 20.12.1942 | 14:03:08 | 40.87     | 36.47     | 10           | 7.0      |
| 07.12.1943 | 01:19:00 | 41.00     | 35.60     | 0            | 5.6      |
| 30.09.1944 | 04.13.19 | 41.11     | 34.87     | 10           | 5.5      |
| 14.08.1996 | 01:55:03 | 40.74     | 35.29     | 10           | 5.6      |

### **AMASYA ( MERKEZ ):**

Amasya, Yeşilırmağın açtığı derin vadinin yamaçlarında ve kısmende alüvyon düzlüklerinde kurulmuştur. Şehiri çevreleyen tepeler kireçtaşlarından oluşmuş, meskun sahanın zemini ise yine kireçtaşları, alüvyon ve yamaç molozundan ibarettir. Düz bir topografyası olan sahalar tamamen alüvyondan oluşmuştur. Yeraltı suyu yüzeye yakın olup, alüvyon zeminde yaklaşık 4-5 m de suya ulaşılır.

Amasya ili birinci derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Amasya ve yakın çevresinde 1881-1999 yılları arasında oluşmuş magnitüdü 5.5 ve daha büyük depremler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

| TARİH      | ZAMAN    | ENLEM (N) | BOYLAM(E) | DERİNLİK (m) | MAGNİTÜD |
|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| 25.06.1910 | 19:26:15 | 41.00     | 34.00     | 0            | 6.2      |
| 24.01.1916 | 06:55:16 | 40.27     | 36.83     | 10           | 7.1      |
| 29.04.1923 | 09:34:41 | 40.07     | 36.43     | 10           | 5.9      |
| 18.05.1929 | 06.37.54 | 40.20     | 37.90     | 10           | 6.1      |
| 25.05.1929 | 06:46:16 | 40.20     | 37.90     | 0            | 5.5      |
| 28.12.1939 | 03.25.28 | 40.47     | 37.00     | 40           | 5.7      |
| 30.07.1940 | 00:12:15 | 39.64     | 35.25     | 50           | 6.2      |
| 27.04.1941 | 13:01:32 | 39.68     | 35.31     | 60           | 5.7      |
| 21.11.1942 | 14:01:53 | 40.82     | 34.44     | 80           | 5.5      |
| 11.12.1942 | 02.39.18 | 40.76     | 34.83     | 40           | 5.9      |
| 20.12.1942 | 14:03:08 | 40.87     | 36.47     | 10           | 7.0      |
| 07.12.1943 | 01:19:00 | 41.00     | 35.60     | 0            | 5.6      |
| 30.09.1944 | 04.13.19 | 41.11     | 34.87     | 10           | 5.5      |
| 14.08.1996 | 01:55:03 | 40.74     | 35.29     | 10           | 5.6      |

## **TOKAT ( MERKEZ ):**

Çalışma sahasının zemini, nehir çökeli olan alüvyonel malzemeden oluşmuştur. Bu alüvyon yapı çakıllı, kumlu, siltli ve killi birimlerden meydana gelmiştir. Gevşek durumdaki bu malzeme, deprem anında zemin büyütmesi oluşturarak hasarın artmasına neden olacaktır. Kent içerisinde yer alan yamaç ve tepeler ise altere olmuş, bol çatlaklı, serpantin şist ve volkaniklerden meydana gelmiş, oldukça yaşlı birimlerden oluşmuştur.

Tokat ili ve çevresi birinci derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Tokat ve yakın çevresinde 1881-1999 yılları arasında oluşmuş magnitüdü 5.5 ve daha büyük depremler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

| TARİH      | ZAMAN    | ENLEM (N) | BOYLAM(E) | DERİNLİK (m) | MAGNİTÜD |
|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------|
| 27.04.1941 | 13:01:32 | 39.68     | 35.31     | 60           | 5.7      |
| 11.12.1942 | 02:39:18 | 40.76     | 34.83     | 40           | 5.9      |
| 20.12.1942 | 14:03:08 | 40.87     | 36.47     | 10           | 7.0      |
| 07.12.1943 | 01:19:00 | 41.00     | 35.60     | 0            | 5.6      |
| 30.09.1944 | 04:13:19 | 41.11     | 34.87     | 10           | 5.5      |
| 09.02.1909 | 11:24:06 | 40.00     | 38.00     | 60           | 6.3      |
| 09.02.1909 | 14:38:11 | 40.00     | 38.00     | 0            | 5.8      |
| 24.01.1916 | 06:55:16 | 40.27     | 36.83     | 10           | 7.1      |
| 29.04.1923 | 09:34:41 | 40.07     | 36.43     | 10           | 5.9      |
| 18.05.1929 | 06:37:54 | 40.20     | 37.90     | 10           | 6.1      |
| 25.05.1929 | 06:46:03 | 40.20     | 37.90     | 0            | 5.5      |
| 27.12.1939 | 02:48:34 | 39.99     | 38.14     | 50           | 5.5      |
| 28.12.1939 | 03:25:28 | 40.47     | 37.00     | 40           | 5.7      |
| 30.07.1940 | 00:12:15 | 39.64     | 35.25     | 50           | 6.2      |
| 14.08.1996 | 01:55:03 | 40.74     | 35.29     | 10           | 5.6      |

## **SİSMİK ve MİKROTREMOR ÇALIŞMALARI**

Sismik çalışmalar cihazın bulunduğu binaya en yakın ve en uygun ( açılım, çalışma rahatlığı ve cihazın bulunduğu zemini en iyi temsil edebilecek) zeminde yapılmıştır.

Mikrotremor çalışmaları ise binada cihazların bulunduğu yerde ve binanın dışında ve binadan mümkün olduğunca uzakta bir noktada KG,DB ve Düşey olmak üzere üç bileşenli olarak alınmıştır.

Bu çalışmalar; Tosya,Kargı,Osmancık,Merzifon,Amasya ve Tokat illerinde yapılmış olup elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.



| T O S Y A           |          |          |              |               |
|---------------------|----------|----------|--------------|---------------|
| 41.013 N - 34.137 E |          |          |              |               |
| TABAKA              | Vp (m/s) | Vs (m/s) | KALINLIK (m) | ZEMİN DURUMU  |
| 1                   | 454      | 95       | 3.3          | MARNLI<br>KİL |
| 2                   | 750      | 300      | 6.3          |               |
| 3                   | 1428     | 666      | -            |               |

İnce bitkisel toprak altında kalın killi marnlı bir seviye olup yer yer çakıl ve kum bantları bulunmaktadır.Yapılan çalışmada da bu bantların etkisi düşük hız tabakası olarak görülmüştür.Fakat değerlendirmeye katılmamıştır.Poisson oranları 0.36- 0.48 arasında değişmekte olup gevşek ve gözenekli bir yapı sunmaktadır.Boyuna dalga hızınının 1400 m/sn olduğu üçüncü tabakanın suya doygun olduğu görülmektedir.

Tosya'da meteoroloji istasyonunda tek katlı betonarme bir binada bulunan cihazımız GSR-16 tipi sayısal bir cihazdır. Zeminin periyodu Binanın dışında yapılan mikrotremor çalışmasında 0.33 sn olarak bulunmuştur.Binadaki ve zemindeki periyotlar DB da aynı olup diğer yönlerde farklıdır.Alınan mikrotremor kayıtları ve spektrumları Şekil 1' de sunulmuştur.

| K A R G I           |          |          |              |              |
|---------------------|----------|----------|--------------|--------------|
| 41.136 N - 34.485 E |          |          |              |              |
| TABAKA              | Vp (m/s) | Vs (m/s) | KALINLIK (m) | ZEMİN DURUMU |
| 1                   | 235      | 152      | 1.1          | NEHIR        |
| 2                   | 729      | 457      | 4.2          |              |
| 3                   | 2000     | 1300     | -            | ÇÖKELİ       |

Bölgede ince bitkisel toprak altında oldukça sıkı, iyi derecelenmiş kumlu çakıllı bir birim vardır. Bölgede masif kireçtaşları da mostra vermektedir.Boyuna dalga hızlarınının 235-729 m/sn olduğu ilk iki tabakanın poisson oranları 0.14 ve 0.18 dir. Poisson oranının düşük değerleri zeminin iyi derecelenmiş olduğu kumlu çakıllı birimi göstermektedir.Boyuna dalga hızınının 2000 m/sn ve enine dalga hızınının 1300 m/sn olduğu zemin masif kireçtaşını göstermektedir.

Kargı Belediye binasında bulunan cihazımız SMA-1 tipi olup fotograf filmi üzerine kayıt yapan analog kayıtcıdır.belediye binası üç katlı betonarme bir binadır.Zeminde ve binanın içerisinde yapılan mikrotremor ölçümlerinde zemin periyodu KG de 0.38sn,DB da 0.16, Düşeyde 0.32 dir.Binada ise Bütün yönlerde 0.16 sn olarak bulunmuştur. Alınan mikrotremor kayıtları ve spektrumları Şekil 2'de sunulmuştur.

| O S M A N C I K     |          |          |              |                 |
|---------------------|----------|----------|--------------|-----------------|
| 40.972 N - 34.799 E |          |          |              |                 |
| TABAKA              | Vp (m/s) | Vs (m/s) | KALINLIK (m) | ZEMİN DURUMU    |
| 1                   | 428      | 76       | 8.6          | NEHİR<br>ÇÖKELİ |
| 2                   | 1500     | 166      | -            |                 |

Çalışma alanının Kızılırmak kenarında olması nedeniyle bölgede kalın bir nehir çökeli (çakıl, kum, silt, kil vb.) bulunmakta ve volkanik kayalar yüzeyde mostra vermektedir. İlk tabakanın boyuna dalga hızının 428 m/sn, enine dalga hızının 76 m/sn ve poisson oranının 0.48 olması bu tabakanın oldukça gözenekli ve gevşek bir yapıda olduğunu göstermektedir. Fakat boyuna dalga hızının düşük değerli olması gözeneklerde su olmadığını göstermektedir. İkinci tabakanın poisson oranının 0.48 olması ve boyuna dalga hızında 1500 m/sn olması bu tabakanın da oldukça gözenekli, gevşek yapıda olduğunu ve bu gözeneklerin suya doygun olduğunu göstermektedir.

Osmancık Belediye'sinde bulunan cihazımız SMA-1 tipi analog kayıtcı olup, belediye binası iki katlı betonarme bir binadır. Yapılan mikrotremor çalışmasında zeminin periyodu 0.32 sn ve binada yapılan ölçümlerde deperiyodun 0.35-0.29 sn arasında değiştiği görülmektedir. Alınan mikrotremor kayıtları ve spekturumları Şekil 3' te sunulmuştur.

| M E R Z İ F O N     |          |          |              |                 |
|---------------------|----------|----------|--------------|-----------------|
| 40.880 N - 35.459 E |          |          |              |                 |
| TABAKA              | Vp (m/s) | Vs (m/s) | KALINLIK (m) | ZEMİN DURUMU    |
| 1                   | 333      | 166      | 1            | NEHİR<br>ÇÖKELİ |
| 2                   | 643      | 290      | 3.6          |                 |
| 3                   | 800      | 450      | -            |                 |

Tablodan da görüldüğü gibi boyuna dalga hızı 333- 800 m/sn, enine dalga hızı ise 166 – 450 m/sn arasında değişmektedir. Poisson oranının 0.33-0.37 arasında değişmesi, ilk iki tabakanın oldukça gevşek malzemeli ve gözenekli bir zeminden oluştuğu görülmektedir. Fakat boyuna dalga hızının düşük değerleri gözeneklerde su bulunmadığını göstermektedir. Merzifon Meteoroloji binasında bulunan cihazımız SMA-1 tipi analog kayıtcıdır. Mikrotremor çalışmalarında zeminde periyodların 0.24 - 0.27sn binada ise 0.22 – 0.24 sn arasında değerler aldığı görülmektedir. Alınan mikrotremor kayıtları ve spekturumları Şekil 4 sunulmuştur.

| A M A S Y A         |          |          |              |                 |
|---------------------|----------|----------|--------------|-----------------|
| 40.654 N - 35.834 E |          |          |              |                 |
| TABAKA              | Vp (m/s) | Vs (m/s) | KALINLIK (m) | ZEMİN DURUMU    |
| 1                   | 333.5    | 150      | 4            | NEHİR<br>ÇÖKELİ |
| 2                   | 1500     | 231      | -            |                 |

Çalışma alanı Yeşilirmak kenarında olup kalın nehir çökelleri (çakıl, kum, silt vb.) mevcuttur. Ayrıca bölgede kireçtaşları yüzelemektedir. Burada yapılan çalışmada boyuna dalga hızları 300- 1500 m/sn arasında, enine dalga hızları ise 150- 230 m/sn arasındadır.

