



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

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

59



## Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Ekim [October] / 1987  
Cilt [Volume]: 14

# Sayı [Issue]: 59

# İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

---

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Çok Katlı Yapılar ve Deprem [Multi-Storey Buildings and Earthquake ]  
Nejat BAYÜLKE ..... 5-42

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Batı Türkiye’de Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması  
[Investigation of Crust and Upper Mantle Structure in Western Turkey]  
Doğan KALAFAT, Cemil GÜRBÜZ, S. Balamir ÜÇER ..... 43-64

## DERLEME [REVIEW]

Sayısal Sismolojideki Gelişmeler [Advances in Digital Seismology]  
Ülben EZEN ..... 65-76

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

24 Nisan 1988 Kuzey Marmara Denizi Depremi ve Artçı Deprem  
Etkinliği [24 April 1988 North Marmara Sea Earthquake and Aftershock  
Activity]  
Erhan AYHAN, Doğan KALAFAT, Şerafettin İNCE, Zafer ÖĞÜTÇÜ ..... 77-97

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Depremlerde Sağlık Hizmetleri [Health Services in Earthquakes]  
Necati DEDEOĞLU ..... 98-125



BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI  
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

59



BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI  
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

59

## DEPREM ARAşTIRMA BÜLTENİ



Üç Ayda Bir Yayınlanır  
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi  
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına  
**Oktay Ergünay**  
Afet İşleri Genel Müdürlüğü  
Deprem Araştırma Dairesi Başkanı



Yazı İşleri Müdürü  
**Erol Aytac**  
(Jeomorfolog)  
Afet İşleri Genel Müdürlüğü  
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı



Posta Kutusu 763  
Kızılay - ANKARA



Telefon : 287 36 45 - 287 36 36



DSİ Basım ve Foto - Film  
İşletme Müdürlüğü  
Etlik - ANKARA

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL : 14

SAYI : 59

EKİM 1987

## BU SAYIDA

Çok Katlı Yapılar ve Deprem .....	N. BAYÜLKE
Batı Türkiye'de Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması .....	D. KALAFAT C. GÜRBÜZ S. B. ÜÇER
Sayısal Sismolojideki Gelişmeler .....	Ü. EZEN
24 Nisan 1988 Kuzey Marmara Denizi Depremi ve Artçı Deprem Etkinliği .....	E. AYHAN D. KALAFAT Ş. İNCE Z. ÖĞÜTÇÜ
Depremlerde Sağlık Hizmetleri .....	N. DEDEOĞLU

## ÇOK KATLI YAPILAR VE DEPREM

Nejat Bayülke

Deprem Mühendisliği Şube Müdürü  
Deprem Araştırma Dairesi

### 1. GİRİŞ

Çok katlı yapılar kat adedi 8-10 ve daha çok olan yapılar olarak tanımlanabilir. Çok katlı yapıların deprem deneyimleri diğer tip yapılara göre daha sınırlı sayıdadır. Bu durum şiddetli depremlerin bu tür yapıların çok olduğu büyük kentleri etkileyen depremlerin az sayıda olmasının bir sonucudur. Şimdiye kadar başka ülkelerdeki çok katlı yapıların deprem davranışlarından sonuçlar çıkarılmış ve bu sonuçlar çok katlı yapıların tasarımında yön verici olmuştur. Bu bildiride önce depremlerin ve çok katlı yapıların dinamik özelliklerinden söz edilecek daha sonra çeşitli şiddetli depremlerde gözlenmiş çok katlı yapı deprem hasarı ve davranışının değerlendirilmesi yapılacaktır.

### 2. ÇOK KATLI YAPILARIN VE DEPREM YER HAREKETİNİN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Depremlerde yapılara genliği zamana bağlı olarak değişen atalet kuvvetleri etkir. Bu kuvvetlerde olan değişimin zaman süresi yapının doğal titreşim periyodunun 10 katından az yada ona eşit ise yapıda dinamik nitelikli yüklemeler oluşmakta, bir diğer deyişle yapının kütlesi (harekete karşı direnci) ile ilgili atalet kuvvetleri oluşmaktadır. Bu durumda zamana bağlı olarak değişen deprem kuvvetlerinin dinamik özellikleri ile yapının dinamik özellikleri arasındaki ilişki önem kazanmaktadır.



## 2.1 Çok Katlı Yapıların Dinamik Özellikleri

Yapıların en önemli dinamik özelliği doğal titreşim periyodudur. Periyot yapının ağırlığı ve taşıyıcı sisteminin yatay yüklere karşı rijitliğine bağlıdır. Çok katlı yapıların titreşim periyodu yapının kat adedine ve taşıyıcı sistemine göre değişmektedir.

Yapıların doğal titreşim periyotları analitik yöntemlerle hesaplanabilir ancak bu oldukça zaman alıcı bir işlem olduğu için bir çok ülkenin deprem yönetmeliklerinde birinci mod titreşim periyotları ampirik formüllerle verilmektedir:

$$T = 0.1 \sim 0.07 (N)$$

Bir diğer deyişle 10 katlı ( $N=10$ ) çerçeve taşıyıcı sistemli bir yapının lnci mod titreşim periyodu 1.0 saniye alınabilir. Eğer yapının taşıyıcı sistemi perde duvarlı ise periyot daha kısalmaktadır, 0.7 saniye gibi. Aynı formül ile 20 katlı perde duvarlı bir yapının titreşim periyodu 1.4 saniye olmaktadır. Prefabrik panolu yapıların da lnci mod titreşim periyotları yerinde dökme perde duvarlı yapılara göre biraz daha kısa olmaktadır.

Çok katlı yapılar üzerinde ülkemizde yapılmış periyot ölçümleri vardır (Aytun 1972, Erdik 1985). Örneğin Kızılay Ankara Gökdeleinin periyodu 1.35-1.42 saniye olarak ölçülmüştür (Aytun 1972). Yine Ankaradaki Sabancı Öğrenci yurdunun lnci mod periyodu 1.67 saniye, 2nci mod titreşim periyodu 0.38 saniye olarak bulunmuştur (Erdik ve Diğerleri 1985). Aynı yapıda çevrel titreşimlerin frekans analizinden bulunan lnci ve 2nci mod titreşim periyotları 1.47 ve 0.36 saniye olmuştur. Çevrel titreşimlerin genliği zorlanmış titreşimlerden daha küçüktür. Bir başka örnek olarak Türkiye İş Bankası Genel Merkez Binasının lnci Mod periyodu 1.25, 2nci mod periyodu 0.37 ve 3ncü mod periyodu 0.18 saniye olarak çevrel titreşimlerden hesaplanmıştır.

Çok katlı yapıların kat adetleri kadar doğal titreşim periyotları bulunmakla birlikte bunların ilk birkaç tanesi önemlidir. Çünkü yüksek modlardaki titreşimlerin gerektirdiği enerji çok büyük olduğu için yapılar çoğunlukla ilk birkaç yada en çok beş modda titreşim yaparlar, yada yaptıkları titreşim bu ilk birkaç moddaki titreşimlerin süperpozisyonundan oluşur.

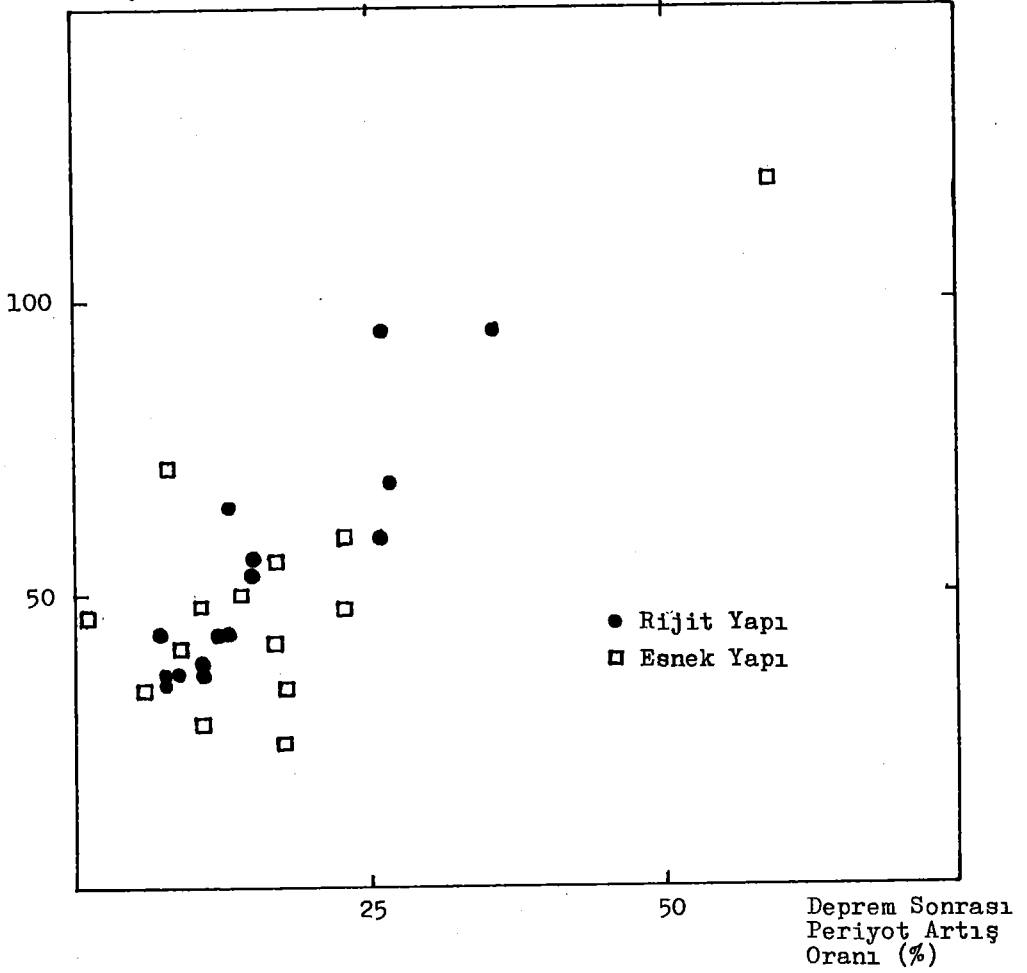
Yapıyı titreştiren kuvvetlerin düzeyi arttıkça yapının periyodu uzar. Bu yapının rijitliğinin doğrusal olmadığını gösterir. Yapıların kuvvetli bir yükleme sonrasındaki periyotları yükleme öncesine göre daha uzun olabilir. Bu durum bir çok yapıda deprem öncesi ve sonrası yapılmış periyot ölçümlerinden gözlenmiştir. Deprem sırasında etkiyen kuvvetler depremin şiddeti ile ilgilidir. Bu bakımdan hafif bir depremden sonra periyot artışı yapıda çatlaklar yapacak kadar şiddetli bir depremden sonra olacak artıştan daha az olacaktır. Bu tür bir inceleme 1971 San Fernando Depreminden sonra yapılmıştır (Mulhern and Maley 1973). Çok sayıda değişik taşıyıcı sistemli ve çok katlı yapıların periyotları depremden önce ve sonra ölçülmüştür. Bu yapılardaki deprem kuvvetli hareketi ivme ölçerlerinin kayıtlarının analizinden de yapıların deprem anındaki titreşim periyotları bulunmuştur. Şekil-1 de bu yapılardaki deprem sonrası ve öncesi periyotlardaki artış oranı ile deprem anındaki periyotta deprem öncesi periyoda göre artış oranı verilmektedir. Yapı periyodunda deprem anında % 100'e varan artışlar olmakta bu ise yapının deprem sonrası periyodunu % 50 kadar artırmaktadır.

Yapıların periyotları ve kütle ve rijitlik arasında

$$T \approx \sqrt{m/k}$$

gibi bir ilişki vardır. Yapı periyodundaki bir artış tümü ile yapının yay katsayısı (k), yatay yükler altında ötelemenin ters fonksiyonudur, azalması yani rijitliğin azalmasının bir sonucudur.

Deprem Anında Periyot Artış Oranı (%)



Şekil-1 Çok Katlı Yapılarda Gözlenmiş Periyot Artış Oranları, 1971 San Fernando Depremi

Bir başka deyişle deprem sonrası yapı periyodunda olacak % 100 bir artış yapının k-katsayısının % 400 azaldığını gösterecektir. Bu yapıda ciddi taşıyıcı sistem hasarının işaretidir. Şekil-1'deki yapılar betonarme taşıyıcı sistemli ve depremin merkezinden yaklaşık 20-50 km uzakta yer almakta idiler. Depremlerin etkisi sonucu yapıların rijitliğinde bir yumuşama olmaktadır. Kısaca bir yapı için titreşim periyodu çok değişik değerlerde olabilir ve bu yapının durumunun değerlendirilmesinde etkili bir kıstas olarak kullanılabilir. Bu bakımdan yönetmeliklerde verilen formüllerden hesaplanmış periyot ancak yapının bir deprem öncesi düşük düzeylerdeki titreşim özelliklerini gösterir.

Çok katlı yapıların dinamik özelliklerinden doğal titreşim periyodunun depremde yapıya gelen yer hareketinin hakim titreşim periyodu ile olan ilgisi de önemlidir. Çünkü gelen hareketin hakim periyodu ile yapının doğal titreşim periyodu birbirine yakın ise rezonans oluşmakta ve yapılarda hasar büyümektedir. Bu durumda deprem yer hareketinin periyod özelliklerinin incelenmesini gerektirmektedir.

## 2.2 Deprem Yer Hareketinin Periyot Özellikleri

Deprem sırasında ortaya çıkan şok, sarsıntı, dalgaları yer kabuğu ve yüzeyinde yayılırlar. Bu yayılma sırasında geometrik olarak giderek büyüyen dalgaların şiddetinin azalması yanında dalgaların geçtikleri ortamlarda enerji kaybı ile sönüme uğramaları sonu cunda yer hareketinin niteliği giderek değişmektedir.

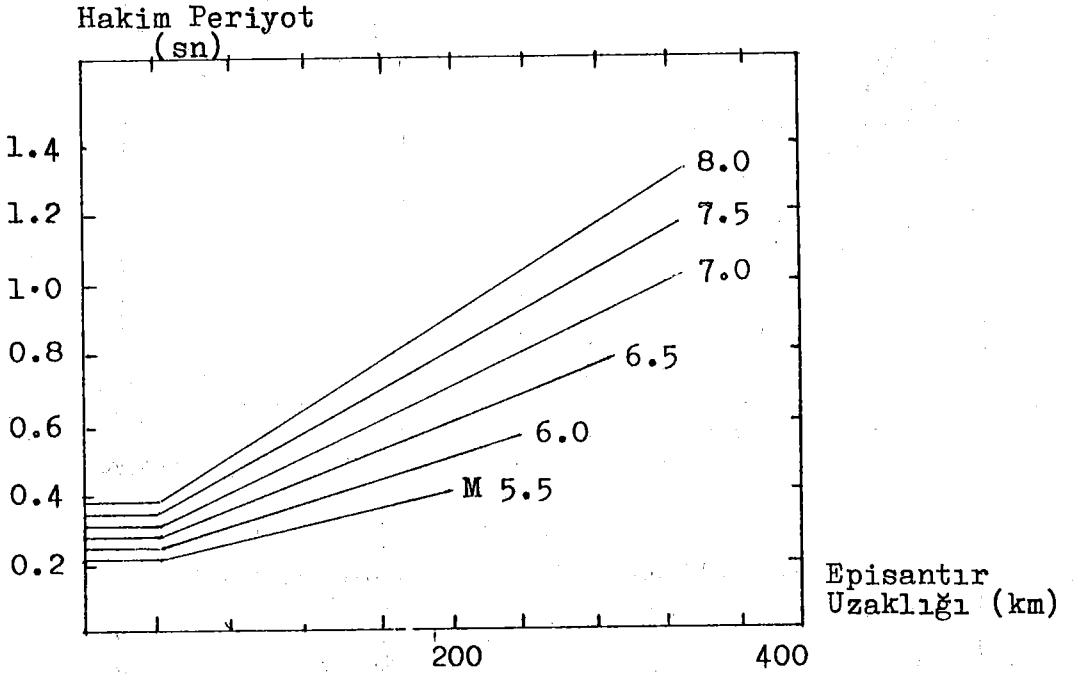
Önce yer hareketi içindeki yüksek frekanslı, kısa periyotlu titreşimler fazla uzaklara gidememektedir. Uzaklara kadar gidebilen sarsıntı dalgaları daha küçük frekanslı, uzun periyotludur. Çok katlı yapıların doğal titreşim periyotlarının uzun oluşu dikkate alınırsa genel olarak çok katlı yapıların "Uzak" depremlerden daha çok etkilenecekleri hemen anlaşılacaktır. Bunun Türkiye'den bir örneği 1967 Adapazarı Depreminde Ankara'daki o zamanki İmar ve İskan Bakanlığının 10 katlı binasının bodrum kat kolonunda çatlama oluşmasıdır.

Deprem yer hareketinin hakim periyodunun deprem mağnitüdü ve uzaklık ile değişimi Şekil-2'de verilmektedir. Bu ilişkidenden görüleceği gibi uzakta olan şiddetli bir depremin hakim periyodu ile çok katlı yapıların doğal titreşim periyotları çakışmakta ve dolayısıyla ile ortaya 'rezonans' olayı çıkma olasılığı artmaktadır. Kısaca çok katlı yapıların uzakta olacak ( 100 km ve daha uzak) şiddetli depremlerden etkilenecekleri beklenmelidir.

Depremlerde olan yer hareketinin periyot kapsamı üzerinde etkili olan bir başka faktör de yerel zemin koşullarıdır. Şekil-3'de değişik tür zeminler için deprem yer hareketi mukabele spektrumları verilmektedir. Bunlar bir anlamda yer hareketinin periyot kapsamını göstermektedir. Bu şekillerden görüleceği gibi yumuşak zeminler, genç dolgular üzerindeki deprem kuvvetli yer hareketinin büyük genliğe sahip olduğu periyot aralığı ile yüksek yapıların doğal titreşim periyotları bölgesi çakışmaktadır.

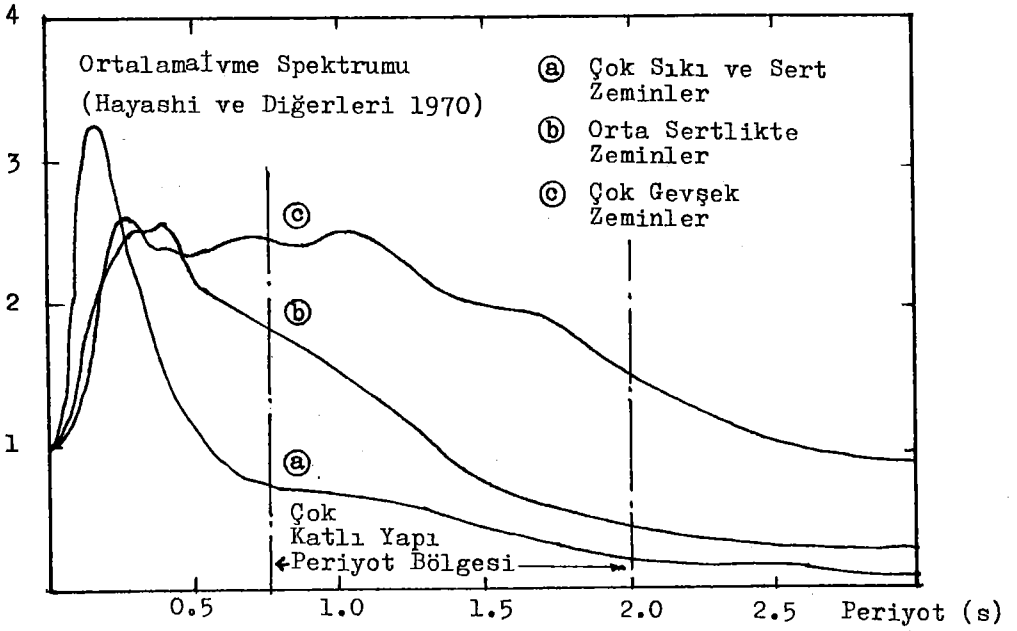
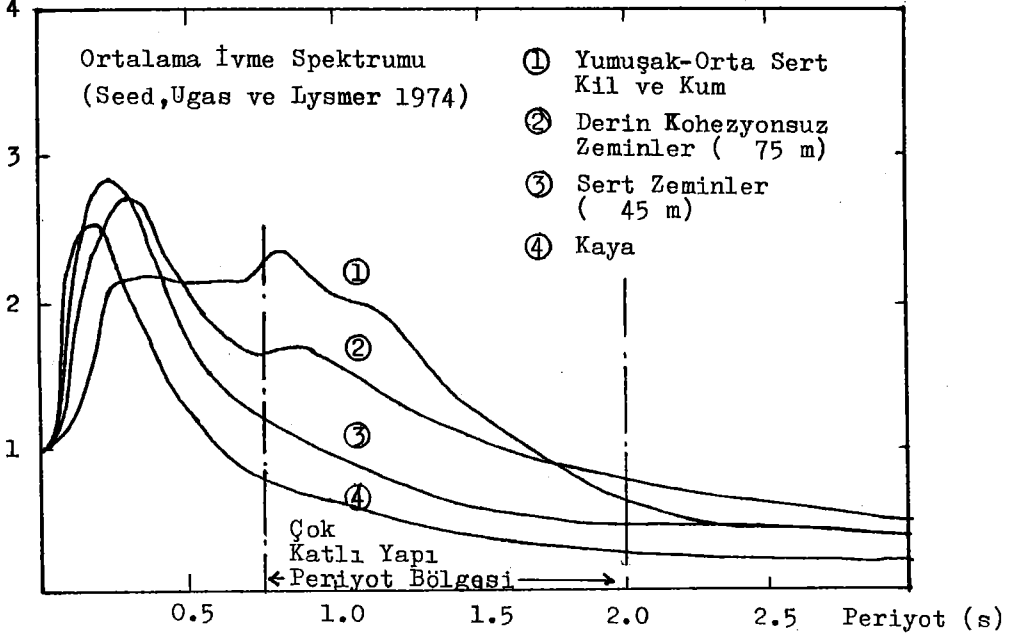
Bu şekillerin İzmir için özellikle önemi vardır. İzmir'in önemli bölümleri: Karşıyaka, Deniz Bostanlısı tarafları, Alsancak, gibi zemin kazık temeller gerektirebilecek kadar zayıf ve sıkışmamış genç dolgulardan oluşmaktadır. Buralar aynı zamanda çok katlı yapıların yaygın olarak yapıldığı alanlardır. Bu tür zeminler çok katlı yapılara uzak depremlerden büyük deprem kuvvetlerinin gelmesine son derece elverişlidir. Çok katlı yapıların bu bölgelerde tasarım ve yapımında deprem etkisinin önemi büyüktür.

Deprem yer hareketinin zemin cinsine göre etkisinin farklı olması konusunda İzmir'den bir örnek verilebilir. 1 Şubat 1974 Depreminin yer hareketi İzmir'de Fuar Müdürlüğü Binası ve Yine İzmir Yeşilyurt semtinde bulunan Yapı ve Kredi Bankası binasındaki sismoskoplarca kaydedilmiştir (Ergünay, Bayülke ve Gencoğlu 1974). Şekil-4'de Yeşilyurt'ta alınan kayıt, Şekil-5'de de Fuar'da alınan kayıtlar verilmektedir. Kayalık (andezit) bir zeminde olan Yeşilyurt'da ölçülen maksimum ivme N-S yönünde 0.06 g iken

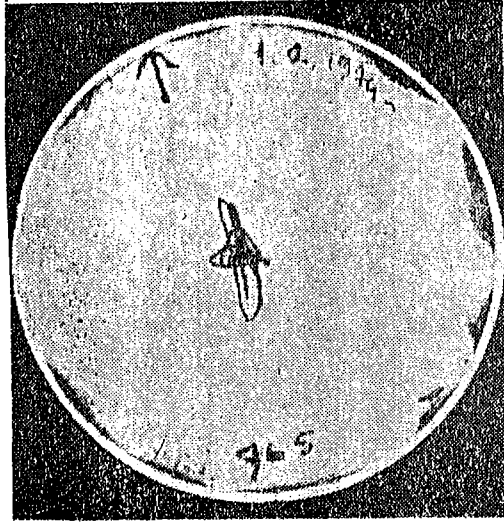


Şekil-2 Deprem Yer Hareketinin Hakim Periyodunun Deprem Mağnitüdü ve Uzaklık ile Değişimi (Seed ve Diğerleri 1969)

Spektral İvme/Maksimum Yer İvmesi



Şekil-3 Değişik Zeminlerin Yer Hareketinin Genliği Üzerindeki Etkileri



Şekil-5 1 Şubat 1974 İzmir Depreminin  
Dolgu Zemin Üzerindeki Hareketi  
Fuar Müdürlüğü Binası



Şekil-4 1 Şubat 1974 İzmir Depreminin  
Kayalık Zemin Üzerindeki Hareketi  
Yeşilyurt Yapı Kredi Binası



yaklaşık 200 m kalınlıkta dolgu zemin üzerinde olan Fuar'daki kayıta maksimum ivme 0.125 g olarak, yaklaşık 2.5 kat daha büyük olmuştur. Bu depremde alınan kayıtlar İzmir'de dolgu zeminler üzerinde kuvvetli yer hareketinin daha büyük olacağına güçlü bir kanıttır.

Buraya kadar anlatılanların kısa bir özeti: yüksek yapıların uzakta olan depremlerden ve yumuşak zeminlerdeki deprem yer hareketinden etkilenecekleri ve özel olarak da İzmir'de bu tür yumuşak zeminlerin bulunduğu ve bu zeminlerdeki yer hareketinin de gerçek depremlerde daha sert olan kayalık zemine göre daha büyük olacaktır. Bu açıdan bakılınca bugün deprem bölgesi olarak görünmeyen yerlerde yapılacak bir çok katlı yapı birkaç yüz kilometre uzakta olan bir depremden ciddi ölçüde hasar görebilecektir eğer depreme karşı gerekli önlemler alınmamış ise.

### 3. ÇOK KATLI YAPILARIN DEPREMLERDE GÖZLENMİŞ DAVRANIŞLARI

Bildirinin bu bölümünde geçmişte gözlenmiş çok katlı yapı deprem davranışları ele alınacaktır. Ülkemizde çok katlı yapılarımız henüz şiddetli bir deprem deneyimi geçirmemişlerdir. Burada sözü edilecek örnekler 1964 Alaska, 1967 Caracas, 1971 San Fernando, 1972 Managua, 1977 Vrança ve 1985 Mexico-City depremlerinden alınmıştır. Bu depremlerden çok katlı yapı hasarı örnekleri verilirken depremin büyüklüğü, uzaklığı ve yer hareketinin nitelikleri üzerinde de olabildiğince bilgi verilecektir.

#### 3.1 1964 Alaska Depremi

Bu depremin Richter ölçeğine göre magnitüdü 8.4'dür. Depremin yer hareketinin şiddetli olarak sürdüğü bölümünün 3 dakika kadar olduğu kabul edilmektedir (Steinbrugge 1970). Depremin uzun sürmüş olması yapıların tekrar tekrar kalıcı plastik deformasyonlar bölgesine girmesine ve düşük devirli yorulma hasarına yol açmaktadır.

Depremi merkezinden yaklaşık 125 km uzakta olan Anchorage şehrindeki bazı çok katlı yapılarıdaki hasar üzerinde durulacaktır. Anchorage'da depremin kuvvetli yer hareketi kayıt edilmemekle birlikte yer hareketi içinde kısa periyotlu hareket bileşenlerinin olmadığı oluşan hasardan anlaşılmaktadır. Şehirdeki çok sayıdaki rijit ve kısa periyotlu kargir yapılarıda hiç bir hasar olmaz iken çok katlı yapılarıın çoğunda hasar olmuştur.

Bu depremde 14'er katlı 2 betonarme apartımanın dış cephesindeki taşıyıcı perde duvarları birbirine bağlayan elemanlarda hasar olmuştur. Şekil-6. Bu elemanlar özel bağ kirişi olarak yeterli biçimde tasarlanıp donatılmamıştır. Bunun sonucu yapıdaki bu elemanlar kolayca mafsallaşarak perde duvarlarıın birbirine mafsallı elemanlar olarak çalışmalarına yol açmıştır. Binalarıın içindeki düşey taşıyıcı duvarlarda bu tip hasar oluşmamıştır.

Yine bu depremde 14-katlı çelik çerçeveleri de olan bir başka yapıda bazı çelik kolonlar devrilme momentinin oluşturduğu büyük düşey yüklerden dolayı burkulmuşlardır (Steinbrugge 1970).

Bu deprem yüksek yapılarıın uzak depremlerden etkileneceğini ve devrilme momentlerinin çok katlı yapılarıın alt katlarıında düşey yüklerle ek olarak büyük miktarlarda depremden dolayı düşey yük oluşturabildiğini ve boşluklu perdelerde bağ kirişlerine gelen momentlerin hızla mafsallaşmaya yol açabileceğini göstermiştir. Bu arada uzun süren deprem hareketinin düşük devirli yorulmaya neden olabileceği mesajıda alınmıştır. Bu durum daha sonra 1985 Meksiko Şehri depreminde de görülecektir.