Poisson oranlarının 0.3-0.5 arasında değişmesi tabakaların oldukça gevşek gözenekli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. İlk tabaka oldukça gözenekli kumlu çakıllı bir seviye olup, boyuna dalga hızlarının düşük değerlerde olması gözeneklerde suyun bulunmadığına işaret etmektedir.

Bununla beraber ikinci tabakadaki poisson oranının 0.5 civarında olması ve boyuna dalga hızının da 1500 m/s olması buradaki gözeneklerin suya doygun olduğunu göstermektedir.

Amasya Vilayet Konağı'nda bulunan cihazımız SMACH tipi sayısal bir kayıtcıdır. Yapılan mikrotremor çalışmalarına bakıldığında ise; yapılan ölçümde zemin periyodlarının 0.15 ile 0.22 sn ve binada ise 0.13 – 0.24sn arasında değiştiği görülmektedir. Zeminde ve bina içinde elde edilen periyotların düşük ve birbirine yakın olmasında binanın oturduğu zeminin kayalık olmasının büyük etkisi vardır. Dolayısıyla bu istasyondan elde edilen kayıtlara zeminin ve binanın etkisinin çok az olduğu söylenebilir. Binanın kayıtlara etkisi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Alınan mikrotremor kayıtları ve spekturumları Şekil 5' te sunulmuştur.

| T O K A T           |          |          |              |                 |
|---------------------|----------|----------|--------------|-----------------|
| 40.329 N - 36.554 E |          |          |              |                 |
| TABAKA              | Vp (m/s) | Vs (m/s) | KALINLIK (m) | ZEMİN DURUMU    |
| 1                   | 283      | 166      | 5.4          | NEHİR<br>ÇÖKELİ |
| 2                   | 704      | 344      | -            |                 |

Alan genel olarak alüvyonlu yapıya sahiptir. Boyuna dalga hızları 280 – 700 m/sn arasında ve enine dalga hızlarında 166 – 350 m/sn arasındadır. Poisson oranının 0.2-0.34 arasında olması yapının nispeten iyi derecelenmiş ve az gözenekli yapıya sahip olduğunu gösterir. Boyuna dalga hızlarının düşük değerleri gözeneklerde su olmadığını göstermektedir.

Tokat DSİ Müdürlüğündeki tek katlı müsafirhane binasında bulunan cihazımız GSR-16 tipi sayısal bir kayıtcı olup mikrotremor çalışmalarında bulunan, zeminin periyodu 0.26 – 0.33 sn ve binada 0.19 – 0.25 arasındadır. Bina içinde elde edilen periyotların zeminde elde edilen periyotlardan düşük olması binanın ivme kaydının genliğini azaltacak yönde etkileyeceği söylenebilir. Alınan mikrotremor kayıtları ve spekturumları Ekte sunulmuştur.

Elde edilen mikrotremor kayıtları filtreden geçirilerek periyodlar elde edilmiştir.

Burada kullanılan filtre;

Butterworth

Band Pass olup,

Low cut = 2 hz

High cut = 10 hz

Max Attend in Pass Band = .5

Max Attend in Stop Band = 5.00

filtre işlemi uygulanmıştır. Daha sonra elde edilen kayıtların 2 – 10 hz aralığında spektrumları elde edilmiştir. Bundaki amaç istenmeyen yüksek frekanslı etkileri elemine etmek ve sismometrelerin yaklaşık 1 hz olan frekasındaki sinyalleri de ortadan kaldırmaktır.

## **SONUÇLAR**

Bu çalışma, Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alan, birbirine yakın, altı istasyonda yapılmıştır. Sismik çalışmalarda zeminin 10-15 m lik derinliğine ulaşılmış olup elde edilen datalar zeminin bu derinliğine kadar özelliklerini yansıtmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen dalga hızlarından ve mikrotremor kayıtlarından, çeşitli bağıntılar kullanılarak, zemin parametreleri elde edilmiştir. Bu parametrelerden istasyonlarımızın bulunduğu zemin hakkında ayrıntılı bilgilere ulaşılmıştır. Bu bilgiler kullanılarak kayıtlar üzerinde zemin ve binanın etkileri araştırılmıştır. Mikrotremor kayıtları ve spetrumları ekte sunulmakta olup bu kayıtlar binada ivme kayıtcımızın yanında ve dışarıda zeminde (binadan uzakta) olmak üzere üç bileşenlidir. Çalışmadan elde edilecek daha kapsamlı sonuçlar ileride yayınlanacaktır.

## **KAYNAKLAR**

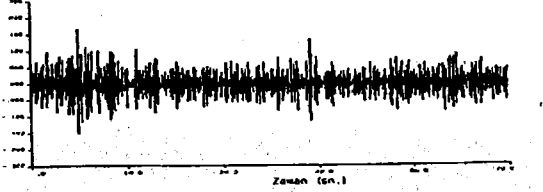
- Demirtaş, R., Yılmaz, R., 1996. Türkiye'nin Sismotektoniği, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı yayını, Temmuz 1996, Ankara.
- İnan, E., Güler, H., Gencoğlu, S., 1990. Türkiye'nin Deprem Tehlikesi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası yayını, 1990, Ankara.
- İnan, E., Çolakoğlu, Z., Koç, N., Bayülke, N., Çoruh, E., 1996, 1976-1996 Yılları Arası İvme Kayıtları Olan Deprem Kataloğu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı yayını, Temmuz 1996, Ankara.
- Ketin, İ., 1976, San Andreas ve Kuzey Anadolu fayları arasında bir karşılaştırma, Türkiye Jeoloji Kurulu Bülteni, 19, 149-154.
- Tabban, A., 1980. Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu, İmar ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü yayını, 1980, Ankara.

Amasya (Disarida)

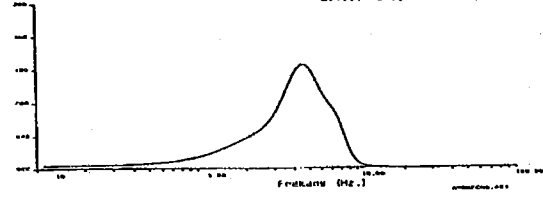
99/May/10 22:17:40

NS

Max : .20 (cm/sr)



Etkili Periyod : .22 (sn)

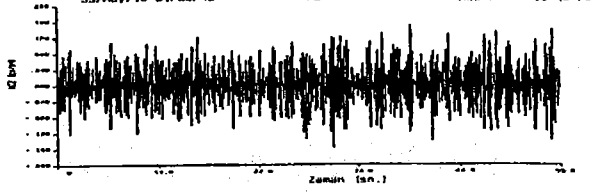


Amasya (Binada)

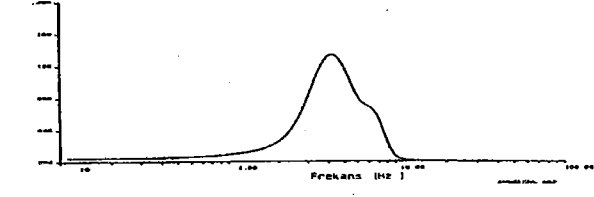
99/May/10 21:58:46

NS

Max : .16 (cm/sr)



Etkili Periyod : .24 (sn)

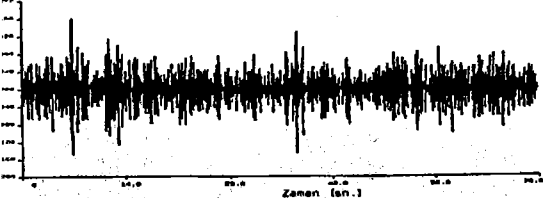


Amasya (Disarida)

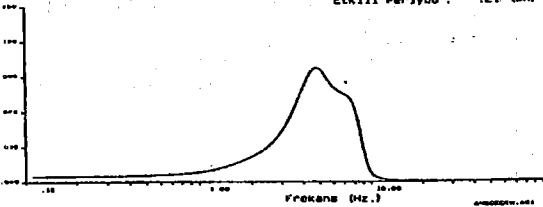
99/May/10 22:17:40

EN

Max : .16 (cm/sr)



Etkili Periyod : .21 (sn)

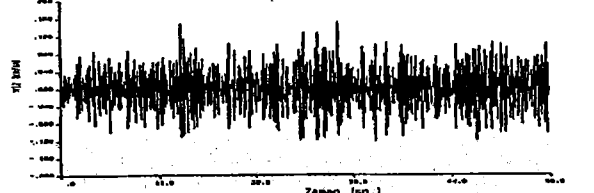


Amasya (Binada)

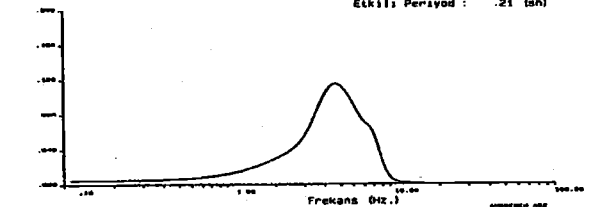
99/May/10 21:58:46

EN

Max : .15 (cm/sr)



Etkili Periyod : .21 (sn)

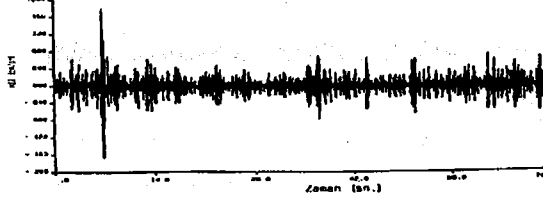


Amasya (Disarida)

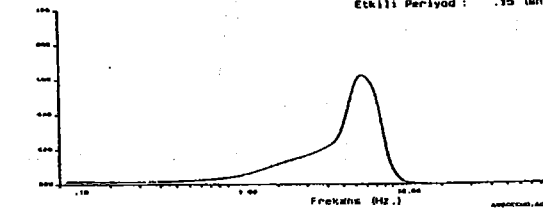
99/May/10 22:17:40

UD

Max : .18 (cm/sr)



Etkili Periyod : .15 (sn)

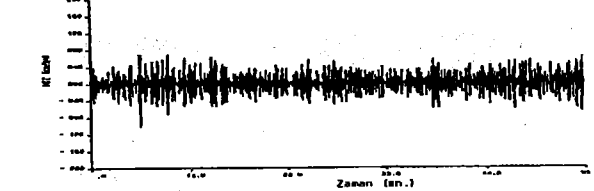


Amasya (Binada)

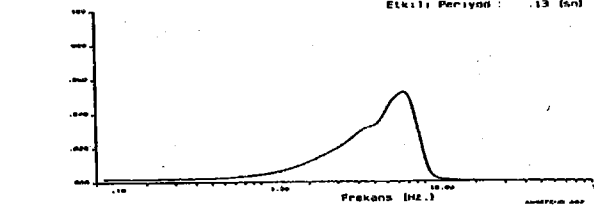
99/May/10 21:58:46

UD

Max : .10 (cm/sr)

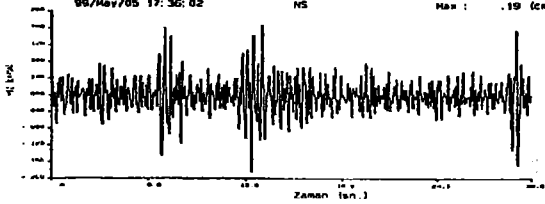


Etkili Periyod : .13 (sn)

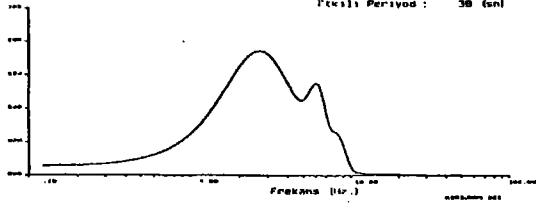


Kargi (Disarida)

99/May/05 17:36:02 NS Max : .19 (cm/sn)

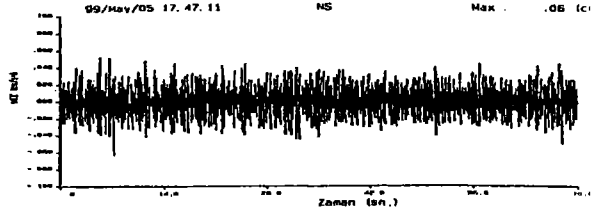


Etkili Periyod : .38 (sn)

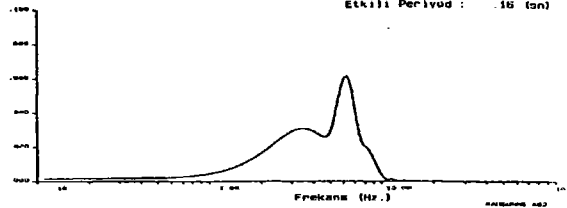


Kargi (Binada)

99/May/05 17:47:11 NS Max : .06 (cm/sn)