### 3.2 1967 Caracas Depremi (Hanson ve Degenkolb 1969)

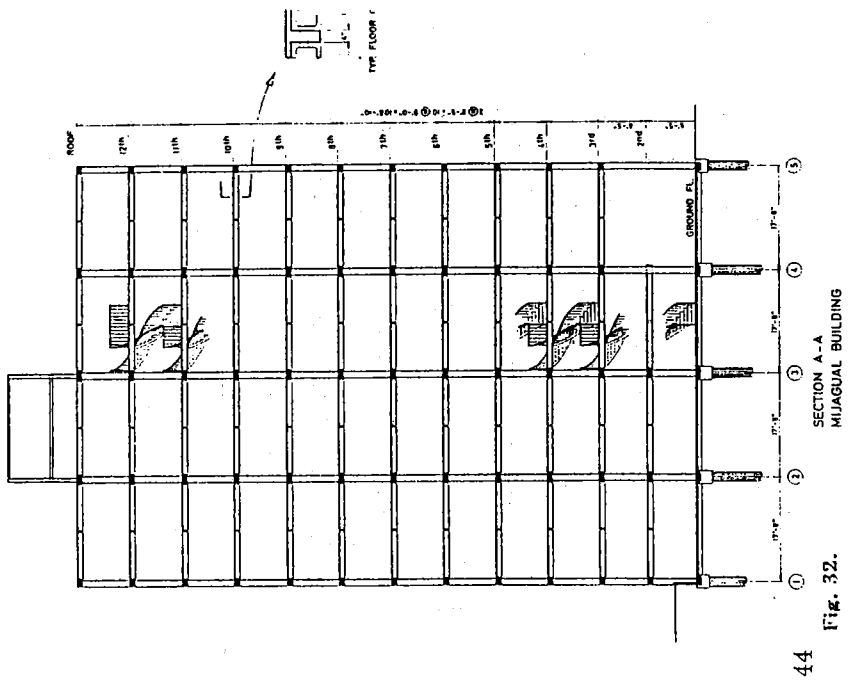
Bu depremde Caracas şehrinde bulunan çok katlı yapılarıda önemli hasar gözlenmiştir. Caracas yaklaşık 5 km genişliğinde 14 km uzunluğunda çanak biçiminde bir vadinin içinde yer almaktadır.

Depremiñ mağnitüdü Richter ölçeğine göre 6.5 Caracas'a uzaklığı 50 km'dir. Vadinin içinde hasarlı çok katlı yapıların bulunduğu alanda alüvyon tabakasının derinliği 40 m yada daha çoktur. Ancak çok katlı yapı hasarı ile alüvyon tabakası kalınlığı arasında doğrudan bir ilişki bulunmamaktadır. Bu depremin kuvvetli yer hareketi kaydedilmemiŐtir. Ancak depremin yaklaşık 1 dakika sürdüğu ve bu sürenin 1/4-1/3 kadar bir sürede hareketin kuvvetli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu depremde olan toplam 266 can kaybından 156'sı yıkılan dört çok katlı yapıda olmuştur. Ayrıca çok sayıda çok katlı yapıda önemli hasar olmuştur. Bu depremde yıkılan dört yapının özellikleri aşağıda verilmektedir:

Mijaqual: 13 katlı bu yapıda döşemeler asmolen dolgu olup 30 cm derinlikte 55 cm genişlikteki kiriŐler sadece bir yöndedir. Şekil-7. Yapı kiriŐlere dik yönde yıkılmıştır.

Neveri: 12 katlı olan bu yapıda da taşıyıcı sistem erevelidir. Döşemeler asmolenli dişli döŐemedir. 125 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğindeki kiriŐler tek yönlüdür. Bu yapı da kiriŐlere dik yönde yıkılmıştır. Şekil-8'de yapının planı ve kesidi verilmektedir.

Corvin: 10 katlı apartıman planda H-Şeklindedir (Şekil-9). Üç ayrı bloktan oluşan yapının ortasındaki asansör ve merdiven bloğunda perde duvar olmasına karşın diğer iki bloktan bu perdeye bağlantı bulunmamaktadır. Bu yapıda döşemeler asmolenli dişli döşeme olup taşıyıcı sistem tek yönde sığ kiriŐlerle bağlı ereve sistemi diğer yönde ise çerçeveyi oluşturan yalnızca asmolen döşeme vardır. Bu yapının doğudaki bloğu güney doğu yönüne yıkılmıştır. Bu binanın bir tarafının yıkılmasına karşın diğer tarafının yıkılmamasında, yıkılmayan bölümde zemin katda dolgu duvarlarının oluşu yıkılan taraf da ise dolgu duvarlarının bulunması önemli bir rol oynamıştır.



44 SECTION A-A  
MIJAGUAL BUILDING

Fig. 32.

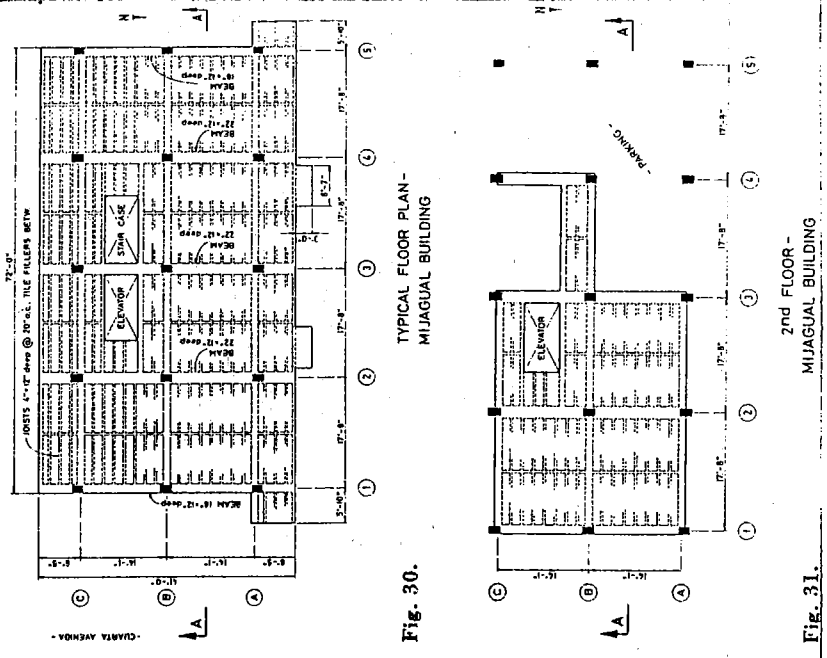
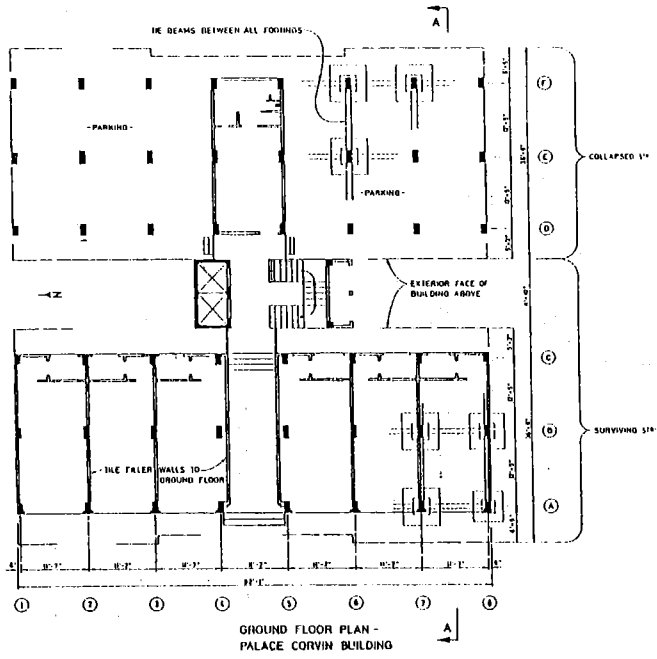
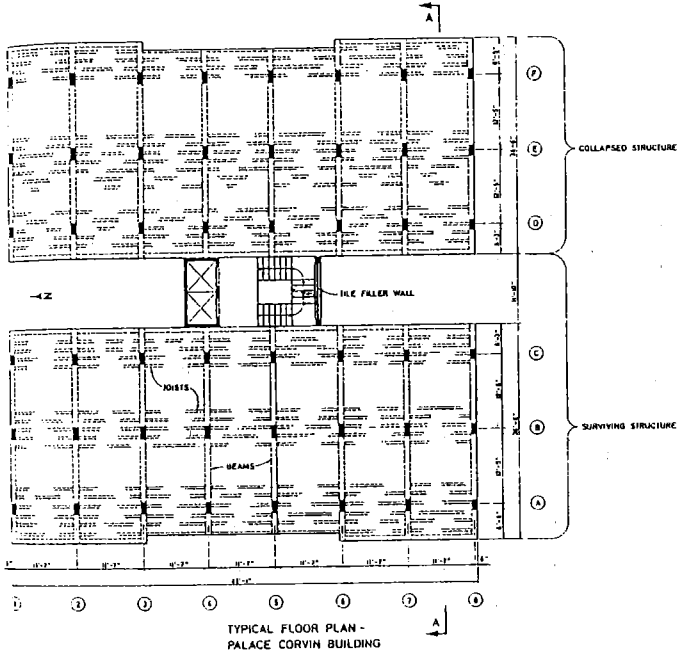


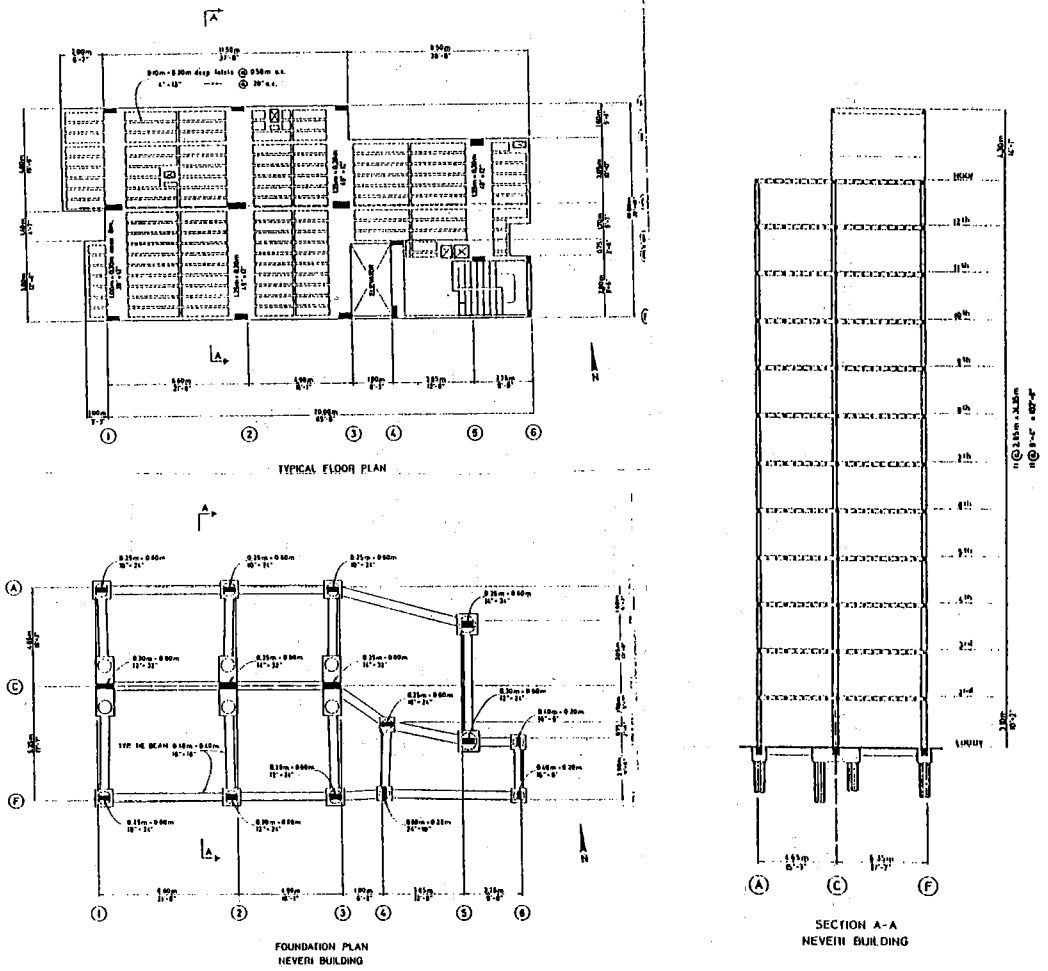
Fig. 30.  
TYPICAL FLOOR PLAN -  
MIJAGUAL BUILDING

Fig. 31.  
2nd FLOOR -  
MIJAGUAL BUILDING

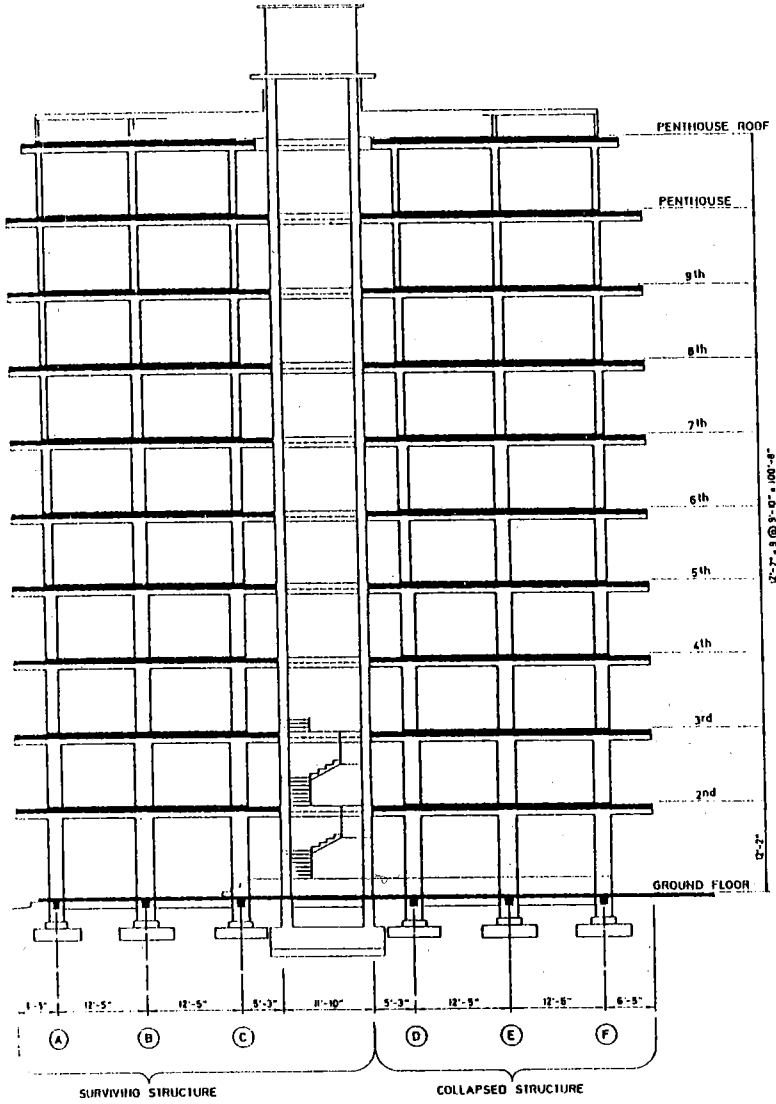
Şekil-7 Mijagual Binasının Plan ve Kesit Görünüşü



Şekil-9 Corvin Binasının Plan Görünüşleri



Şekil-8 Neveri Binasının Plan ve Kesit Görünüşü



SECTION A - A  
PALACE CORVIN BUILDING

Şekil-9 Corvin Binasının Kesit Görünüşü

San Jose: 10 katlı olan bu yapıda projesine göre döşemenin iki yönlü dişli kaset döşeme olması öngörülmüş iken yapı tek yönlü dişli asmolen döşemeli olarak yapılmıştır. Binanın ortasındaki asansör ve merdiven boşluğu çevresine yapılması öngörülen beton arme perde duvarlar da yapılmamıştır. Şekil-10.

Bu depremde yıkılan dört çok katlı yapının hepsinin tek yönlü dişli döşemeli ve tek yönde rijitliği az çerçevelerden oluşması dikkat çekicidir. yatay yükleri alacak çerçeve sisteminin yeterli oluşu ve perde duvar olmayışının sonucu yapılar iskambil kağıdından evler gibi bir yöne kayarak yıkılmışlardır. Bu açıdan bu yapılardaki yıkılma ve hasar, bu depremden tam bir hafta önce 22 Temmuz 1967'de Adapazarında olan ve yine 7 adet asmolen dişli döşemeli yapının yıkılma ve hasarından farklı değildir.

Bu depremde taşıyıcı sisteminde süreksizlikler olan, perdesiz çerçevesiz çok sayıda çok katlı yapıda önemli hasar gözlenmiştir.

Deprem çok katlı yapıların tasarımında önemli bazı noktaları vurgulamıştır:

1- Zemin katlarında dolgu duvarlarının bile bulunmaması yapının zemin katında ani bir rijitlik değişimi yaratmakta ve bunun sonuçları yapının yıkılmasına bile yol açmaktadır.

2- Çok katlı yapılarda devrilme momentleri özellikle zemin katlarda önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Genellikle kolon hesabında kolonun en büyük moment ve eksenel yüke göre tasarımı yapılmaktadır. Ancak deprem sırasında eksenel yük devrilme momentinden dolayı bir yönde artarken diğer yönde azalabilmekte ve sonuçta kolonda özellikle çok katlı yapıların dış aks kolonlarının da çok az eksenel basınç yükü hatta çekme olmakta ve bu durumda kolonun moment taşıma gücü azalmaktadır.



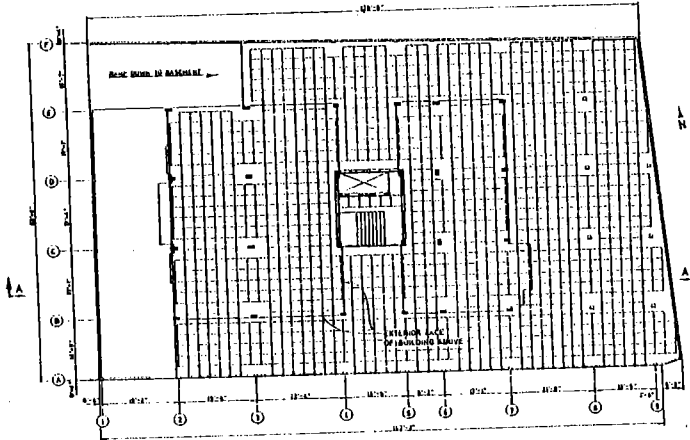


Fig. 57

1st FLOOR PLAN (LOBBY) -  
SAN JOSE BUILDING

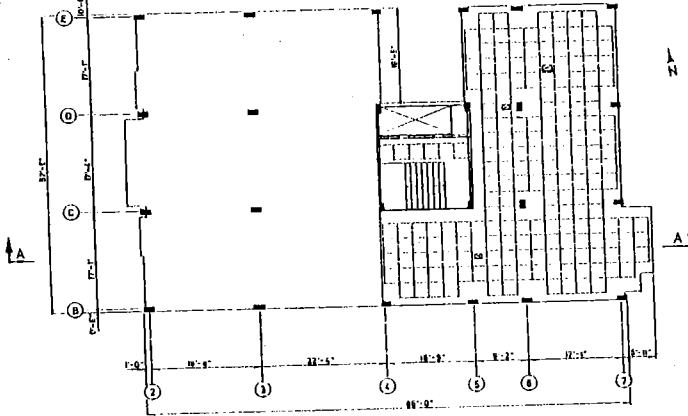


Fig. 58

2nd FLOOR PLAN -  
SAN JOSE BUILDING

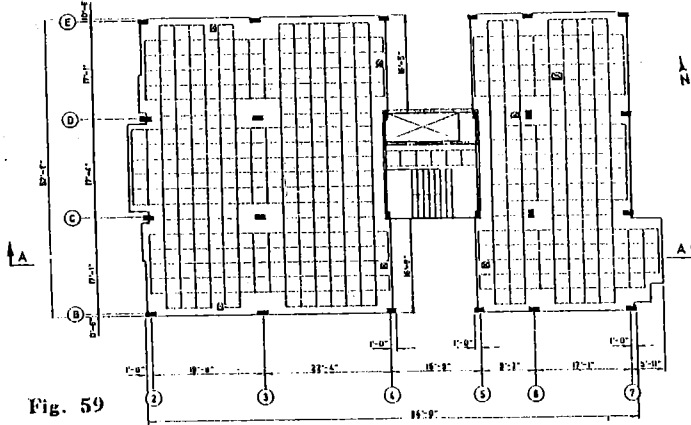


Fig. 59

TYPICAL FLOOR PLAN -  
SAN JOSE BUILDING

Şekil-10 San Jose Binasının Plan Görünüşü

3- Perde duvarlı yapılarda döşemeyi perde duvara bağlayan özel donatılara gerek vardır. Yoksa perde ile döşemeden perdeye kuvvet aktarılamamakta yada perde deki dönme döşeme ile perdenin birbirinden ayrılmasına yol açmaktadır. Böylece perdenin yatay yükleri taşıyıcı eleman olarak çalışması mümkün olmamaktadır.

4- Bu depremde de çok katlı yapılar uzak bir depremin uzun periyotlu yer hareketinden etkilenmişlerdir. Depremde yıkılan bu dört yapının bulunduğu bölgede rijit ve kısa periyotlu yapıların hasar görmemesi en azından bu bölgedeki yer hareketinin uzun periyotlu olduğunu göstermektedir.

### 3.3 1971 San Fernando Depremi (Gates 1973)

Bu depremde çok sayıda çok katlı yapıda deprem sırasında yapının ivmesi zemin, orta ve en üst katlarda kaydedilmiştir. Bu kayıtların değerlendirilmesi ile çok katlı yapıların deprem davranışları konusunda çok yararlı bilgiler toplanmıştır:

1- Alınan kayıtların değerlendirilmesinden matematik modelleme yöntemleri ve bilgisayarlı çözüm yolları ile yapıların deprem davranışları yeterli biçimde belirlenebilmiştir. Kullanılan analitik yöntemler tasarımda kullanılabilir.

2- Yaklaşık Modal Analiz Yöntemi ile yapının maksimum mukabelesinin hesaplanması da çoğunlukla yeterli güvenlikte sonuçlar vermektedir.

3- Çelik çok katlı yapılar için kuvvetli deprem ivme kayıtlarından hesaplanmış yapı periyotları Yönetmeliklerde verilen periyotların iki katı daha büyük olmuştur.

4- Bütün yapıların deprem sonrası çevrel titreşim periyotları deprem öncesi titreşim periyotlarından uzun olmuştur. Bu da yapılarda deprem sırasında kalıcı etkiler olduğunu göstermektedir.

5-Çok katlı yapıların en üst katlarında yada çatısında çok büyük düşey ivmeler oluşabilmektedir.

6-Depremde yapılarda oluşan yatay ötelemeler yönetmelik hesap yüklerine göre oluşması beklenen yatay ötelemelerin 2-4 katı daha büyük olmuştur.

7-Farklı boyutlardaki yapılar arasında bırakılacak derzler gerçek deprem ötelemeleri göz önüne alınarak bırakılmalıdır. Yoksa yapı bölümlerinin birbirine çarparak hasara yol açması kaçınılmazdır. Yapı içindeki eşyalar da katlara arasında olabilecek en büyük ar-dışık ötelemelere dayanabilecek biçimde tasarlanmalıdır. Aynı durum bölme duvarları içinde söz konusudur.

8- Kolonlar mutlaka elastik bölgede kalmalı mafsallaşma giriş uçlarında olmalıdır. Yoksa yapıda deprem sonucu düşey yüklerin taşınması problem olmaktadır

9- Bir deprem sonrasında yerinden çıkıp çevresine zarar verebilecek yada can kaybına yol açacak mekanik ve elektrik donanımı ve diğer taşıyıcı olmayan yapı elemanları için özellikle önlem alınmalıdır.

10-Çok katlı yapının çevresindeki alçak yapılara çarpmasını önleyecek önlemler alınmalıdır.

11- Yüksek modlardaki devrilme momentlerinin yapının devrilme momentini azaltacağı varsayımının doğru olmadığı gözlenmiştir.

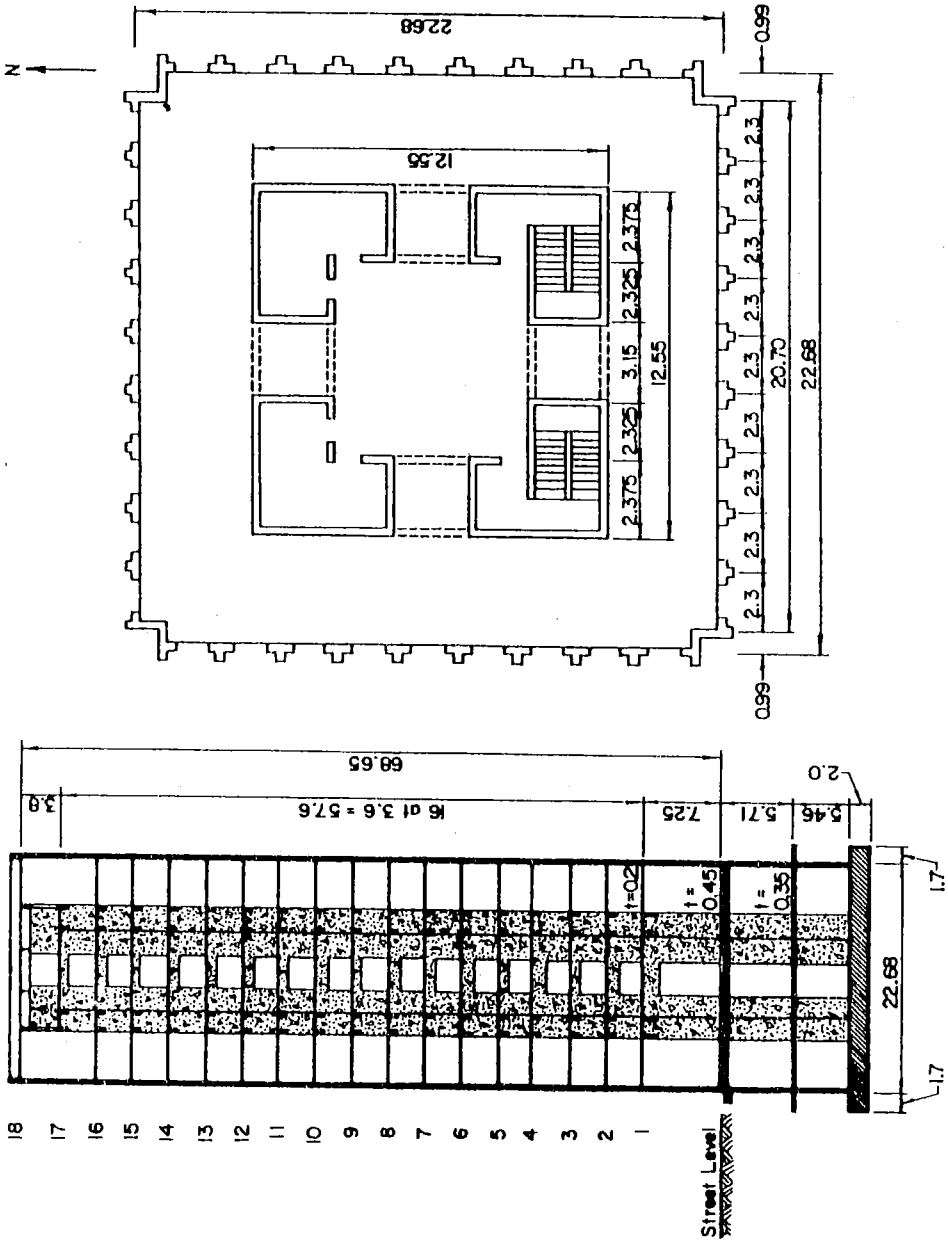
12- Özellikle köşe kolonları olmak üzere bütün kolonların tasarımını iki eksenli eğilme etkilerine göre yapılmalıdır.

13- Yükseklik/ Derinlik oranı 4'den büyük olan yapılarda yüksek modların etkileri önem kazandığından tasarımda dikkate alınmalıdır.

### 3.4 1972 Managua Depremi

Bu depremin çok katlı yapılar açısından en önemli özelliği Managua şehrinde depremin merkezinde bulunan biri betonarme çerçeve taşıyıcı sistemli diğeri ise perde duvar çekirdekli çerçeve sistemli iki çok katlı yapının deprem gördükleri hasarın farklılığı olmuştur. Perde duvarlı yapıda mimari ve taşıyıcı olmayan sistem hasarı çok sınırlı kalırken, çerçeve yapıda mimari ayrıntılar ve yapı içindeki eşyalar çok ağır hasar görmüştür. Perde duvarı da olan yapı depremden sonra çok minimum bir onarım ile kullanılabilen bir durumda iken salt çerçeve yapıda yapı bedelinin çok önemli bir miktarına ulaşan onarım gereği ortaya çıkmıştır. Çerçeve yapının taşıyıcı sisteminde bir hasar olmamasına karşın kullanım açısından çerçeve yapı ağır hasarlı olmuştur. Bu depremde çok katlı yapılar hemen depremin merkezinde yer almışlardır. Depremin magnitudü Richter ölçeğine göre 5.6 gibi oldukça küçük bir miktardadır. Depremde Managua'da ölçülen maksimum yer ivmesi 0.4 g civarında olmuştur. Depremin merkezinde alınan kuvvetli yer hareketi kaydında hakim periyotların 0.0-0.5 saniye bölgesinde olduğu, çok katlı yapıların periyot bölgesinde ise yer hareketinin genliğinin çok büyük olmadığı anlaşılmaktadır.