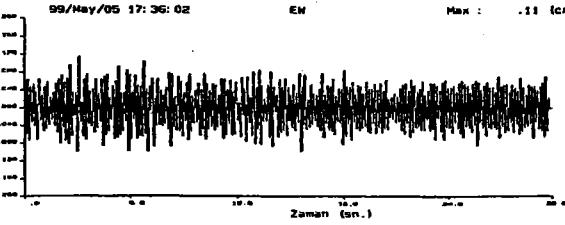


Etkili Periyod : .16 (sn)

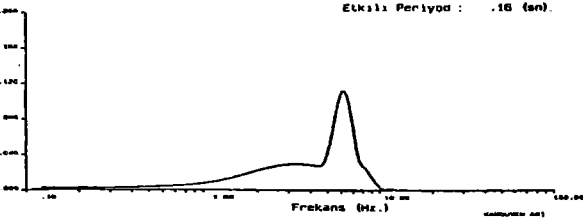


Kargi (Disarida)

99/May/05 17:36:02 EM Max : .11 (cm/sn)

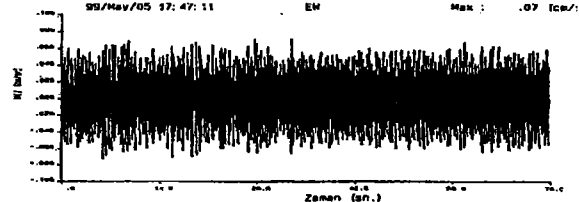


Etkili Periyod : .16 (sn)

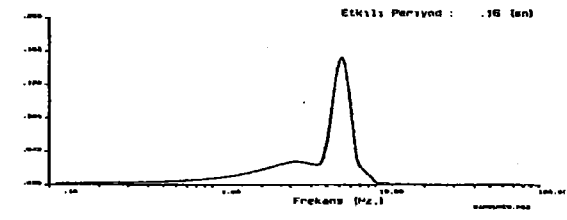


Kargi (Binada)

99/May/05 17:47:11 EM Max : .07 (cm/sn)

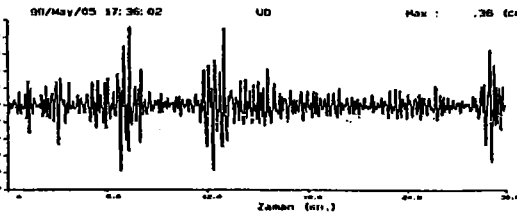


Etkili Periyod : .16 (sn)

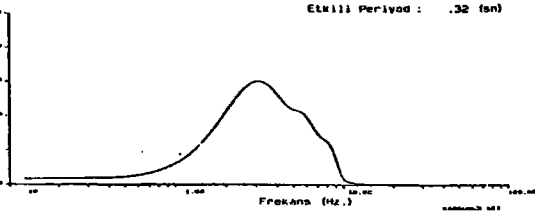


Kargi (Disarida)

99/May/05 17:36:02 UD Max : .36 (cm/sn)

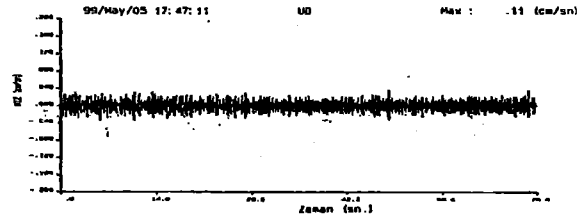


Etkili Periyod : .32 (sn)

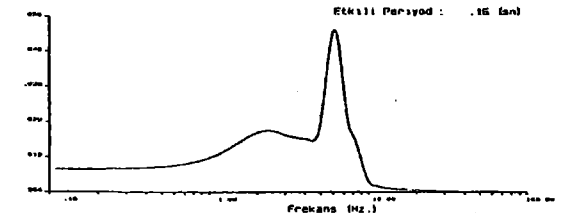


Kargi (Binada)

99/May/05 17:47:11 UD Max : .11 (cm/sn)

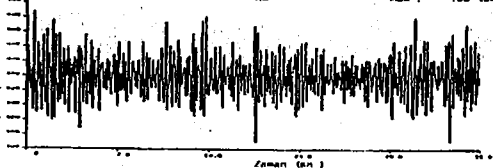


Etkili Periyod : .16 (sn)

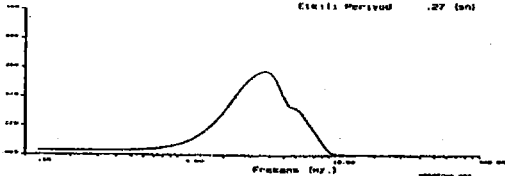


Merzifon (Disarida)

99/May/07 20:38:57 NS Max : .09 (cm/sn)

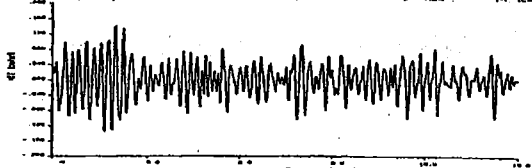


Etkin Periyod : .27 (sn)

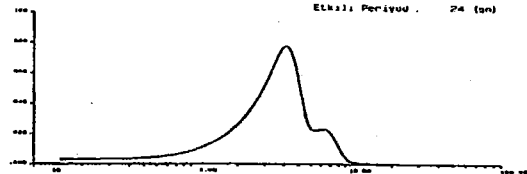


Merzifon (Binada)

99/May/07 20:22:28 NS Max : .14 (cm/sn)

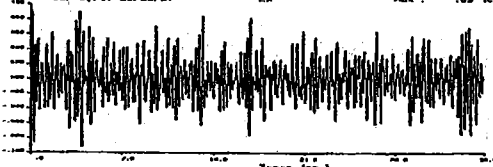


Etkin Periyod : .24 (sn)

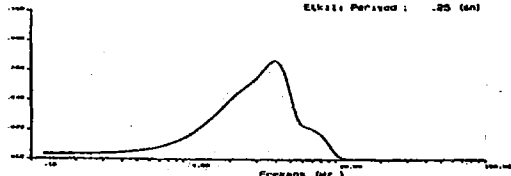


Merzifon (Disarida)

99/May/07 20:38:57 EW Max : .09 (cm/sn)

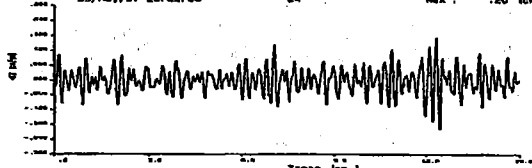


Etkin Periyod : .25 (sn)

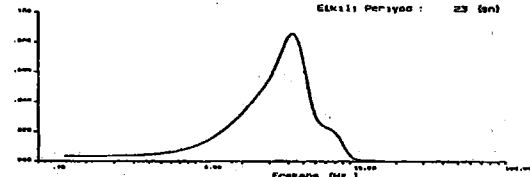


Merzifon (Binada)

99/May/07 20:22:28 EW Max : .20 (cm/sn)

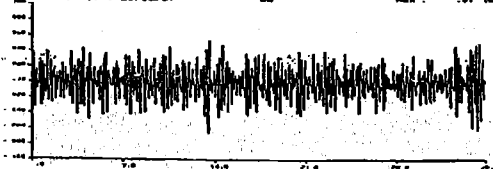


Etkin Periyod : .23 (sn)

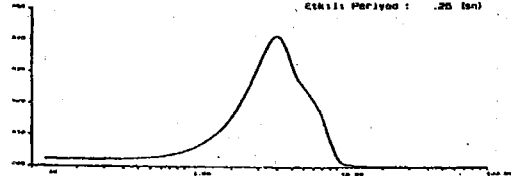


Merzifon (Disarida)

99/May/07 20:38:57 UD Max : .07 (cm/sn)

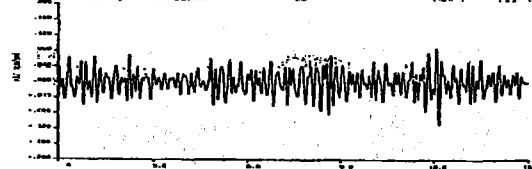


Etkin Periyod : .26 (sn)

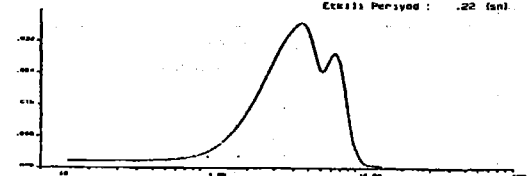


Merzifon (Binada)

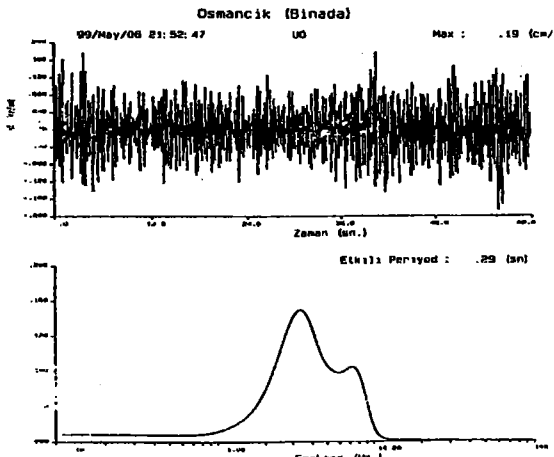
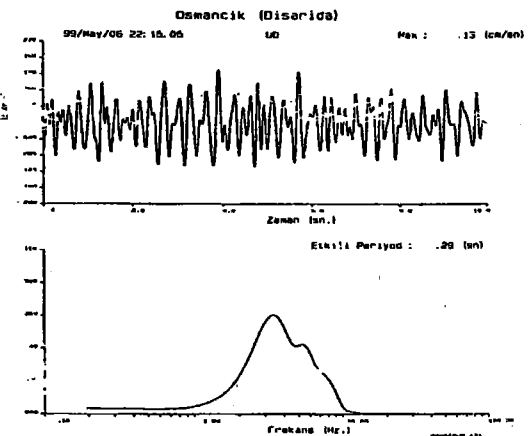
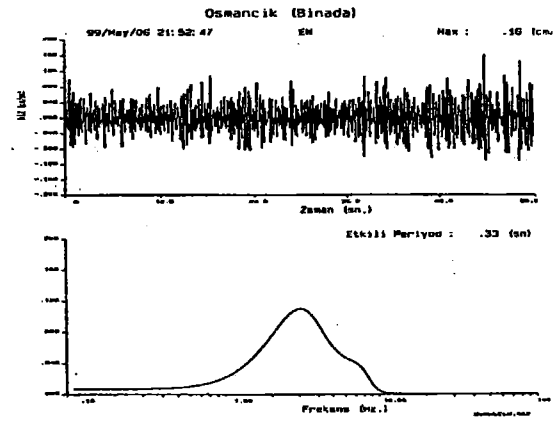
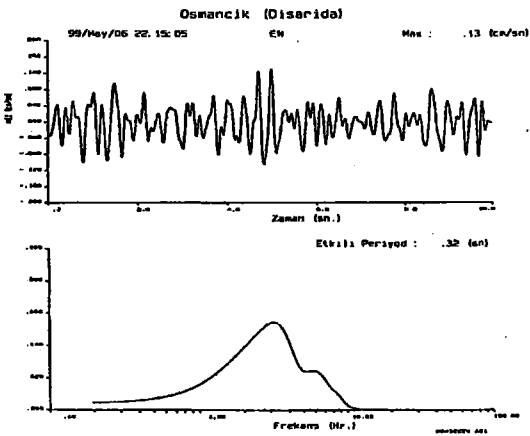
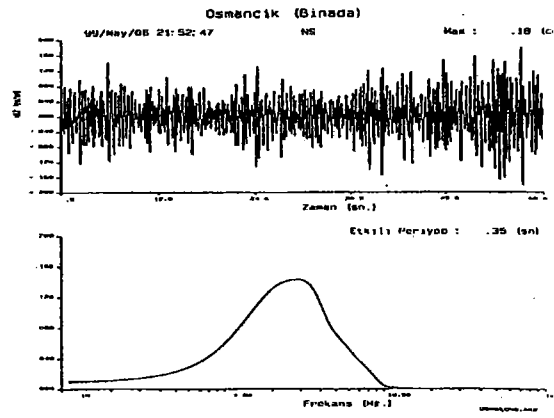
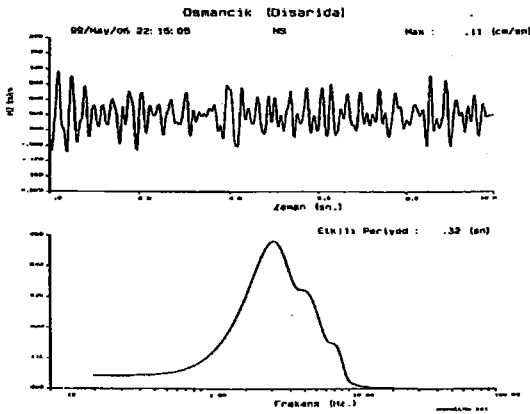
99/May/07 20:22:28 UD Max : .13 (cm/sn)