Perde Duvarlı Yapı:1965-1967 yılları arasında yapılmış 18 katlı betonarme Banco de America binasının plan ve kesit görünüşü Şekil-11'de verilmektedir(Sözen ve Shibata 1973). Binada deprem hasarı perde duvarları birbirine bağlayan bağ kirişlerinde kılcal çatlaklar oluşması ile sınırlı kalmıştır(Selna ve Cho 1973). Betonarme perde duvarlar depremin yanal hareketinin tümünü almış bazı perde duvarlarda katlar arasında hafif kılcal x-çatlakları görülmüştür. Bu arada bazı katlarda döşeme ile perde duvarın birleşim yerlerinde döşemede hafif çatlaklar gözlenmiştir. Kısaca yapının taşıyıcı perdelerinde önemli hasar olmamıştır(Selna and cho 1973). Yapının kat yatay kesme kuvveti kapasite katsayısı ile

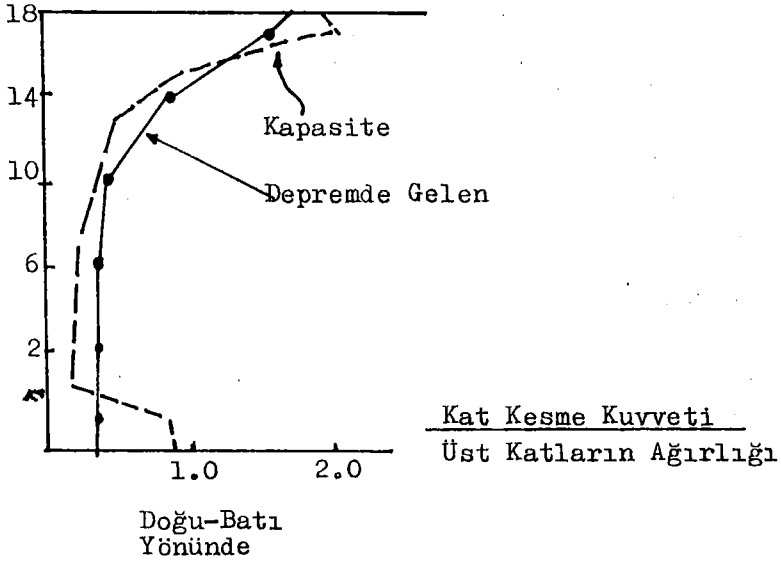
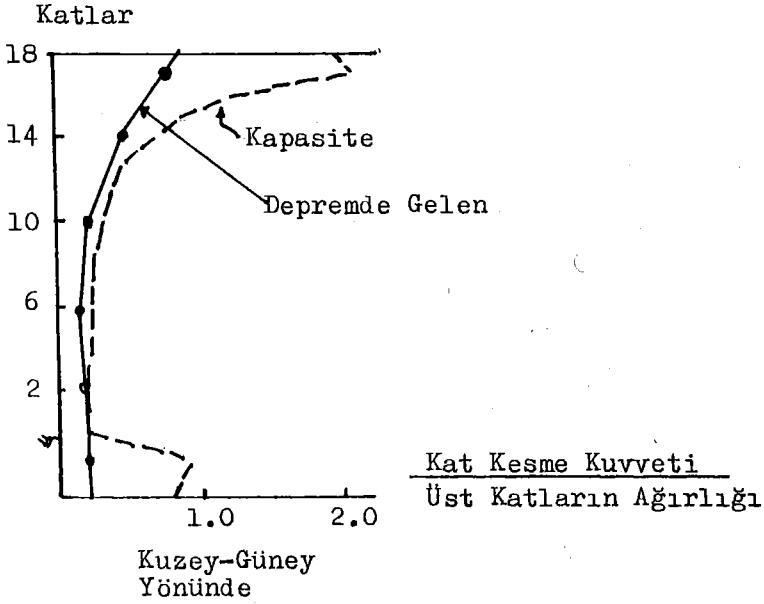


Şekil-11 Banco de America Binasının Düşey Kesidi ve Plan Görünüşü

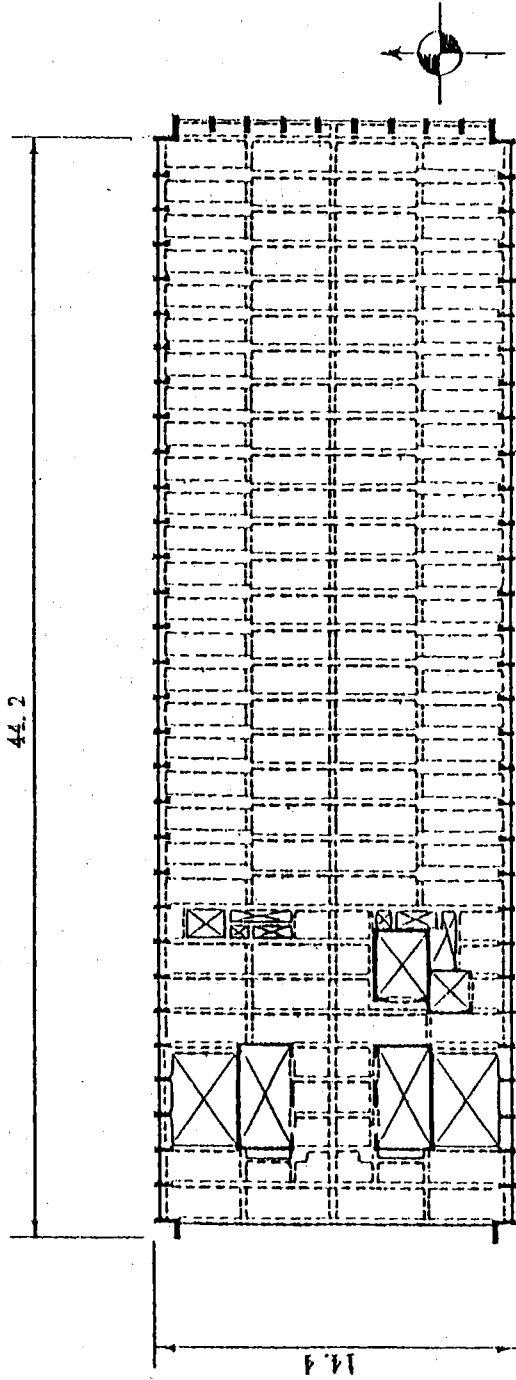
depremde gelen yatay kuvvet katsayısı birbirine yakın olmuştur. Bu depremde yapıya gelen maksimum deprem yatay yük katsayısı 0.48 g kadar olmuştur. Şekil-12.

Çerçevesiz Yapı: Perde duvarlı yapının hemen yanında yer alan Banco Central Binası 15 katlıdır 1962-1964 yıllarında yapılmıştır. Şekil-13'de yapının plan görünüşü verilmektedir. Yapının cephe-  
sindeki narin kolonların hepsinin alt ve üst uçlarında çatlaklar oluşmuştur. Bu kolonların uçlarında plastik mafsallaşma başlamıştır. Kolonlar arasındaki tuğla bölmeler çatlamıştır. Asansör boşluğu kenarındaki döşemeler ile asansör perde duvarları arasında çatlaklar oluşmuş. Asansör boşluklarını bağlayan bağ kirişlerinde kırılmalar olmuş, ayrıca kesme kırılmaları ve devrilme momenti hasarı belirtileri gözlenmiştir(Wylie 1973). Banco Central binasında yatay yüklerin esnek olan çerçeveler atarafından alınması öngörülmesine rağmen asansör boşluğu çevresindeki perde duvarlarında gelen yatay yüklerin yaklaşık % 35'ini aldığı sanılmaktadır. Bina da daha çok doğu-batı yönünde kuvvetli sallanma olmuştur. Yapıda çok önemli boyutta mimari ve taşıyıcı olmayan aksam hasarı olmuştur. Asma tavanlar, bölme duvarları bütün yapı yüksekliği boyunca düşmüş devrilmiş ve yıkılmıştır. Merdiven boşluklarının çevrelerindeki asmolen dolgu duvarları yıkılmış ve merdivenlerden geçmek olanaksızlaşmıştır. Bankanın müşterilere açık geniş salonunun asma tavanı tümü ile yıkılmıştır. Depremin çalışma saatleri dışında olması nedeni ile binanın boş oluşu yıkılan ve devrilen şeylerin insanlara zarar vermesine ve de yapı içinde panik olmasına yol açılmamıştır. Yapının çerçevesiz taşıyıcı sistemli olmasından dolayı çok esnek oluşu yapı içindeki eşyaların ve taşıyıcı olmayan bölümlerin ciddi hasarına yol açmıştır.

Bu depremde birbirine çok yakın iki çok katlı yapıdan perde duvarı olanda hasarın salt çerçevesiz yapıya göre çok az olması yapı içindeki eşyaların korunması için çok katlı yapıların daha rijit olan perde duvarlı olarak yapılması ve yapının yanıl ötelemelerinin



Şekil-12 Banço America Binasının Kat Kesme Kuvveti Katsayıları 28



Şekil-13 Banco Central Binasının Plan Görünüşü



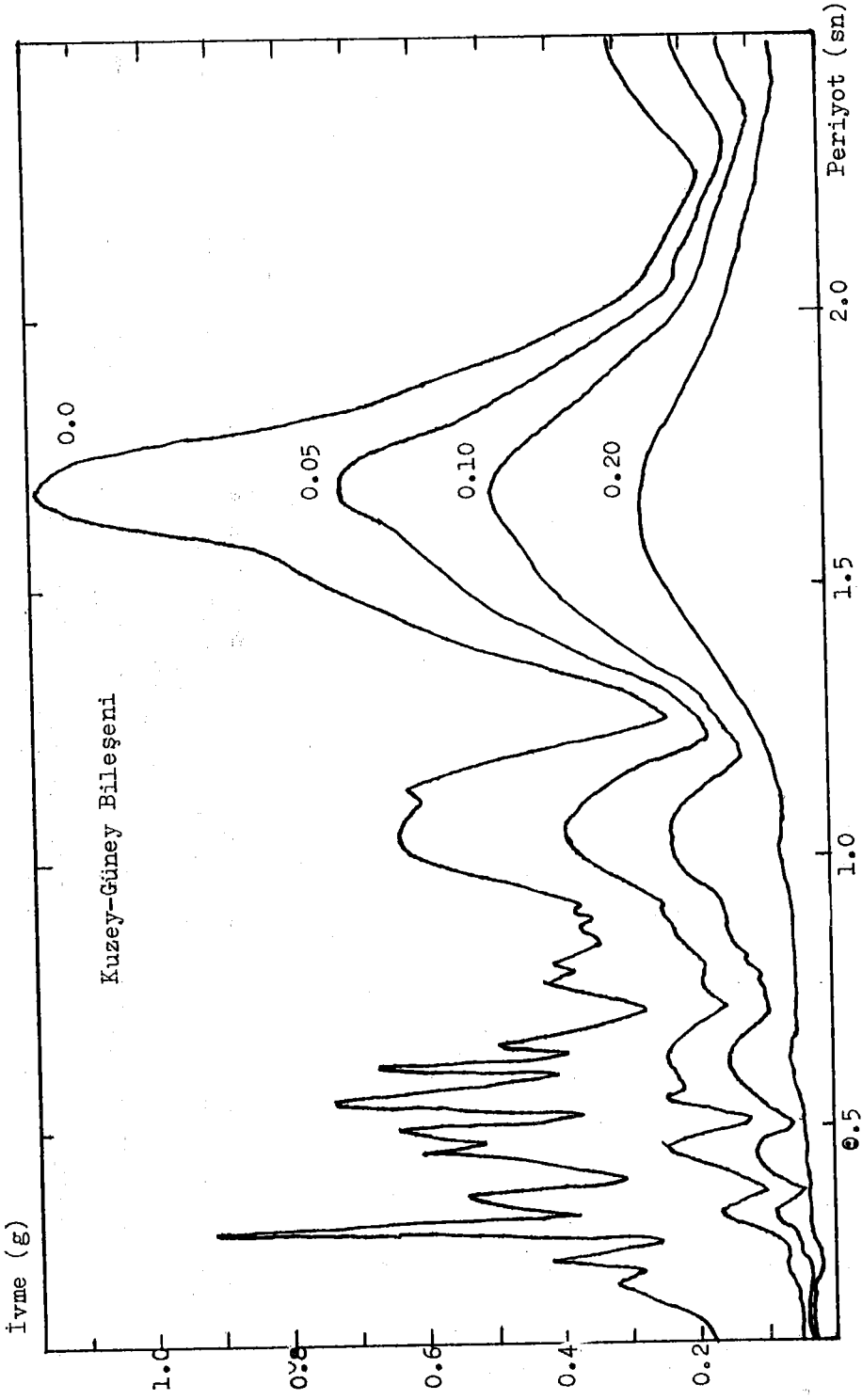
sınırlanarak yapı içindeki eşyanın korunması gereği ortaya çıkmış ve perde duvarlar ile bunun sağlanabileceği anlaşılmıştır. Çok katlı yapıların mutlaka perde duvarlı yada perde duvarlı çerçeve olarak yapılması gereği bu depremden sonra tartışılmaz olmuştur(Berg 1973)

### 3.5 1977 Vrança Depremi

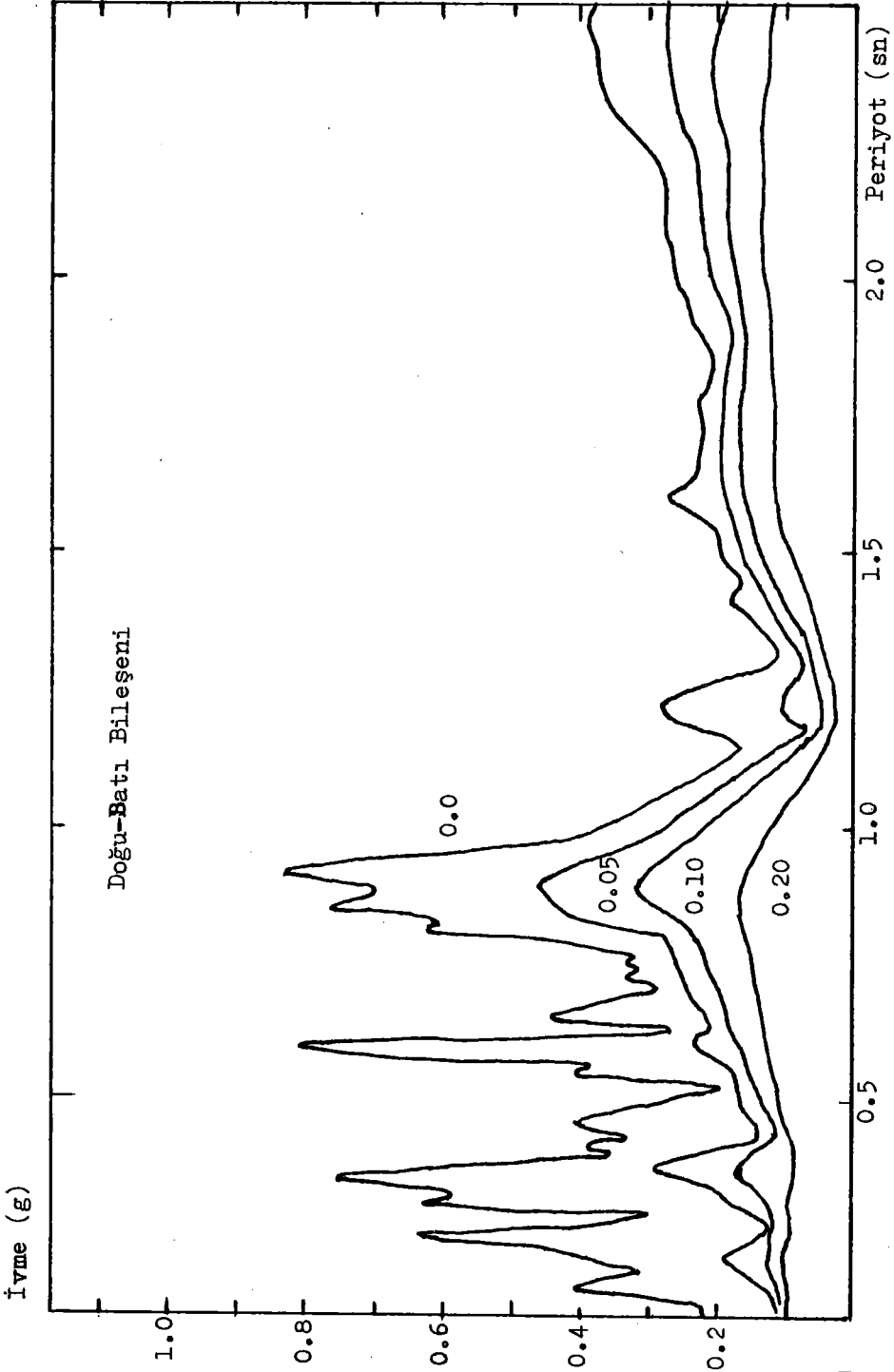
Richter ölçeğine göre magnitudü 7.2 olan bu depremin merkezinden 160 km kadar güneybatıda yer alan Bükreş kentinde özellikle yüksek yapılarda hasar olmuştur. Depremin çok derin odaklı olması (110 km) deprem dalgalarının enerjisinden fazla kaybetmeden çok uzaklardan hissedilmesine yol açmıştır (Tezcan ve Diğerleri 1977). Depremin kuvvetli yer hareketi Bükreş'de kaydedilmiştir. Bu kayıttan Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Düşey bileşenlerinde hesaplanmış mukabele spektrumları (Tezcan ve Diğerleri 1977) Şekil-14,15 vel6 da verilmektedir. Buradan görüleceği gibi harekette uzun periyotlar hakimdir. Bükreş'in yerel zemin yapısı oldukça yumuşak olduğu, genellikle lös, kumlu killi tam sıkışmamış birikintilerden oluştuğu ve bunun sonucunda da zeminde uzun periyotlu deprem hareketlerinin daha da büyütüldüğü görülmektedir. Bu açıdan Bükreş'de depremin yer hareketi hem uzak deprem olduğu için uzun periyotlu olmuş ve bu hareket esnek olan yüzey tabakaları tarafından daha da büyütüldüğü için uzun periyotlu yapıları, çok katlı, daha çok etkileyecek bir deprem yer hareketi oluşmuştur. Bunun sonucu alçak, masif ve ağır olan yığma kargir yapılarda hasar çok az olmuştur. Buna karşılık çeşitli zamanlarda yapılmış çok katlı betonarme yapılarda daha fazla hasar ve yıkım olmuştur.

Depremin hasarını yerinde inceleyen Tezcan ve Diğerleri (1977)'nin vardıkları sonuçlardan çok katlı yapılar için geçerli olanlar kısaca aşağıdaki gibidir:

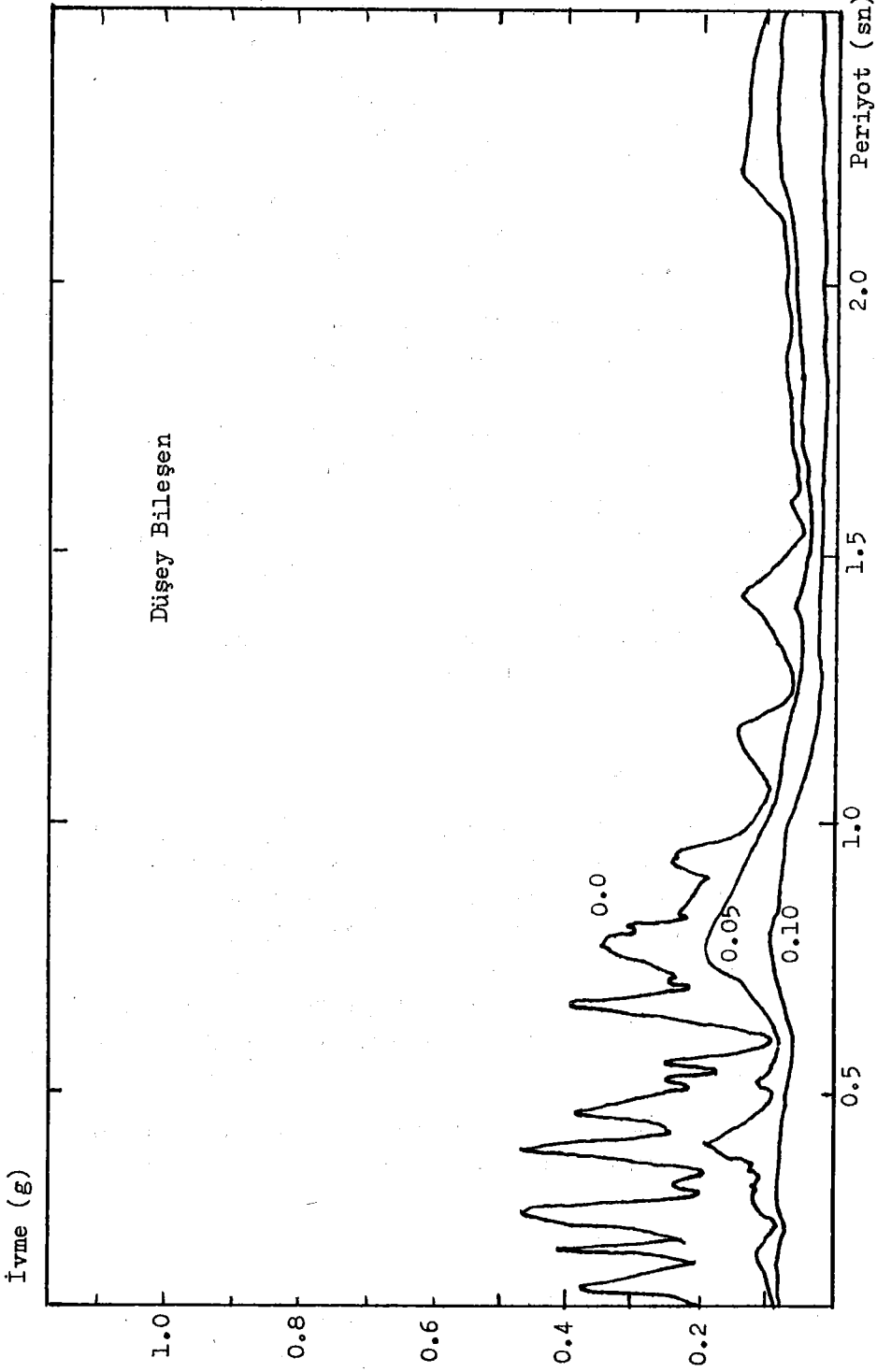
1- Deprem İnci mod titreşim periyotları 1.0-1.5 saniye civarında olan yüksek, narin yada esnek yapılarda daha etkili olmuştur ki bunlar genellikle çok katlı yapılardır. Bu sınıfa giren ve de



Şekil-14 4 Mart 1977 Vrancea Depremi Kuzey-Güney Bileşeni İvme Spektrumu (Tezcan ve Diğerleri 1977)



Şekil-15 4 Mart 1977 Vrança Depremi Doğu-Batı Bileşeni İvme Spektrumu (Tezcan ve Diğerleri 1977)



Şekil-16 4 Mart 1977 Vrança Depremi Düsey Bileşeni İvme Spektrumu (Tezcan ve Diğerleri 1977)

çeşitli zayıflıkları olan yapılarda hasar ağır olmuş bazıları yıkılmıştır.

2- Hasar gören modern yerinde dökme betonarme çok katlı yapılarda lnci mod titreşim periyotları ile deprem yer hareketinin hakim periyotları birbirine çok yakın olmuş bu da hasarı artırmıştır. Kötü beton kalitesi ve hatalı donatı yerleştirme hasarın belli diğer nedenleridir. Bu arada üst katlardan zemin kata geçişte ani rijitlik azalmaları olan yapılarda da hasar fazla olmuştur.

3- Bükreş'de önemli sayıda çok katlı panolu prefabrike yapı bu depremin deneyiminden geçmiştir. 9-11 katlı betonarme panolu bu yapılar deprem sırasında çok iyi davranmışlardır. Panoların yatay ve düşey derzlerinde hafif çatlaklardan başka hasar olmamıştır. Ancak bu yapıların oldukça rijit oluşları onların periyotları bakımından depremin ivme mukabele spektrumunun en kritik bölgele-  
rinin dışında kaldıkları depremden daha az etkilenmelerine yardım ettiği düşünülmelidir. Bir başka deyişle bu yapıların dinamik özellikleri ve deprem yer hareketinin dinamik özelliklerinin farklı oluşu yapıların fazla zorlanmadıklarını göstermektedir. Bükreş'deki prefabrike yapılar için bu deprem ciddi bir deneyim olarak ele alınmamalıdır.

### 3.6 1985 Meksiko City Depremi

Richter ölçeğine göre 8.1 büyüklüğünde olan bu depremin merkezinden 350 km uzakta olan Meksiko City'deki çok katlı yapılarda büyük hasar ve yıkım olmuştur. Bu hasarda yine kentin üzerinde yer aldığı zeminin yapısı ile çok katlı yapıların dinamik özellikleri ve depremin uzak deprem oluşu etkili olmuştur. Bütün bu faktörlere yapılardaki taşıyıcı sistem, yapım ve tasarım kusurları eklence çok sayıda çok katlı yapı yıkılmış ve onbinlere ulaşan can kaybı olmuştur.

Meksiko City'nin zemin yapısı: Meksiko şehri eskibir göl yatağı birikintisi üzerinde kurulmuştur. Bu açıdan şehir üç bölgeye ayrıl-

maktadır: Eski göl yatağı, tepelik bölge ve bu iki bölgenin arasındaki geçiş bölgesi (Şekil-17) Tepe bölgesinde en sıkı zeminler yer almaktadır. Depremde yıkılan yapıların hemen hepsi eski göl yatağı üzerindedir (Anders n ve Diğerleri 1986). Göl yatağında çok yumuşak bir kil tabakası vardır ve bu tabakanın üst 30-40 metrelik bölümünde su oranı çok yüksektir. Bu zemin üzerine yapılmış yapılarda büyük oturmalar olmaktadır. Göl yatağı üzerinde alınan ivme kayıtlarında süre 5 dakikadır ve hakim periyot çok uzundur.

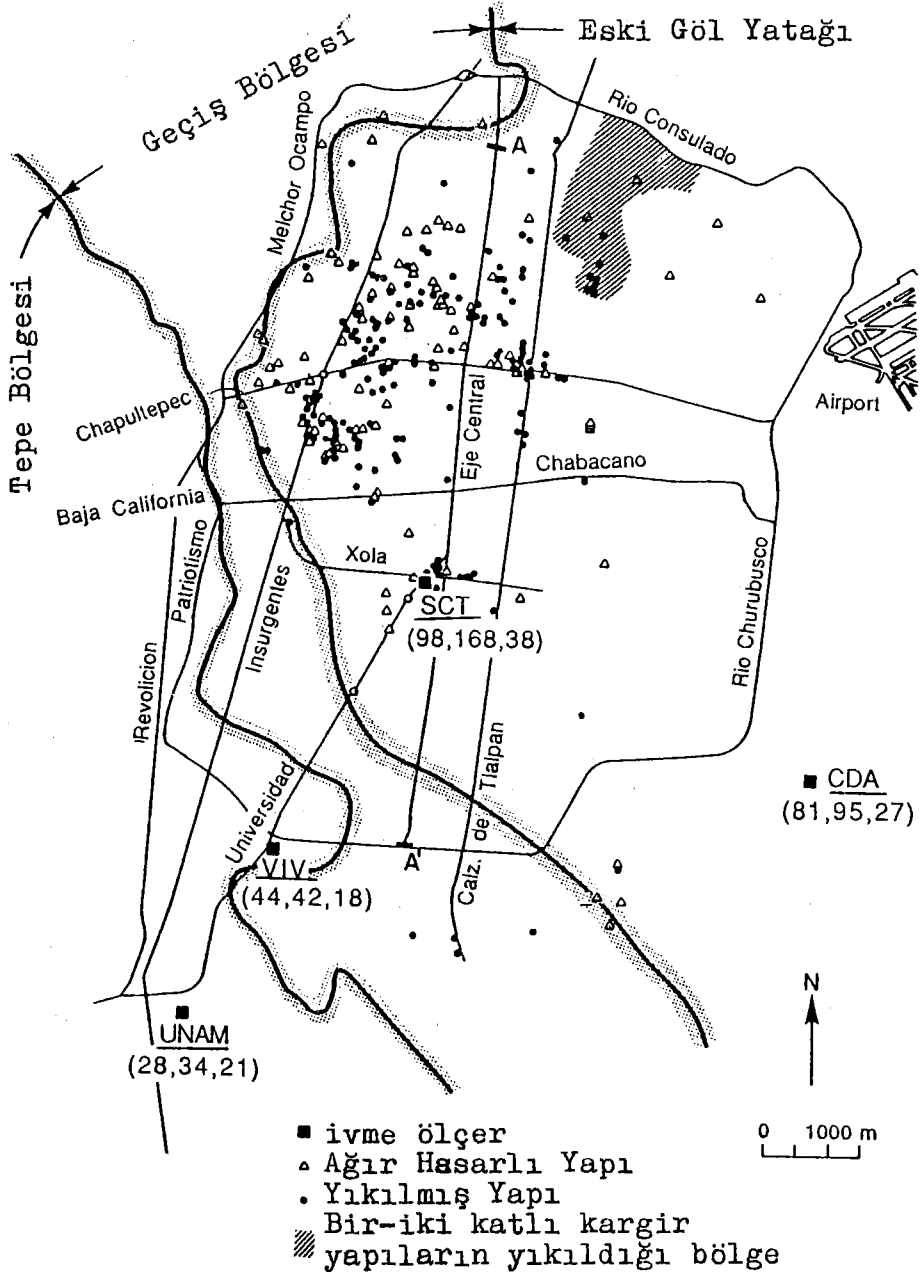
Şekil-18 şehrin çeşitli yerlerinde alınmış kuvvetli yer hareketi ivme kayıtları verilmektedir. Buradan görüleceği gibi yer hareketinin periyodu özellikle yumuşak zeminler üzerinde çok uzundur.