Etkin Periyod : .22 (sn)





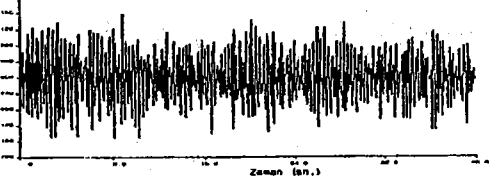


Tokat (Disarida)

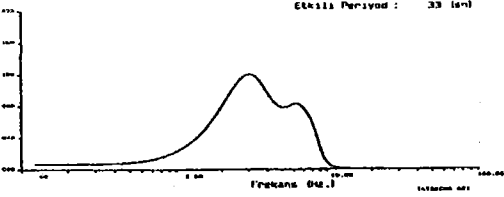
99/May/11 21:41:03

NS

Max : 16 (cm/s)



Eksis Periyod : 33 (sn)

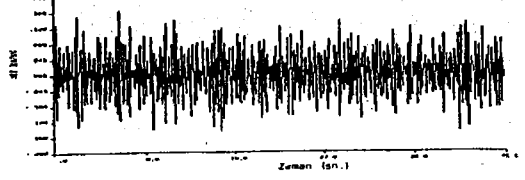


Tokat (Binada)

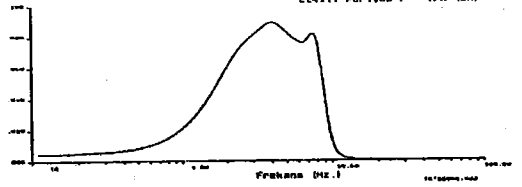
99/May/11 21:31:50

NS

Max : 16 (cm/s)



Eksis Periyod : 25 (sn)

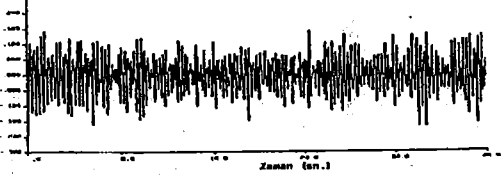


Tokat (Disarida)

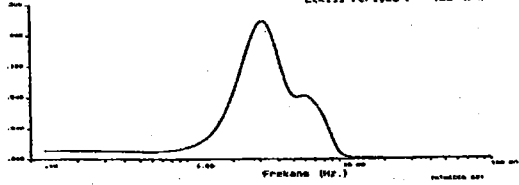
99/May/11 21:41:03

EM

Max : 20 (cm/s)



Eksis Periyod : 32 (sn)

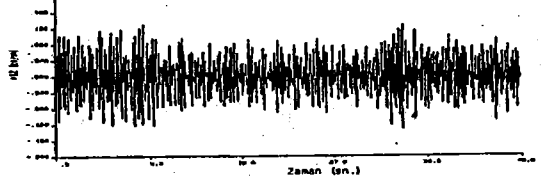


Tokat (Binada)

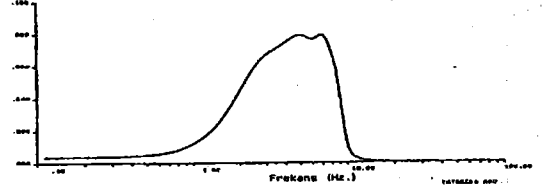
99/May/11 21:31:56

EM

Max : 33 (cm/s)



Eksis Periyod : 49 (sn)

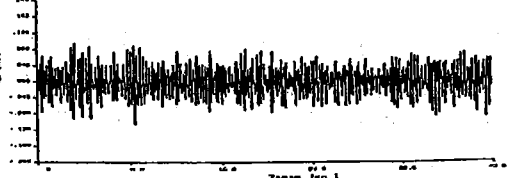


Tokat (Disarida)

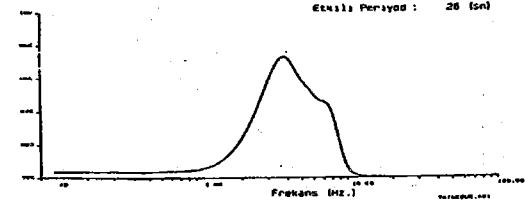
99/May/11 21:41:03

UD

Max : 11 (cm/s)



Eksis Periyod : 26 (sn)

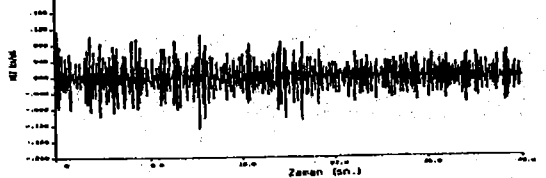


Tokat (Binada)

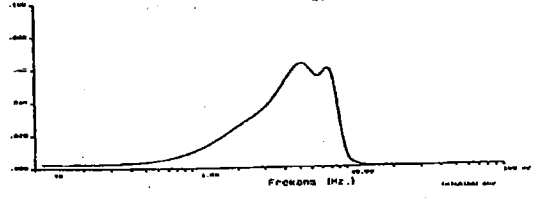
99/May/11 21:31:56

UD

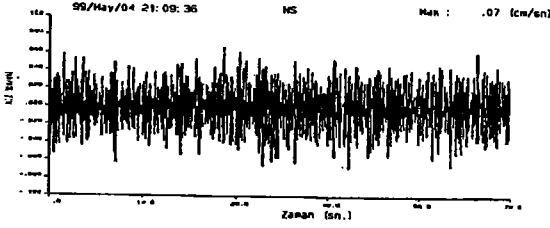
Max : 13 (cm/s)



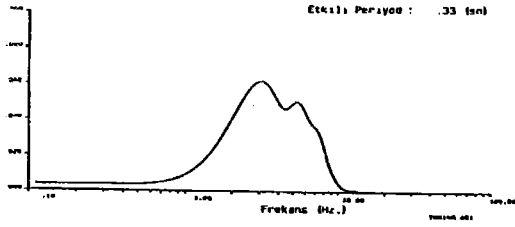
Eksis Periyod : 49 (sn)



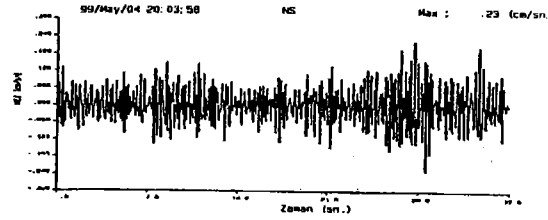
Tosya (disarida)



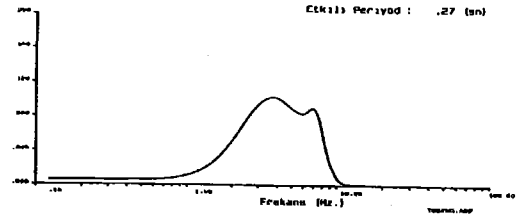
Etkili Periyod : .33 (sn)



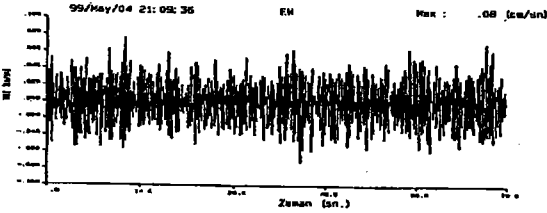
Tosya (Binada)



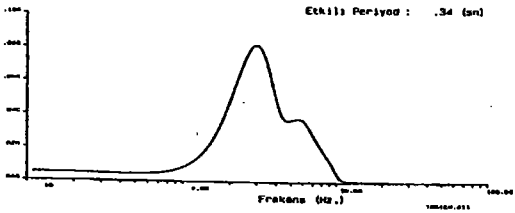
Etkili Periyod : .27 (sn)



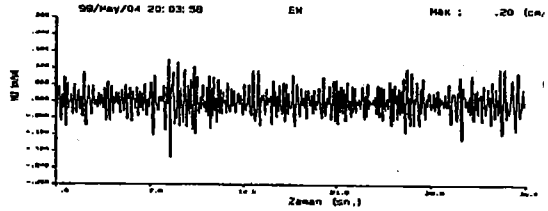
Tosya (Disarida)



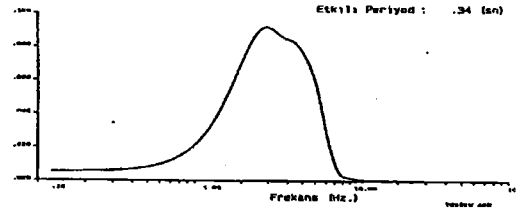
Etkili Periyod : .34 (sn)



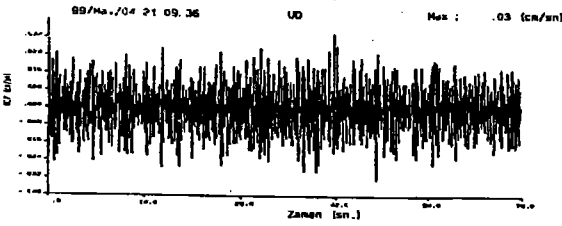
Tosya (Binada)



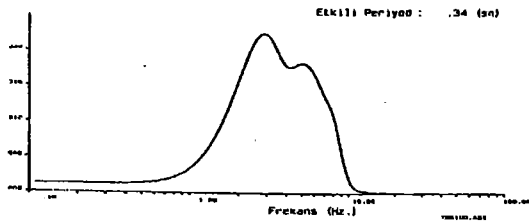
Etkili Periyod : .34 (sn)



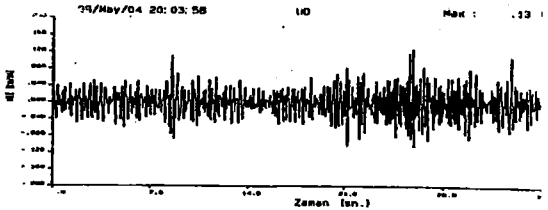
Tosya (disarida)



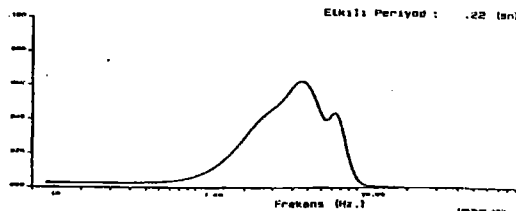
Etkili Periyod : .34 (sn)



Tosya (Binada)



Etkili Periyod : .22 (sn)



## **Türk-Japon Ortak Projesinde Sismograf İstasyonlarının Kurulma Esasları**

*A case study on the preparation of seismic station sites and seismometer installation technique*

**Adem SÖMER** Afet İşleri Gen. Müd. Deprem Araştırma Dairesi E. Yolu-Ankara  
somer@deprem.gov.tr  
**Bekir TÜZEL** Afet İşleri Gen. Müd. Deprem Araştırma Dairesi E. Yolu-Ankara

### **Öz**

Türk-Japon ortak projesi olan "Deprem Zararlarının Azaltılması Araştırma Merkezi"nde çalıştırılmakta olan sismograf ağının kuruluş aşamaları anlatılmaktadır. Belirli bir düzen ve teknikle yapılan bu çalışmalarda; sinyal-gürültü oranıyla istasyon yerlerinin seçimi, sismometre yerlerinin hazırlanması ve sismometrelerin kayıt alacak duruma getirilmesi işlemleri yapılmaktadır.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depremi sonrası bazı kurum ve kuruluşların sismik şebeke kurma çabalarına ışık tutması ve mevcut kazanılmış tecrübelerin aktarılması amacıyla bu makale düzenlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sismometre, Sismik istasyonlar

### **Abstract**

*The stages of foundation seismic network which has used in Türk-Japan joint project. These studies have defined regularity and technical investigations which contains that selection of seismometer locations according to ratio of signal-noise, preparing of seismometer sites and installation of seismometer and adjustment.*

*This article has prepared to guided and transferred own experience to some states and establishments when have purposed to foundation of seismic network design after İzmit Bay earthquake happened on 17 August 1999.*

**Keywords:** Seismometer, seismic stations

### **Giriş**

Türkiye gibi, topraklarının çok büyük bir kısmı çeşitli zamanlarda deprem tehlikesine sahip olan ve yeryüzünün bilinen en aktif fay zonlarından birisi üzerinde bulunan ülkelerde, deprem zararlarının azaltılması çalışmaları mutlaka büyük önem ve öncelik verilmesi gereken çalışmalar olmalıdır.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi'nin Japon Uluslar Arası İşbirliği Ajansı (JICA) ile ortaklaşa yürüttüğü 'Deprem Zararlarının Azaltılması Araştırma Merkezi' projesi çerçevesinde çalıştırılmakta olan sismograf ağının kuruluş aşamaları ile bu aşamalarda karşılaşılan güçlükler ve dikkat edilmesi gereken önemli noktalar açıklanmaktadır. Özellikle de bir sismometre yerinin seçiminden, son test işlemlerine kadar olan aşamalar ayrıntılı olarak verilmektedir.