Şekil-19'da Meksiko şehri için kuvvetli deprem yer hareketi kaydı alınan noktalarda deprem hesap katsayısı ve 1985 depreminin mukabele spektrumları verilmektedir. Yumuşak zemin dışındaki bölgelerde deprem katsayısı oluşan hareketin mukabele spektrumu değerinin altında iken, yumuşak zeminde oluşan hareketin genliği özellikle 1.0-2.0 saniye periyot bölgesinde proje katsayısının 5 katı kadar büyüktür.

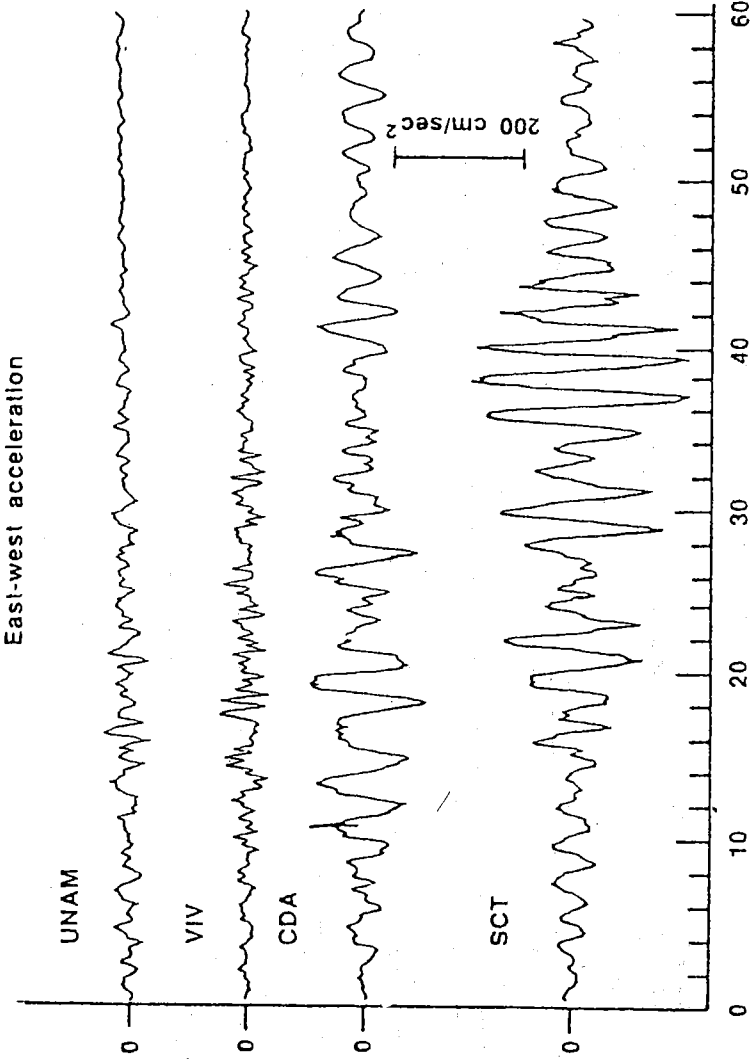
Meksiko şehrinde yıkılan ve ağır hasar gören yapıların tablosuna bakılınca (Fairweather 1986) bu tür yapıların 6-10 kat arasında olduğu görülmektedir. Bu durum periyodu deprem yer hareketinin periyoduna yakın olan yapılarda deprem daha yıkıcı olmuştur.

Depremde çok sayıda yapının üst katlarında hasar olmuştur. Ayrıca yine birbirine şiddetle çarpan yapılar hasar görmüşlerdir. Bu tür hasarın nedeni çok yumuşak zemini olan Meksiko'daki yüksek yapıların tabanında önemli ölçüde dönme oluşmuş olmasıdır (Rosenblueth 1986)

Kirişsiz döşemeli yapılarda da hasar büyük olmuştur. Kolon-döşeme bağlantısında düktilitenin zayıf oluşu ve depremin uzun sürmesi sonucu birbirini izleyen elastik limitlerin çok ötesinde çekme-basıncı devresel yüklemelerin çok sayıda olması sonucu ek ve bağ-



Şekil-17 Meksiko Şehrinin Zemin Bölgeleri, Hasar Dağılımı ve İvme Ölçülen Noktalar

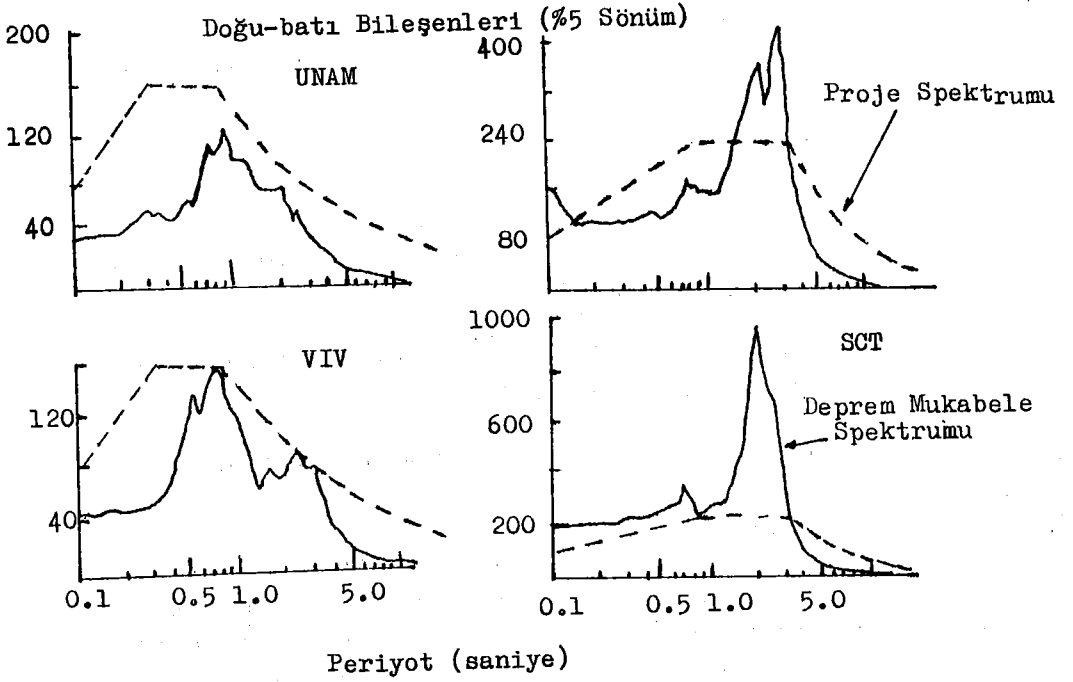


Şekil-18 Meksiko Şehrinin Çeşitli Yerlerinden  
Alınmış Deprem Kayıtları



Meksiko Depreminde Hasar Gören Yapıların  
Değerliliği

Yapı Tipi	Hasar Durumu	Yapıldığı Yıl		1976 →	≤ 5	Kat Sayısı			Yıkık ve Ağır Hasar
		← 1957	1957-76			6-10	11-15	> 15	
Betonarme	Yıkık	35	59	13	36	62	9	0	107
Çerçeve	Ağır	9	19	7	8	23	4	1	36
Çelik	Yıkık	5	4	0	4	2	1	2	9
Çerçeve	Ağır	1	0	0	0	0	1	0	1
Kirişsiz	Yıkık	3	35	12	23	23	4	0	50
Döşeme	Ağır	5	20	11	9	18	8	0	35
Kargir	Yıkık	7	4	1	10	2	0	0	12
	Ağır	2	3	0	4	1	0	0	5
Diğer	Yıkık	0	1	1	1	1	0	0	2
	Ağır	2	4	2	6	2	0	0	8
<b>Toplam</b>	<b>Yıkık ve Ağır</b>	<b>69</b>	<b>149</b>	<b>47</b>	<b>101</b>	<b>134</b>	<b>27</b>	<b>3</b>	<b>265</b>



Şekil-19 Meksiko'da Alınmış Kayıtlardan Hesaplanmış Mukabele Spektrumlarının Proje Spektrumları ile Karşılaştırılması (Anderson ve Diğerleri (1986))

lantı yerleri hızla düşük devirli yorulma ile taşıma güçlerini yitirerek yıkılmaya yol açmışlardır (Rosenblueth 1986).

Meksiko depremi çok uzakta olan depremin yarattığı uzun periyotlu yer hareketinin yine çok uzun periyotlu hareketleri büyüten yumuşak zeminlerde bulunan uzun periyotlu yapıların üzerinde etkili olması sonucu büyük hasara yol açmıştır. Bu açıdan Meksiko depremi çok katlı yapılar için şimdiye kadar benzeri olmayan bir deprem değildir. Benzer durum 1977'de Bükreş'de de oluşmuştur. Ancak Meksiko'nun 18 milyon civarındaki nüfusu ve Bükreş'e göre daha yoğun olan yapılaşması, özellikle çok katlı yapılar bakımından, daha etkili olmuştur.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çok katlı yapıların deprem davranışları üzerine şimdiye kadar edinilmiş deneyimler şöyle sıralanabilir:

1-Uzakta olan şiddetli depremler yumuşak dolgu zeminler üzerinde yapılmış çok katlı yapılar için kritik olmaktadır.

2-Çok katlı yapılarda perde duvarlı sistemler yatay yüklere karşı hem yapının hemde yapı içindeki eşyaların korunması bakımından çok etkili olmaktadır.

3-Boşluklu perde duvarlı yapılarda perdeleri birbirine bağlayan bağ kirişleri mafsallaşarak depremin enerjisini tüketebilmekte ve yapıların depremlerden fazla zarar görmeden çıkmasını sağlamaktadır.

4-Yapıların dinamik özellikleri (periyot ve sönüm) deprem sırasında önemli ölçüde değişmektedir. Yapının deprem sırasında bir miktar hasar görerek periyodunun uzaması onu yer hareketinin periyot açısından kritik bölgesine yaklaştırabileceği gibi dışına da çıkarabilmektedir. Depremden önce ve sonra yapılacak periyot

ölçümleri ile yapının depremden etkilenme derecesi belirlenebilmektedir.

5-Yumuşak zeminler üzerinde olan çok katlı yapılarda zemin-Yapı karşılıklı etkileşmesi önemlidir ve tasarımda mutlaka dikkate alınmalıdır.

6-Çok katlı yapılarda yapı yüksekliği ve planda rijitliklerin uyumlu bir biçimde dağılması, ani rijitlik azalmalarının olmaması deprem açısından çok önemlidir. Özellikle çok katlı yapıların zemin katlarında ani rijitlik azalmaları 'esnek zemin kat' olayı denilen ve bütün etkilerin en ağır biçimde zemin kat oluşmasına yol açan davranışa ve yıkılmaya yol açmaktadır. Perde duvarların zemin katta kolonlara taşıtılması gibi rijitlik azalmaları kritik olurken, dolgu duvarları gibi taşıyıcı olmayan bölümlerin bile zemin kat da yapılmaması 'esnek zemin kat' olayına yol açabilmektedir.

7-Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 3 ve 4 ncü Bölge olarak belirtilen yerlerde uzakta olan şiddetli depremlerin etkisi beklenmektedir. Buralarda yapılacak çok katlı yapının zemin durumuna göre 200-300 km uzakta olacak şiddetli depremin yer hareketinden etkilenebileceği özellikle yumuşak zeminlerde bu hareketin uzun periyotlu yapılar için daha büyük olacağı düşünülerek deprem yatay yük katsayısının seçiminde daha emniyetli olunmalıdır.

#### KAYNAKLAR

Anderson, J.G., and Others (1986) "Strong Ground Motion From the Michoacan Mexico Earthquake" Science Vol 233. Sept. 5 pp 1043-1049

Aytun, A. (1972) "Yapıların Doğal Titreşim Periyotlarının Deneysel Yolla Çözümü" Türkiye de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, 2-5 Şubat, ODTÜ, Ankara

Berg, G.V., and Degenkolb, H.J. (1973) "Engineering Lessons from the Managua Earthquake" Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972, EERI Conference Proceedings, Vol. II pp 746-767

- Erdik, M., Bayülke, N., Başaran, C., ve Güler, F. (1985) "Sabancı Yurt Binası Dinamik Denevleri" Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi ODTÜ-Ankara
- Ergünay, O., Bayülke, N., ve Gencoğlu, S. (1974) "1 Şubat 1974 İzmir Depremi Raporu" İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara
- Fairweather, V. (1986) "Rebuilding Mexico City" Civil Engineering January, pp 36-37
- Hanson, R.D., and Degenkolb, H.J., (1969) "The Venezuela Earthquake July 29, 1967" American Iron and Steel Institute.
- Hayashi, S. and Others (1970) "Acceleration Response Spectra on Various Site Conditions" Proc. of the 3rd Japan Earthquake Engineering Symposium
- Mulhern, M.R., and Maley, R.P. (1973) "Building Period Measurements Before, During and After the San Fernando Earthquake" The San Fernando California Earthquake of February 9, 1971 Vol. 1 Part B pp 725-734, US Department of Commerce
- Rosenblueth, E. (1986) "The Mexican Earthquake: A First Hand Report" Civil Engineering January, pp 38-40
- Seed, H.B., Idriss, I.M., and Kiefer, F.W. (1969) "Characteristics of Rock Motions During Earthquakes" Journal Soil Mech. and Foundation Division ASCE 95, No SM5 Sept. pp 1199-1218
- Seed, H.B., Ugas, C., and Lysmer, J. (1974) "Site Dependant Spectra for Earthquake Resistant Design" Report No EERC 74-12, Earthquake Engineering Research Center, U. of California, Berkeley
- Selna, L.G., and Cho, W.D. (1973) "Banco de America, Managua A High-Rise Shear Wall Building Withstands a Strong Earthquake" Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972, EERI Conference Proceedings Vol. II pp 551-570
- Sözen, M.A., and Shibata, A. (1973) "An Evaluation of the Performance of the Banco de America Building Managua, Nicaragua" Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972, EERI Conference Proc. Vol. II pp 529-550
- Steinbrugge, K.V. (1970) "Earthquake Damage and Structural Performance in the United States" Earthquake Engineering by R.L. Wiegel, Coordinating Editor, Prentice-Hall, pp 167-226
- Tezcan, S.S., Yerlici, V. ve Durgunoğlu, H.T. (1977) "Romanian Earthquake of March 4, 1977" Internal Report No. 77-12E, Boğaziçi University Earthquake Engineering Research Institute, İstanbul
- Wyllie, L.A., Jr. (1973) "Performance of the Banco Central Building" Managua, Nicaragua Earthquake of December 23, 1972, EERI Conference Proceedings Vol. II pp 571-585

## BATI TÜRKİYE'DE KABUK VE ÜST MANTO YAPISININ ARAŞTIRILMASI

\*Doğan KALAFAT,\*Cemil GÜRBÜZ,\*S.Balamir ÜÇER

ABSTRACT: The structure of the crust and upper mantle in the West of Turkey were investigated using travel times obtained from Kandilli Observatory's conventional seismic stations. Layer thicknesses and seismic velocities were found by constructing travel time-distance graphs from earthquake data obtained at epicentral distances between 0 and 1100 km. The velocity of the sedimentary layer was constrained by near earthquake recordings and data previously obtained from geophysical prospecting studies. P-wave velocities from the top of the crust down to the upper-mantle discontinuity were found in the ranges 4.5, 5.9-6.1, 7.7-8.0 and 8.3-8.7 km/sec for each of the various layers. The thickness of the sedimentary layer varies between 3.8 and 6.6 km., the total thickness of the crust between 29 and 32 km. and the depth to the upper-mantle discontinuity between 69 and 89 km. beneath the West of Turkey.