Deprem Araştırma Dairesi tarafından yürütülmekte olan projelerde çeşitli sismik algılayıcılar bulunmaktadır (Tablo-1).

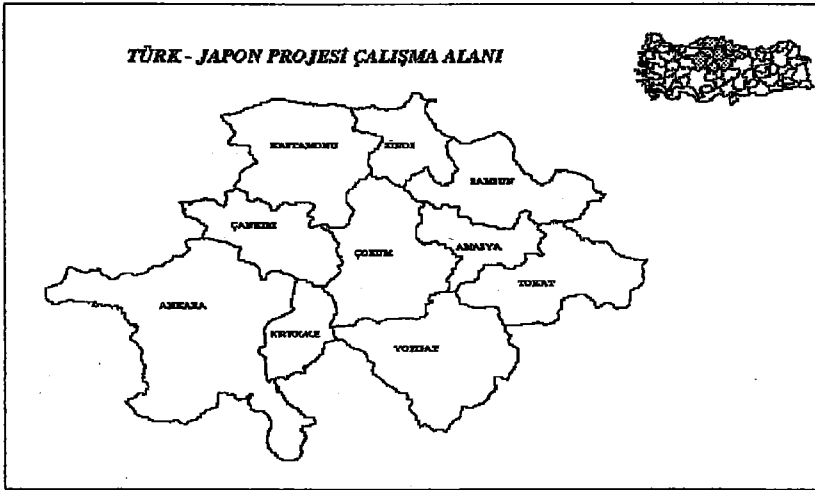
**Tablo-1 Deprem Araştırma Dairesinde Bulunan sismometreler**

| Proje Adı<br>(Deprem Araşt. Dairesi)          | Sayı | Tipi      | Doğal Frekans | Bileşen |
|---|------|-----------|---------------|---------|
| Türk-Alman Projesi                            | 20   | Willmore  | 1             | 1       |
| (Bolu Adapazarı Bölgesi)                      | 30   | Mark      | 2             | 1       |
|   | 15   | L-4       | 1             | 3       |
| Telemetry Ağı                                 | 19   | S-13      | 1             | 1       |
| Aftershock Çalışmaları                        | 10   | SSR-1     | 1             | 1       |
| Türkiye'nin Kuvvetli Yer Hareketi Ağı         | 73   | SMA-1     | -             | -       |
|   | 19   | SM-2      | -             | 3       |
|   | 1    | SSA-2     | -             | 3       |
|   | 26   | GSR-16    | -             | 3       |
|   | 10   | GSR-18    | -             | 3       |
| Türk-Japon Projesi<br>(Dep. Zar. Azaltılması) | 10   | VSE-355JE | 1             | 3       |

## SİSMOGRAF İSTASYONLARININ KURULMASI

### Projenin Tanıtımı (Deprem Zararlarının Azaltılması Araştırma Merkezi)

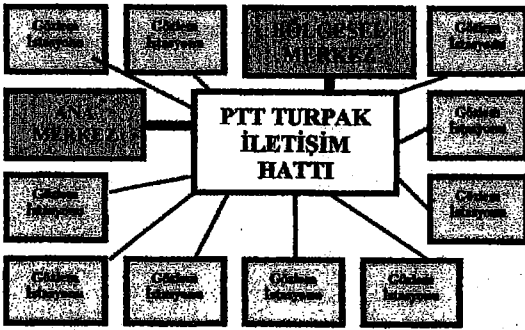
Proje; Kuzey Anadolu Fay hattının orta bölümünde sismik veri toplama, işleme ve sonuçlarını Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) üzerindeki verilerle değerlendirerek deprem sonrası meydana gelebilecek hasar ve kayıpları çok kısa bir sürede belirlemeyi hedeflemektedir (Şekil -1).



**Şekil-1 Türk-Japon Ortak Projesi'nin çalışma alanı**

Sistem, Ankara'daki anamerkez ve Samsun bölge merkezinin yanında Çorum, Amasya, Yozgat, Kastamonu, Çankırı, Tokat, Vezirköprü ve Niksar'daki yerel istasyonlardan oluşan bir deprem gözlem ağından oluşmaktadır (Şekil-2) (Tablo-2).

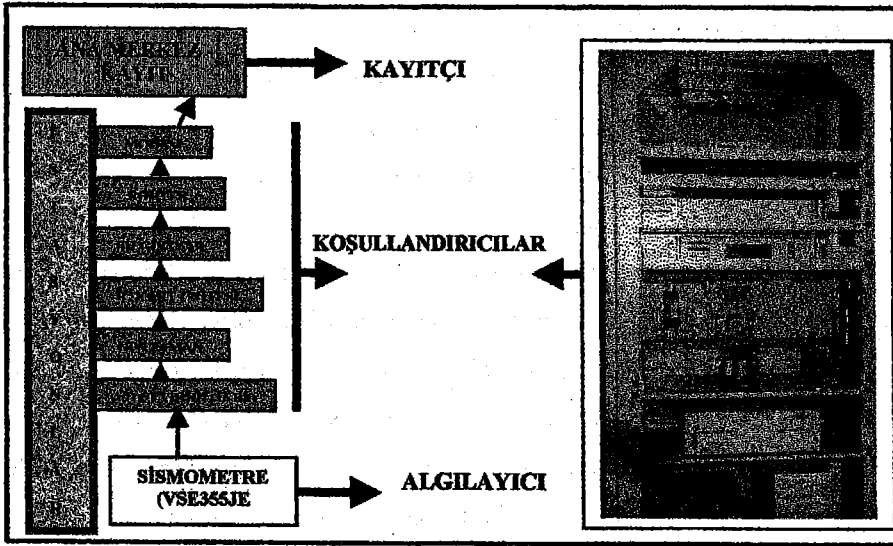
Deprem olduktan hemen sonra, depremin yeri, büyüklüğü, etkilediği bölgenin genişliği, ve muhtemel hasar durumu ile can kaybı hakkındaki tahmini ön bilgileri üretmek, projenin başlıca amacıdır. Sismometrelerden alınan sismik bilgiler, (A/D) sayısallaştırıcı ve modem gibi ara cihazlar ile iletişim hatları üzerinden ana kontrol merkezine ulaştırılmaktadır (Şekil-3).



Şekil-2 Deprem Zararlarının Azaltılması Projesi'nde iletişim sistemi

Tablo 2 İstasyonların Koordinatları

| İstasyonlar | Boylam (D-B) | Enlem (K-G) | Yüksek (metre) |
|-------------|--------------|-------------|----------------|
| Amasya      | 35°51'.162E  | 40°40'.092N | 520            |
| Çankırı     | 33°36'.120E  | 40°36'.020N | 805            |
| Çorum       | 34°58'.823E  | 40°34'.719N | 894            |
| Kastamonu   | 33°47'.320E  | 41°24'.480N | 694            |
| Niksar      | 36°57'.356E  | 40°34'.833N | 460            |
| Samsun      | 36°22'.100E  | 41°15'.530N | 130            |
| Tokat       | 36°32'.754E  | 40°19'.310N | 680            |
| Vezirköprü  | 35°26'.130E  | 41°08'.600N | 720            |
| Yozgat      | 34°48'.378E  | 39°48'.697N | 1358           |
| Ankara      | 32°45'.169E  | 39°54'.519N | 850            |



Şekil-3 Sismometreden alınan bilgileri kayıt merkezine gönderen sistem (Deprem Zararlarının Azaltılması Projesinde İstasyonlarda bulunan Rack sistemi)

### **Projede Akıllı sistem olarak nitelendirilen sistemin çalışma akışı;**

- 1-Deprem olduğu zaman sistem gözlem istasyonlarından sismik dalga datası alır.
- 2- Aynı anda birçok istasyondan data alınır sonra için depremin önemi belirlenir.  
Deprem hız datasının maksimum genliğiyle belirlenmiş olur.
- 3- Örneğin, hız değerinin maksimum genliği 100 mkine ya da daha fazla ise bu önemli bir depremdir. Depreme önemli hükmü verilirse, sistem kişisel bilgisayara elektronik mektup ile rapor verir.
- 4- Otomatik geriletici modeli (AR) ve Akaike'nin bilgi kriteri (AIC) kullanılarak  $P$  ve  $S$  dalgalarının varış zamanları belirlenir.
- 5- Üç ya da daha fazla gözlem istasyonu depremi almayı başarır ise, depremin hyposentir ve oluş zamanı Geiger metodu ile belirlenir.
- 6-Üst merkez belirleme işlemi başarılı olursa sistem, yerel magnitud hesabı yapar. Yerel magnitud belirlemede  $M_{JMA}$  (Japan Meteorological Agency) magnitudü kullanılmaktadır.
- 7- Hyposentir ve yerel magnitud belirleme işlemi başarılı olursa, sismik şiddet dağılımı Dr. Okada'nın methodu ile yapılır. Bu method sismik şiddet dağılımını elips şeklinde düşünür.
- 8- Sismik şiddet yoğunluğu  $M \geq 4$  için sismik şiddet dağılımı başarılı olmakta ve hasar tahmini yapabilmektedir. Sistem; mesken hasarı, can kaybı, yaralı durumu, yol hasarı ve köprü hasarı gibi tahminlerde bulunmaktadır (Toshiba, 1997).

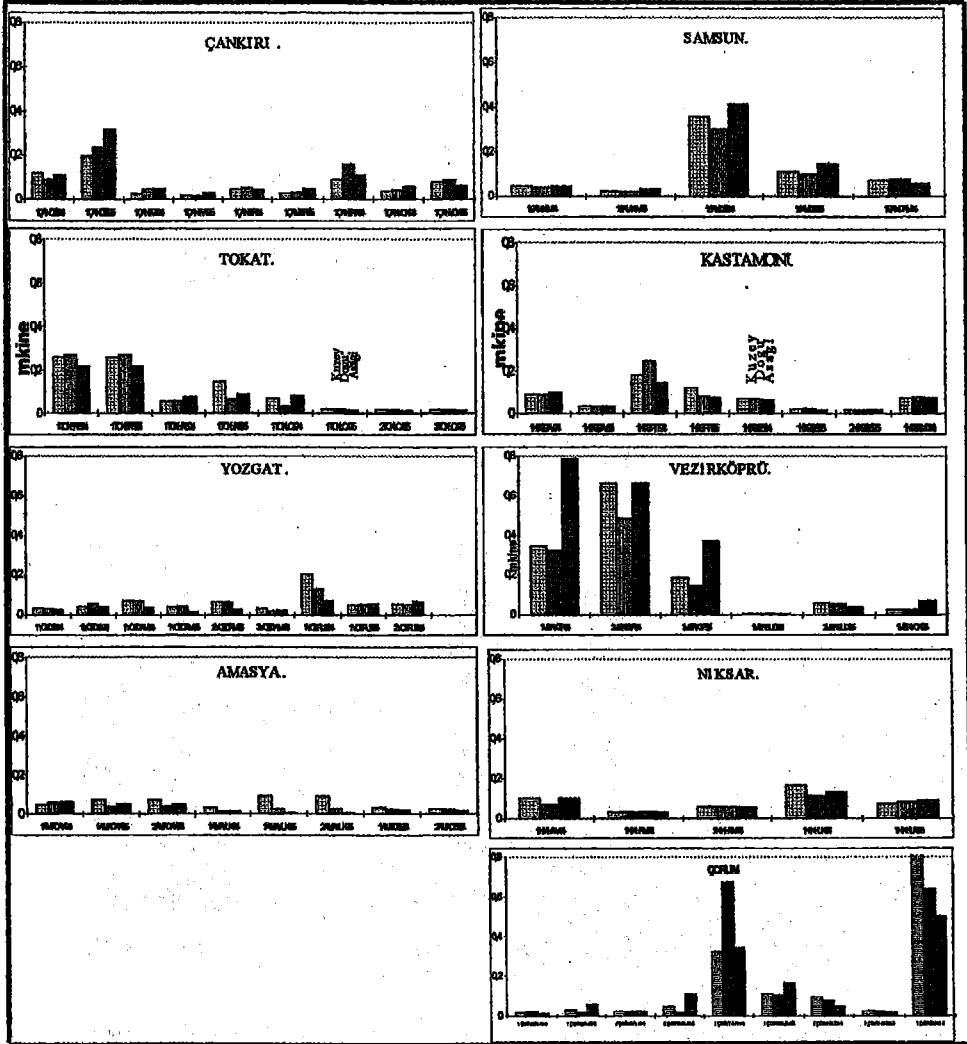
Yerel magnitud hesabı;  $M_{JMA} = \log A_{vi} + 1.64 \log \Delta_i + 0.22$

Burada  $A_{vi}$  düşey bileşende elde edilen maksimum genlik değeri,  $\Delta_i$  ise  $P$ - $S$  farkından elde edilen uzaklıktır. (Toshiba Coop.).

Projede kurulan 10 adet istasyon yerinde, öncelikle mikrotremor çalışmaları yapılmıştır. Sismik istasyonun kurulması düşünülen şehirlerde birkaç aday istasyon yeriyile en az sismik gürültüsünün tesbiti için yapılan bu çalışmada, ısıtma, ulaşım, güvenlik, elektrik ve PTT imkanları gibi koşulların olma şartları da aranmıştır.

Mikrotremor çalışmaları sonucunda, tesbit edilen istasyon yerlerinde, elde edilen düşey bileşen gürültü genlikleri(kine), hız-ivme ilişkisi kullanılarak belirli frekans ( $f$ ), büyüklük( $M$ ) ve gürültü seviyesi ( $n$ ) için Mc Guire's azalım formülüne uyarlanmıştır (Suzuki, 1993).  $\text{Log } R \text{ (Km)} = -0.84 + 0.325M - 0.84 \text{Log } n \text{ (gal)}$ .

M6000 tipi bir tremor ölçüm cihazı ve PMK-110 tipi (3 bileşen) hız ölçer sismometreler ile yapılan mikrotremor çalışmalarında elde edilen sonuçlar ile bir gürültü seviyesi sıralaması yapılmıştır (Şekil-4) (Goto, Sömer, Tüzel, Çoruh, 1995).



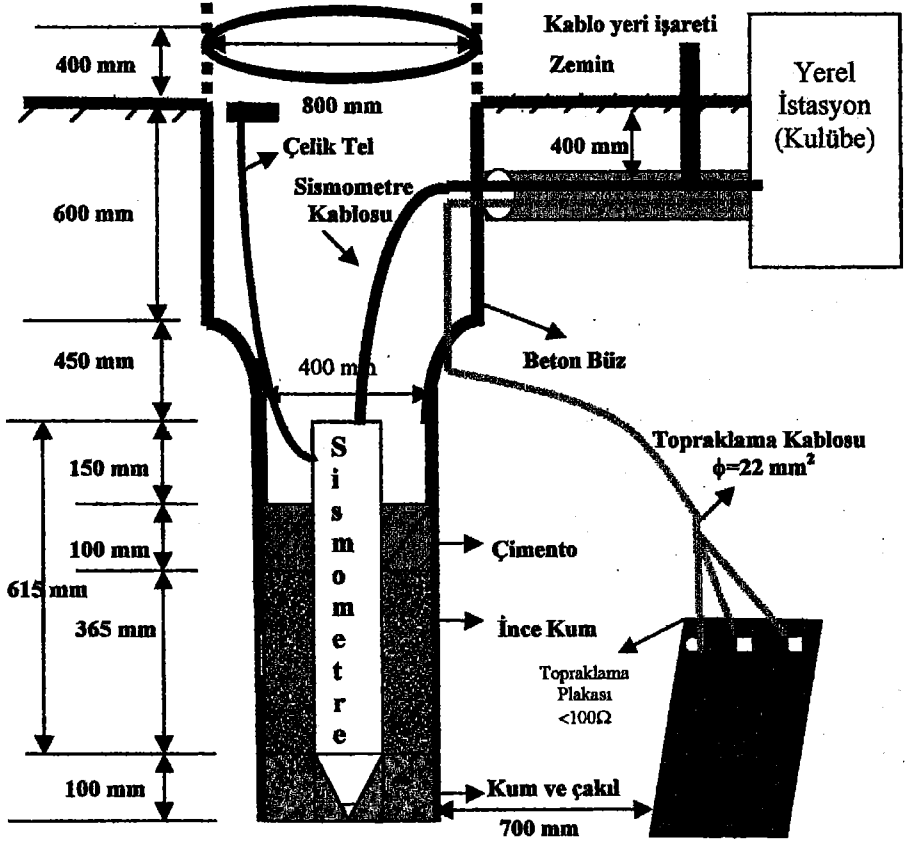
Şekil-4 Her bir şehirde ölçüm yapılan noktaların gürültü seviye değerleri

Bulunan uzaklık değerleri teorik olarak istasyondaki cihazın belirli büyüklükteki bir depremin frekans özelliği de dikkate alınarak algılama mesafesini vermektedir (Sömer ve Tüzel, 1995). Belirlenen istasyon yerlerine kulübeler inşa edilmiş, içerisine de yaklaşık 600 Kg ağırlığa sahip Rack sistemi yerleştirilmiştir (Şekil-3).



## Sismometre Yerinin Hazırlanması

Sismometre yer içerisinde gömme tipli olduğu için bir platform veya benzeri bir düzenlemeye gereksinimi olmamaktadır. Proje (Kinoshita, 1997) gereğince, gerekli malzemeler alınarak sismometre yerinin hazırlanması çalışması yapılmıştır (Sömer, 1997) (Tablo-3)(Şekil-5).



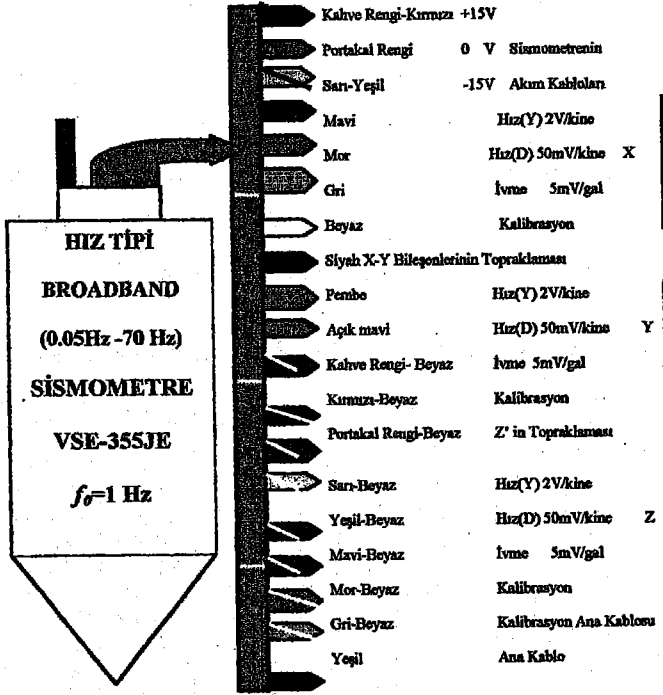
Şekil-5 Sismometrenin zemine kurulma planı (Kinoshita 1997).

Tablo-3 Sismometre yeri hazırlama çalışmalarına ait bilgi tablosu

| No | Şehir İsimleri | Sism. Yeri Derinliği | Sism. - İst. Uzaklığı | Zeminin Yapısı | Kullanılan Malzemeler                          | Topraklama Direnci, ( $\Omega$ ) |
|----|----------------|----------------------|-----------------------|----------------|--|----------------------------------|
| 1  | Amasya         | 2.00 m               | 85.00 m               | Yamaç Molozu   | Beton Büz(2), Beton Bilezik(3), Beton kapak(1) | 55 $\Omega$ (24/10/1997)         |
| 2  | Çankırı        | 1.80 m               | 4.00 m                | Anakaya        | Beton Büz(1), Beton Bilezik(2), Beton kapak(1) | 65 $\Omega$ (14/10/1997)         |
| 3  | Çorum          | 1.70 m               | 2.50 m                | Sert zemin     | Beton Büz(2), Beton kapak(1)                   | 88 $\Omega$ (30/10/1997)         |
| 4  | Kastamonu      | 1.70 m               | 2.00 m                | Anakaya        | Beton Büz(1), Beton Bilezik(3), Beton kapak(1) | 24 $\Omega$ (09/10/1997)         |
| 5  | Samsun         | 2.00 m               | 6.00 m                | Sert zemin     | Beton Büz(1), Beton Bilezik(3), Beton kapak(1) | 45 $\Omega$ (17/10/1997)         |
| 6  | Vazirköprü     | 2.00 m               | 7.00 m                | Sert zemin     | Beton Büz(1), Beton Bilezik(3), Beton kapak(1) | 23 $\Omega$ (29/10/1997)         |
| 7  | Tokat          | 1.70 m               | 20.00 m               | Anakaya        | Beton Büz(1), Beton Bilezik(3), Beton kapak(1) | 83 $\Omega$ (22/10/1997)         |
| 8  | Niğde          | 2.00 m               | 23.00 m               | Sert zemin     | Beton Büz(1), Beton Bilezik(2), Beton kapak(1) | 12 $\Omega$ (23/10/1997)         |
| 9  | Yozgat         | 2.00 m               | 5.00 m                | Sert zemin     | Beton Büz(2), Beton kapak(1)                   | 14 $\Omega$ (20/11/1997)         |
| 10 | Ankara         | 2.00 m               | 18.00 m               | Gevşek Toprak  | Beton Büz(1), Beton Bilezik(3), Beton kapak(1) | 4 $\Omega$ (07/10/1997)          |

## Sismometrenin Düzenleme ve Ayar Çalışmaları

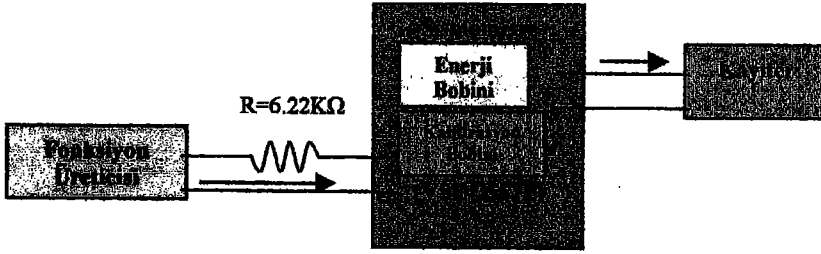
Toprak içerisinde  $90^{\circ}$  dik olarak 20 cm kadar gömülü durumdaki sismometre, yerinden çıkartılarak her üç bileşen için ayrı ayrı o yönde hızlı bir şekilde hareket ettirilmektedir. Her bileşendeki kabloların uçlarına kayıtçı bağlanarak, hareketler kayıt edilerek, sismometrenin ilk hareketi (polaritesi) okunmaktadır (Şekil-6).



Şekil-6 Sismometreye bağlı bulunan kabloların renk ve özellikleri (VSE-355JE)

Sismometre, beton büz içerisinde dik durumda bırakılarak, sismometrenin düşey konumu ile yön tayini dikkatli bir şekilde yapılmaktadır.

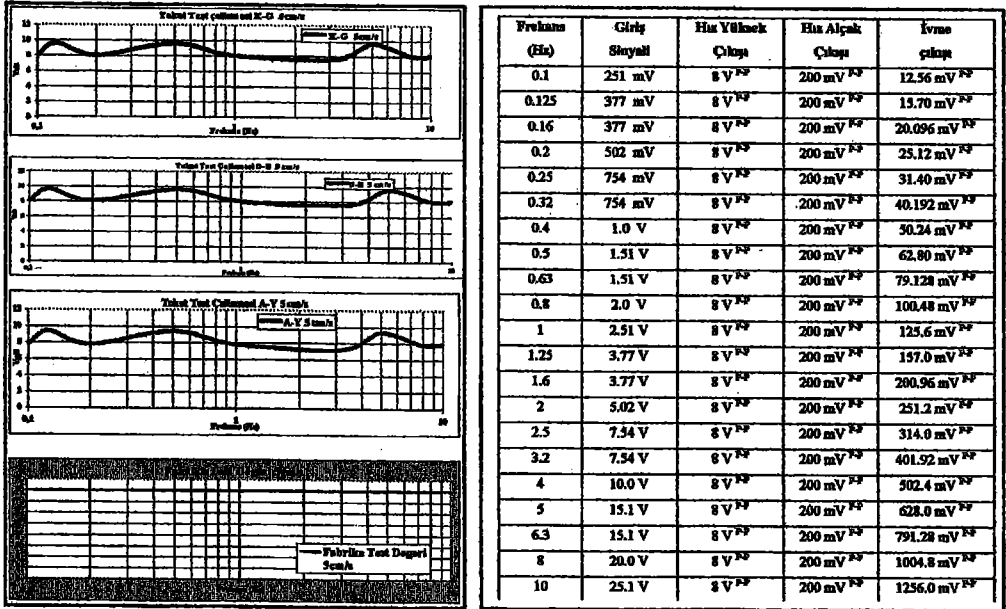
Bu aşamalardan sonra sismometrede oluşabilecek fiziksel parametre değeri farklılıkları için bir kontrol testi yapılmaktadır. Çünkü sismometrenin ulaşım yada tesis etme aşamalarından etkilenebilir. Bu tür durumlara imkan tanımamak için proje istasyonlarında VSE-355JE Broadband tipi sismometrelerin test edilme işlemleri bir düzen içerisinde yapılmaktadır(Şekil-7). Test işlemleri sırasında ayrıca, sismometrenin bağlı bulunduğu Rack sistem ile kulübenin topraklama dirençleri Meğer cihazı ile ölçülerek, sistemin güvenliği kontrol edilmektedir.



**Şekil-7 Sismometrenin test edilme çalışmalarındaki devre sistemi**

Bir fonksiyon üreticisiyle belirli genlik ve frekansta (0.1 Hz - 10 Hz) sismometrenin her bileşeni için kalibrasyon bobinine sinüzoidal giriş sinyali gönderilip yanıtı kayıtçı üzerinden alınmalıdır. Sismometrenin çok yeni de olsa daha önce fabrikada giriş sinyallerine vermiş olduğu yanıtlar ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, sismometrenin durumu belirlenmektedir (Şekil-8) (Tablo-4).

**Tablo-4 Sismometre test işleminde kullanılan frekans ve genlikler**



**Şekil-8 Yapılan test işlemleriyle alınan sonuçlar (VSE-355JE)**

Sismik şebekede bulunan sismometreler her yıl 1 yada 2 kez periyodik bakım yapılmalı ve cihazların güvenilirliği sağlanmalıdır.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir sismik gözlem şebekesinin yer seçiminden başlayarak, istasyon kurma, ve istasyonların kayıt alma noktasına getirilmesi işlemleri, Deprem Zararlarının Azaltılması Araştırma Merkezi Projesi anlatılarak verilmeye çalışılmıştır. Türkiye'nin depremselliği de göz önüne alınarak Deprem gözlem şebekeleri; mevcut sismometrelerin duyarlılığı ve kayıt (Hız, İvme) tipine göre oluşturulmaktadır. Bu sistemde tetikleme seviyesi kullandığı için merkezden duyarlılığı kontrol edilebilmektedir. Projenin adından da anlaşılacağı gibi amaç Deprem zararlarını azaltmaya yönelik olduğundan kuvvetli yer hareketleri kayıt edilmektedir ( $M \geq 4$ ). Japon uzmanlar ile birlikte yaklaşık beş yılda yapılan bu çalışmalar sonucunda sistem kurulmuş ve halen sorunsuz olarak çalışmaktadır. Gerekli bakım ve kontroller zamanında yapılarak herhangi bir aksaklığa meydan verilmemiştir. Sistemin broadband frekans bandına sahip olmasından dolayı 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri çok uzak olmasına rağmen kayıt edilebilmiştir.

## REFERANSLAR

- [1] Sömer Adem ve Tüzel Bekir, Sismik İstasyon Yerlerinin Tesbiti İçin Sinyal-Gürültü Oranları Araştırması, Türk Haritacılığının Yüzüncü Yılı TUJJB ve TUFUAB Kongreleri Bildiri Kitabı, 942, 1995
- [2] Goto N., Sömer A., Tüzel B ve Çoruh E., Mikrotremor Ölçümleriyle İstasyon Yeri Belirleme Çalışmaları, Seminer Kitabı, 91, 1995
- [3] Yokoi I. Broad velocity type feedback seismometer -VSE of TOKYO SOKUSHIN Co. and STS of Streckeisen Co., 1997
- [4] Deprem Zararlarının Azaltılması Araştırma Merkezi, Deprem Veri Toplama ve Hasar Değerlendirme Alt Merkezi, Proje Tanıtım Dergisi, 1998
- [5] Suzuki Sadomi, Deprem Zararlarının Azaltılması Projesinde, Yer Seçimi Çalışmaları, Teknik Rapor, 1993
- [6] Kinoshita Shigeo, Seismometer Installation, 1997
- [7] Sömer Adem, Sismik İstasyon Yerlerinin Hazırlanması ile Sismometrelerin Kurulması ve Ayarlanması Çalışmaları, Görev Raporu, 1997
- [8] Toshiba Corporation, 1997, Exp. system of strong E.O.N. for EDPC in Turkey., Production Design Specification of Software.

# DEPREMDE HASAR GÖREN BETONARME YAPILARIN ONARIMI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Celalettin BAŞYİĞİT\*

Özlem GENÇER\*\*

Serdal TERZİ\*\*

**Özet:** Ülkemizin büyük bir kısmının 1. derece deprem kuşağında olması nedeniyle deprem afeti sık karşılaşılan bir durum olmuştur. Bu nedenle, depreme dayanıklı yapı tasarlamak ve üretmek kadar, depremde hasar görmüş yapıların onarılma yöntemlerinin bilinmesi de bir zorunluluk halini almıştır.

Bu çalışmada, kolon, kiriş, döşeme gibi taşıyıcı betonarme elemanlarda deprem sonrası meydana gelmiş hasarların saptanmasına ve onarılmasına yönelik yöntem ve malzemeler incelenmiştir. Yaşanan afetlerin ne zaman tekrarlanacağı bilinmediğinden bu konuyla ilgili bölümlerin ders müfredatlarına konulmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

## REPAIR AND STRENGTHEN OF DAMAGED BY EARTHQUAKE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

**Abstract:** As a large part of our country is situated in major earthquake zones, earthquakes frequently occur in these zones. Earthquake resistant structures are not only planned and produced, but repair methods of damaged structures in earthquake are also known.

In this study, the methods and materials aimed at determined and repaired of damages occurred by earthquake on members of carrier reinforced concrete like column, beam, floor have been examined. Since we don't know that a violent tremor what will be happen concerned chapters must be in the curriculum of lessons.

### 1. GİRİŞ

Ülkemizin bir deprem kuşağı üzerinde bulunması nedeniyle özellikle son yıllarda bir çok deprem felaketi yaşanmıştır. Bu felaketler sonucunda bir çok yapıda yıkılma ve hasarlar oluşmuştur. Hasar gören yapıların kurtarılıp kurtarılamayacağına bir an önce karar verilmelidir. Depremde önemli derecede hasar görmüş fakat yıkılmamış yapıların çok azının yıkılması sağlanmaktadır. Çoğu, onarım ve güçlendirme (takviye) ile yeniden kullanılabilir duruma getirilmektedir. Özellikle son yaşanan "Marmara Depremi" sonucu konu tekrar gündeme gelmiştir. Yüzlerce yapı yıkılmış, çok daha fazlası da çeşitli derecelerde hasar görmüştür. Bu nedenle, sadece yeni yapı imal etmeyi öğrenen çeşitli seviyedeki teknik elemanlara konunun önemini ve yapım şartlarını

\* SDU Teknik Eğitim Fakültesi, Yrd.Doç.Dr.

\*\* SDU Teknik Eğitim Fakültesi, Araştırma Görevlisi

hatırlatmak, yapı sahiplerini de biraz olsun bilinçlendirmek amacıyla böyle bir çalışma yaparak ve bu alandaki boşluğu kapatmak amaçlanmıştır.

## 2. DEPREMDE YAPIDAN BEKLENENLER

Afet Yönetmeliğinde depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi;

- Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
- Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması,
- Şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir [1].

Öte yandan, depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerince sağlanması istenen koşulların amacı yapılarda olması istenen en düşük düzeyde güvenlik sağlanmasıdır. Daha iyi deprem davranışı ve daha yüksek güvenlik için yönetmelik koşullarının daha üstünde koşulların gerçekleştirilmesi gerekir. En azından yönetmeliklerce istenen dayanım ve sünekliğin çoğunu sağlamasına bir engel yoktur [2].

## 3. DEPREM SONRASI YAPI HASARLARININ SAPTANMASI

Bu aşamada yapının depremde gördüğü hasarın açıklanmasını sağlayacak her türlü bilgi toplanmalıdır. Gerekirse sıva, badana, taş ve ahşap kaplamalar kaldırılarak altlarındaki elemanlarda çatlama olup olmadığının kontrolü yapılmalıdır. Yapıda hasarsız elemanlar varsa bunlar da not edilmelidir. Yapının plan ve projeleri bulunup incelenmelidir. Temelerde hasar olduğundan kuşkulanıyorsa temellerin açılıp incelenmesi gerekir. Amaç yapı hakkında elden geldiğince değerlendirmede yararlı olabilecek bilgiler toplamaktır. Toplanmış veri ne kadar çok ise sağlıklı bir sonuca varmak o ölçüde kolaylaşacaktır. Bu veriler kullanılarak yapıdaki hasarın nedenleri ve onarım ilkeleri saptanacaktır [3].

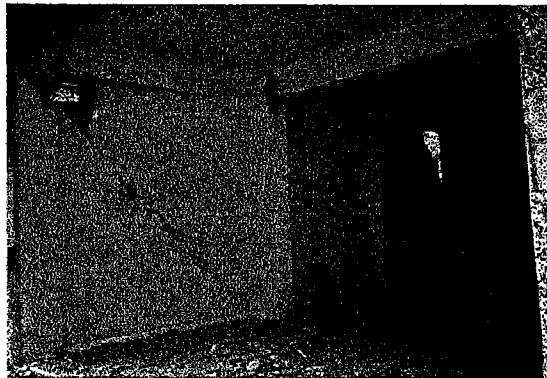
Depremden etkilenen bir yapıdaki hasarın saptanması sırasında taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların üzerindeki her türlü hasarın fotoğrafla ya da kroki olarak kayda geçirilmesi, çatlakların genişliği, yerlerinin ölçülmesi ve işaretlenmesi, bunların yerlerinin numaralandırılması, yapıdan malzeme örnekleri alınarak bunların dayanım ve gerilim-birim deformasyon özelliklerinin, gerektiğinde betonarme yapılarda donatıların

üstündeki beton örtü kaldırılarak donatının yeri ve miktarının, yapı çevresindeki zeminin özelliklerinin saptanması, bunun için gereken sondaj, ölçme vb. işlemlerin yapılması, yakın çevredeki benzer yapıların karşılaştırma amacıyla incelenmesi gereklidir [3].

#### 4. BETONARME YAPI ELEMANLARINDA HASAR BİÇİMLERİ, ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Hasar görmüş yapıların onarılmasındaki amaç, yapının onarım ve güçlendirilmesinden sonra aynı şiddette veya daha fazla şiddette bir depreme dayanıklı hale getirilmesini sağlamaktır. Onarımın amacı yapının taşıyıcı olmayan sıva ve benzeri bölümlerinin düzeltilmesi ve kapatılması olmayıp, görünüş veya kullanım bakımından hasar görmüş bir yapıda ya da bu yapının bir veya birkaç elemanında, önceki haline getirmek için yapılan çalışma ve değişikliktir. Güçlendirme ise, bir yapının yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, duktilitesini ve stabilitesini veya bunlardan bazılarını önceki veya mevcut durumun üzerine çıkarmak amacıyla yapılan değişikliktir. Bazı durumlarda onarımın bedeli, yeniden yapım bedelinin yarısından fazlasına ulaşmaktadır[3,4].

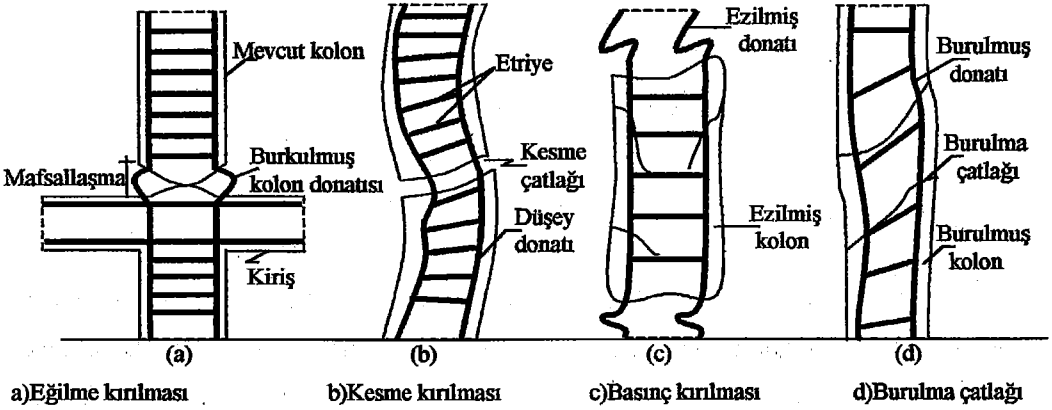
Çatlakların onarımında genişliklerine göre değişik yöntemler uygulanabilir. Çatlakların onarılmasının sebebi zamanla bu çatlaklardan sızan nemin betonarme donatısında paslanmaya yol açması ve çatlamış kesitli betonarme elemanların rijitliklerinin küçük olması ve yapının dinamik özelliklerinin bu nedenle değişmesini önlemektir [3].



Resim 1. Marmara Depremi Sonrasında Gölçükte 6 Katlı Bir Yapının Zemin Kat Duvar Çatlağı

#### 4.1. Kolonlarda Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirilme

Genel hatlarıyla betonarme kolonlarda 4 çeşit hasar meydana gelmektedir. Bunlardan eğilme kırılması, deprem etkileri ile kolona gelen eğilme momentinin artması sonucu kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmesi ile oluşur (Şekil 1a). Kesme kırılması, ise kolonun üzerine gelen kesme kuvvetini taşıyamaması sonucu oluşur (Şekil 1b). Kolon kesitinin en dış lifindeki beton ezilmeye başladığında, henüz akma birim uzamasına ulaşmamış ise kolonda basınç kırılmaları ortaya çıkmaktadır (Şekil 1c). Yapının kütle ve rijitlik merkezleri çakışık değilse kolonlarda oluşan burulma kırılmaları da belirlenmelidir (Şekil 1d) [5].



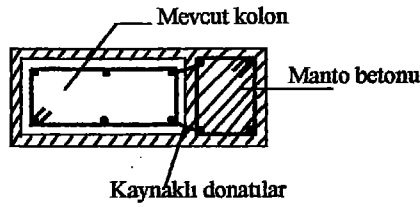
Şekil 1. Betonarme kolonda hasar çeşitleri [5]



Resim 2. Marmara Depremi sonrasında Düzce’de yetersiz donatı ve kalitesi düşük beton kullanımı sonucu oluşmuş kolon hasarı [8]

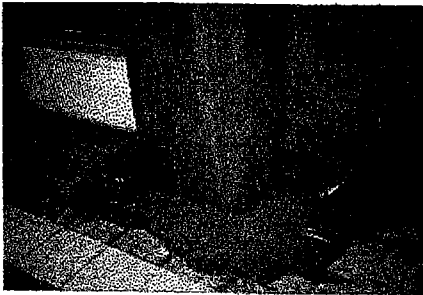


Çatlamış betonarme kolonlarda reçineler veya çimento şerbeti kullanılabilir. Az hasarlı, donatıları burkulmamış, betonu gevşemiş kolonlarda yerel olarak gevşek beton kısmı kaldırılarak yeni beton dökülmesi suretiyle onarım yapılabilir. Kolonlarda oluşan hasar derecesine göre bir, iki, üç ya da dört taraftan mantolama yapılabilir. Mantolama, mevcut kolon etrafına boyuna takviye donatısının yerleştirilmesi ve etrafının normal veya helozonik etriye donatısı ile sarılması ve mevcut betonun etrafının beton dökülerek kapatılması işlemlerine denir. Kolonun mantolanması ile, kolon enkesit alanı artırılırken donatı yüzdesi de bir miktar artırılmış olur (Şekil 2) [3,6].



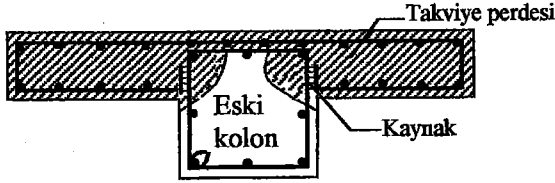
Şekil 2. Kolonda Tek Taraflı Mantolama [3,6]

Kolon çevresinde mantolama yapılırken eski kolonda donatı ile çevrilmiş betonun dışında kalan kabuk betonunun tümünün sökülüp, daha sonra koyulacak takviye donatısı ile birlikte yeni kolonun betonlanması yerine, eski kolonun kabuk betonunda küçük kesme kamaları açılarak eski ve yeni betonun kaynaşması ve dış yük etkileri altında birlikte çalışmaları sağlanabilir [3,6].

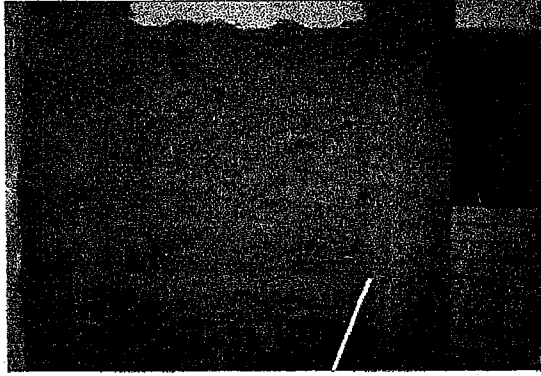


Resim 3. Marmara Depremi sonrası Adapazarı'nda Bir Yapının Kolonunun Mantolama ile Onarılması

Kolonlarda uygulanabilecek bir başka yöntem de, kolonun iki yanına kanat biçiminde perde duvar eklenmesidir. Bu durumda perdenin yatay donatısı, kolonun yatay donatısına kaynakla bağlanmaktadır. Daha sonra betonlama yapılarak eski betonun yeni perde içinde yer alması sağlanmaktadır. Böylece mevcut kolon betonarme perde arasına alınarak kesiti büyütülmüş ve yük taşıma kapasitesi arttırılmış olur (Şekil 3) [3,6].

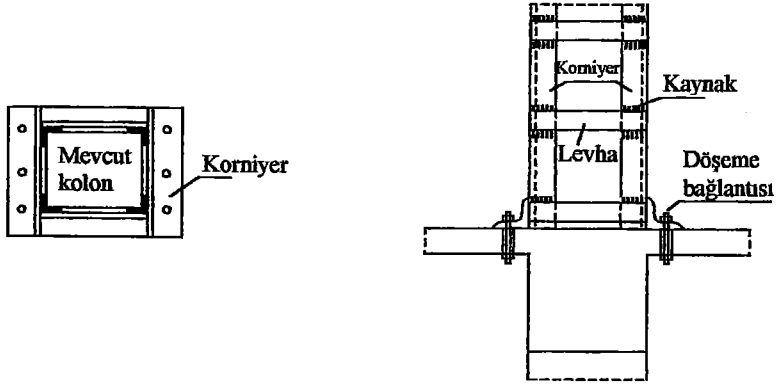


Şekil 3. Betonarme Kolonun Perde Duvarla Takviyesi [3,6]



Resim 4. Marmara Depremi Sonrası Adapazarı'nda Bir Yapının İki Kolonunun Perde Duvarla Güçlendirilmesi

Kolonların takviyesini hızlandırmak için çelik profiller de kullanılabilir. Bu şekilde bir takviye ile kolonun moment ve eksenel yük taşıma kapasitesinde büyük artışlar sağlanabilir (Şekil 4). Ancak mevcut kolon ile profiller birlikte çalışmadığından yüklerin askıya alınması olarak kabul edilmelidir [6].



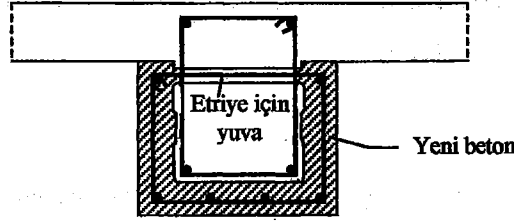
Şekil 4. Çelik korniyerler ile kolon takviyesi [6]

#### 4.2. Kirişlerde Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirilmesi

Kirişlerdeki çatlaklar epoksi reçineleri ile doldurulabilir. Kirişlerde oluşan çatlakların genişliğine göre epoksi reçineleri ya da çimento şerbeti basınçlı olarak enjekte edilir. 0.1~5 mm. genişliğindeki çatlaklara epoksi reçineleri , 2~5 mm. genişliğindeki çatlaklara çimento şerbeti enjekte edilmektedir. Betonarme çerçeveli endüstri yapılarında bazı durumlarda hasarlı kiriş tümüyle yıkılarak yeniden yapılabilir. Bu işlem yapılırken bu kirişin taşıdığı yapının bölümleri askıya alınmalıdır. Kiriş-kolon ek yerindeki hasarın onarımında eğer kirişe yandan saplanan başka kiriş yoksa çelik bantlarla bağlamak da bir onarım yöntemidir. Hasarlı betonarme kirişlerde mantolama bir, üç ya da dört yandan betonlamak suretiyle yapılır. Mantolama işleminde ilave edilen donatılar mevcut donatılara kaynaklanarak ankrajı sağlanır (Şekil 5)[3,5].



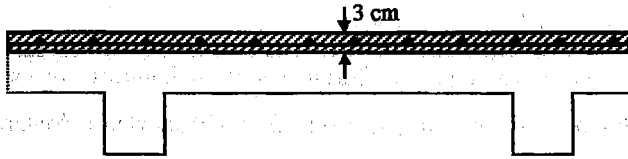
Resim 5. Marmara Depremi sonrasında oluşan bir kiriş hasarı [9]



Şekil 5. Kiriş Enkesit ve Donatı Alanının Artırılması [3,5]

#### 4.3. Döşemelerde Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirilmesi

Betonarme döşemelerde hasar genellikle çatlak biçiminde görülür. Döşemelerde görülen çatlaklar için epoksi reçinesi ve çimento harcı enjeksiyonu kullanılabilir. Uygulamada en çok tercih edilen döşeme takviyesi ise, döşemenin kalınlığının artırılmasıdır. Temizlenen eski döşeme yüzeyine 3 cm' den az olmamak koşuluyla bir beton tabakası dökülür. Eğer döşemenin üzerine takviye yapılması imkansız veya uygun değilse, bu durumlarda takviye döşemenin altından yapılır (Şekil 6) [6].



Şekil 6. Betonarme Döşemenin Takviyesi [6]

#### 4.4. Sistemin Yeni Taşıyıcı Elemanlar İlave Edilerek Güçlendirilmesi

Depremden hasar görmüş betonarme yapıların onarım ve güçlendirilmesi için yapıya betonarme perdeler, çerçeveler, çelik taşıyıcı elemanlar eklenebilir. Hasar görmüş ya da görmemiş ancak yeter deprem güvenliği bulunmadığı anlaşılan yapıların güçlendirilmesinde kullanılan çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte Erzincan ve Dinar'da daha çok mevcut yapılara betonarme perdeler eklenmesi yolu izlenmiştir. Mevcut bir binaya böyle elemanlar yerleştirilmesi, yapının genel davranışını önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu eklemeler yapılırken yapının yatay yüklere göre elverişsiz duruma düşmesine izin verilmemelidir. Bu şekilde güçlendirilen ya da onarılan yapılarda yatay yüklere göre yapısal davranışta değişimler olmaktadır. Eklenen elemanlar deprem kuvvetinin yapıda dağılımını iyileştirmeli, tesirlerin belli elemanlarda

yoğunlaşmasına izin vermemelidir. Eklenen taşıyıcı elemanlar yapıda ek burulma tesirleri oluşturmamalıdır [5,7].

## SONUÇ

Ülkemizde son yıllarda çok fazla deprem afeti yaşanmıştır. Bu afet sonucunda bir çok bina yıkılmış ve çok daha fazlası ise az, orta ve şiddetli olmak üzere çeşitli derecelerde hasar görmüştür. Yıkılan binaların yerine yenisi son teknolojiye göre daha iyi durumlarda imal edilebilir. Yaşanan afetlerin ne zaman ve nerede tekrarlanacağı bilinmediğinden anlatılan konunun özellikle ilgili bölümlerin ders müfredatlarına konulmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1997
- [2] Bayülke, N., "Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı", İMO İzmir Şubesi, yayın No: 27, İzmir, 1998
- [3] Bayülke, N., "Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi", Yapı Malzemesi ve Deprem Araştırma Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984
- [4] Demir, A., "Depremlerde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi", İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992
- [5] Çatal, H.H., "Depremden Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Deprem Araştırma Bülteni, Yayın No 68, Ankara, 1990
- [6] Gürbüz, A., "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Takviyesi ve Onarımı", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 1990
- [7] [www.deprem.gov.tr](http://www.deprem.gov.tr) 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Yapısal Hasar Bayülke N.
- [8] [www.koeri.boun.edu.tr](http://www.koeri.boun.edu.tr) General Building Damage in Duzce-Bolu, Beyen, K.
- [9] İMO Antalya Şubesi, Deprem Fotoğrafları CD' si.

## DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ YAYIN KOŞULLARI

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazıların :
  - a) Depremle doğrudan doğruya ya da dolaylı yoldan ilgili olması,
  - b) Bilimsel ve teknik bir değer taşıması,
  - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayımlanmamış olması,
  - d) Bilgisayar çıktısı halinde kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması;,
  - e) Şekillerin aydınlatma kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması .
  - f) Fotoğrafların net ve klise alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı mensubu elemanları tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayımlanacak olan yazıların mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri ) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayımlandıktan sonra tahakkuka haklanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara "Kamu Kurum ve Kuruluşlarınınca Ödenecek Telif ve İşleme Ücretleri Hakkında Yönetmelik" esaslarına göre ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret taktir edilir.
7. Yazıların bültende yayımlanması Genel Müdürlüğümüz bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulunun kararı ile olur.
8. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. Maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kusatılmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısının tespit etmeye ve yazıların yayın sırasının tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bültende yayımlanıp yayımlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
10. Yayımlanmayacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Genel Müdürlüğümüz sorumlu değildir.
11. Yayımlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler tamamen yazarlarına ait olup, Afet İşleri Genel Müdürlüğünü bağlamaz ve Genel Müdürlüğümüzün resmi görüşünü yansıtmaz.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Genel Müdürlüğümüz mensupları Genel Müdürlükçe kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü her hangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.