Pn-velocities beneath stations in the west and southwest of Western Turkey are low compared to other parts of the region but, by contrast, upper-mantle P-wave velocities beneath these same stations are higher than those elsewhere. The depth to the upper mantle discontinuity is less in the central part of Western Turkey than in the surrounding area. We suggest that there is an ascending block there and that this is the cause of tectonic movements in the region.

ÖZET: Batı Türkiye'de yerleşik olarak kurulan deprem istasyonlarından elde edilen seyahat zamanları yardımıyla kabuk ve üst mantonun yapısı araştırılmıştır. 0 ile 1100 km. uzaklıklar arasındaki deprem verilerinden seyahat zamanı-uzaklık grafikleri oluşturularak tabaka kalınlıkları ve hızları bulunmuştur. Tortul tabakanın hızı,yakın deprem verileri ve diğer jeofizik çalışmaların sonuçlarından elde edilmiştir. Tortul tabakadan üst mantodaki süreksizliğe kadar bulunan P dalga hızları; 4.5, 5.9 ile 6.1, 7.7 ile 8.0 ve 8.3 ile 8.7 km/sn arasında bir değişim göstermektedir. Tortul tabakanın kalınlığı 3.8 ile 6.6 km., toplam kabuk kalınlığı 29 ile 32 km. ve üst mantodaki süreksizliğe olan derinlik 69 ile 89 km. arasında değişmektedir.

Batı ve Güneybatı Ege Bölgesindeki istasyonların altında Pn dalga hızları, diğer bölgelere kıyasla düşüktür. Aynı bölgede üst mantodaki süreksizliğe ait olan hızlarda da bir yükselme gözlenmektedir. Üst mantodaki süreksizliğe ait derinlik, İç Ege Bölgesinde çevresine göre küçüktür. Burada yükselen bir blok vardır ve tektonik olaylara neden olmaktadır.

---

\*B.Ü. Kandilli Rasathanesi, Gök ve Yer Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Yer Bilimleri Servisi

\*B.Ü. Kandilli Rasathanesi, Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik Anabilim Dalı

## 1. GİRİŞ

Yer kabuğu yapısının belirlenmesi için gravite, manyetik, elektromanyetik, manyetotellurik, ısı akısı ve sismik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı sismik yöntemlerdir. Yer içinin heterojen ve anizotrop oluşu deprem dalgalarının buralarda farklı hızlarla yayılmalarına, dolayısıyla peryot ve genliklerinin değişmesine yol açmaktadır. Bu deprem dalgaları yerin çeşitli derinliklerinden bilgi edinmemize yardımcı olmaktadır.

Yer kabuğu içersindeki sismik dalgaların yayınımları ile ilgili ilk bilimsel bulguyu Mohorovicic (1919)'den edinmekteyiz. Yugoslavya'da Zagrep yakınlarında meydana gelen bir depremin sismogramlarını inceleyen Mohorovicic, hızları farklı olan iki P ve S fazının varlığını tespit etmiştir. Yakın mesafeden gelen depremlerde daha düşük hıza sahip Pg, Sg fazlarının yerini, daha uzak mesafelerden gelen depremlerde daha yüksek hıza sahip olan Pn ve Sn dalgaları almaktadır. Kabuğun alt sınırı olarak tanımlanan yerde hız süreksizliğinin olduğu, Mohorovicic tarafından tespit edilmiştir. Bu sınıra MOHO SINIRI adı verilmiştir. Ayrıca 1923'de Avusturya'da Tanern Bölgesi'nde meydana gelen deprem kayıtlarında Conrad (1924) bilinen iki P fazının arasında bir üçüncü P fazının varlığı tespit etmiştir. Bu fazın Moho süreksizliği ile yer yüzeyi arasındaki süreksizlik bölgesinden ileri geldiğini ifade etmiştir ve genellikle Pb ve Sb olarak tanımlanmıştır. Granit tabakası ile bazalt tabakası arasındaki geçiş zonuna da CONRAD SINIRI denilmiştir. Gutenberg(1955) ve Byerly(1956), Pg ve Sg hızlarının farklı bölgelerde değişik hızlara sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Yer kabuğu içersinde P dalgalarının uzaklığa bağlı olarak yayınımlarını gösteren seyahat zamanı-uzaklık ilişkisi ile ilgili olmak üzere günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından değişik yöntemler kullanılarak bazı sonuçlara varılmıştır.

Yurdumuzda, Anadolu ve yakın çevresi içinde benzer çalışmalar yapılmıştır. Türkiye'de yer kabuğu çalışmaları ile ilk etüdü Canitez(1962) yapmıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'na (KAFZ) kuzey-güney doğrultusunda faya dik kesitlerde yapmış olduğu jeofizik ölçümler sonucu, fayın kuzeyinde yer kabuğunun ince, güneyinde daha kalın olduğunu saptamış ve Anadolu Yarımadası'nda yer kabuğunun ortalama kalınlığını 31 km. olarak hesaplamıştır. Taner (1962) Yunanistan, Ege ve Türkiye'nin batı kıyılarını inceleyerek kabuk içindeki P hızını 5.8 km/sn, kabuk altındaki hızı 8.2 km/sn, toplam kabuk kalınlığını 35 km. olarak vermiştir. Öcal (1963) uzun peryotlu sismograf kayıtlardan Love ve Rayleigh dalgalarının dispersiyon özelliğinden faydalanarak kabuk kalınlığının Doğu Anadolu'dan Ege'ye doğru incelendiğini ifade etmiştir. Canitez(1969) yüzey dalgalarının dispersiyon özelliğinden faydalanarak Anadolu ve Ege için yer kabuğu yapısı ve P dalgalarının hızlarını saptamıştır. Canitez(1975) yüzey dalgalarının dispersiyon özelliklerinden ve gravite verilerinden faydalanarak ortalama kabuk kalınlığını 30 km., Kuzey Ege Denizi için en üst manto hızını da 8.08 km/sn olarak vermiştir. Tezcan (1977) Türkiye'de yaptığı jeotermal etüdlere ısı akısının bölgeden bölgeye değiştiğini saptamıştır. Crampin ve Üçer (1975) Marmara bölgesinin sismik etkinliğini incelerken kabuk kalınlığını 18-24 km., Pn hızını da 8.1 km/sn bulmuşlardır. Kenar (1977) İstanbul ve civarında P dalgalarının genlik spektrumlarından yararlanarak yer kabuğunun, 4 km. tortul, 7-10 km. granitik, 14-16 km. bazaltik tabakalardan oluştuğunu ve bu tabakalardaki P hızlarını 4.0, 6.0, 7.0 ve 8.1 km/sn olarak saptamıştır. Ulusan(1978) yerel seyahat zamanı-uzaklık çalışması yaparak Batı Anadolu'daki P ve S dalgalarının kabuk içersindeki hızlarını ve kabuk kalınlığını he-

saplamıştır. 3 tabakalı bir yer kabuğu modeli benimsemiş ve herbir tabakanın kalınlığını 5.2, 9.3, 17.4 km. hızlarını da 5.9, 6.1, 6.7 ve Pn hızını da 8.0 km/sn vererek toplam kabuk kalınlığını 32 km. olarak tespit etmiştir. Necioğlu ve arkadaşları (1979) kabuk kalınlığı ve üst manto P dalgası hızını Kuzeybatı Anadolu'da çeşitli sismik istasyonlarda seyahat zamanı-uzaklık bağıntısı kullanarak ortalama kabuk kalınlığını 28.4 km., Pn hızını da 8.0 km/sn bulmuşlardır. Gürbüz ve arkadaşları (1979) Adapazarı yöresinde yapılan yapay patlatma verilerinden kabuk kalınlığını 28-29 km., Pn hızını da 8.1 km/sn bulmuşlardır. Canitez ve Toksöz (1980) P dalgalarının geliş zamanları, istasyon rezidüelleri ve yüzey dalgalarının faz ve grup hızlarını kullanarak Batı Türkiye'de kabuk yapısını ve yanıl süreksizlikleri araştırmış ve Pn hızını 8.1 km/sn olarak saptamışlardır. Chen ve arkadaşları (1980) Pn hızını 7.7 km/sn saptayarak, Türkiye için kabuk kalınlığını tekdüze bulmuşlardır. Gürbüz ve Üçer (1980), İstanbul Anadolu Kavağı'nda yapılan taşocağı patlatmalarından elde edilen kayıtların değerlendirilmesiyle Marmara Bölgesinde en üstte 2 km. tortul, altta 23 km.lik ikinci bir tabakanın var olduğunu ortaya koyarak yöredeki toplam yer kabuğu kalınlığını 24.6 km., Pn hızını da 8.0 km/sn olarak vermiştir. Kenar ve Toksöz (1980) Love dalgalarının grup ve faz hızlarından faydalanarak, İstanbul-Tebriz arasında 41 km. kalınlığında ve 3 tabakalı bir yer kabuğu modeli saptamışlardır. Tabaka hızlarını ise sırası ile 4.6, 5.8, 7.0, Pn hızını da 8.0 km/sn bulmuşlardır. Ezen (1983) Love dalgalarının dispersiyon özelliklerini incelemek suretiyle Kuzey ve Doğu Anadolu Platosunda yer kabuğu yapısını araştırmıştır. Saptanan model 4 tabakalı olup 2.5, 6.5, 12 ve 17 km. toplam 38 km. kalınlığındadır.

Bu çalışmada ise 1970 yılından sonra Batı Anadolu'da çalışmaya başlayan deprem istasyonlarının altındaki kabuk ve üst mantonun yapısı araştırılmaya çalışılmıştır. Daha önce değinilen jeofizik çalışmalar genellikle tek istasyon verilerine dayanmaktadır. Her bir istasyona çeşitli yönlerden gelen ve episantr uzaklığı 1100 km. ye kadar varan depremlerin ilk geliş zamanlarından yararlanarak düşey yöndeki hız değişimi yaklaşık 100 km. derinliğe kadar araştırılmıştır. Kullanılan veriler deprem verileri olduğundan hız ve yapı çıkarılırken deprem verilerinin uzaklık, odak derinliği ve kayıt kalitesine bakılmıştır. Kontrollü patlatmalardan farklı olarak depremlerin başlangıç zamanı ve odak derinliği belirli bir hata limiti ile tayin edilmektedir. Bu nedenle çok sayıdaki veriden belirli hata sınırları içerisinde olan deprem verileri alınarak, Batı Anadolu'nun altındaki kabuk ve üst mantonun yapısı, yüzeyden derinlere doğru hızdaki değişme araştırılmıştır. Bu çalışma daha önce yapılan jeofizik çalışmalardan farklı olarak, çok sayıdaki istasyonun alınması ile üç boyutlu bir kabuk yapısı, ayrıca üst mantonun yapısının da araştırılmasını kapsamaktadır. Çalışmadan elde edilen bulgular Batı Anadolu'da oluşan depremlerin episantr ve odak derinliklerinin daha duyarlı bulunmasını ve bölgenin depremselliğinin daha iyi bir şekilde ortaya çıkartılmasını mümkün kılacaktır. Bu da Batı Anadolu'daki tektonik olayların açıklanmasına ışık tutacaktır.



## 2. JEOLojİK ve TEKTONİK YAPI

Türkiye, Alp-Akdeniz orojenik kuşağı içinde yer almaktadır (Ketin,1977). Anadolu üç tectonejene ayrılmaktadır. Kuzeyde Pontitler, güneyde Toridler ve bunların ortasında Anatolidler yer almaktadır (Ketin,1966). Türkiye'nin batısında Pontitlerin ve Toridlerin her iki orojen hattı geniş fakat çok defa enine bölünmüş bir Anatolidler Zonu ile ayrılmakta olup, burada Menderes Masifi gibi şiddetli parçalanma gösteren yaşlı masifler yüzeye çıkmaktadır (Şekil 1). Doğuya doğru ortada Anatolidler Zonu daraldığı için Pontitler ile Toridler birbirine yaklaşmaktadır. Tamamen güneyde, kenar kıvrımları uzanmaktadır (Border folds, Ketin'e göre 1966). Kuzey-güney yönlü faylar Batı Anadolu'nun yapısında önemli bir rol oynamakta ve buradaki geçiş, Anatolidler zonunda hakim duruma geçmektedir. Bu durum, özellikle Ege Denizi'nin sahil yapısında kendini göstermektedir. Ege bloğu, Anadolu bloğuna doğru kaymıştır (McKenzie,1970). Batı Anadolu'nun temel kayaçları farklı jeolojik evrim ve yaşlara sahip metamorfik masiflerden oluşmuştur. Birer mikro-plakalar olarak hareket eden masiflerin en genç çarpışması Üst Kretase'de meydana gelmiştir (Bingöl,1976).

Eosen-Oligosen'de Kuzeybatı Anadolu tümüyle yükselmiş, yükselme sonucu Menderes Masifi'nin bugünkü aflorman hudutları dışında masifi çevreleyen molas havzaları meydana gelmiştir. Pliyosen'de bölgesel yükselme devam etmiştir. Yükselmenin oluşturduğu gerilim kuvvetleriyle meydana gelen grabenlerin kabaca doğu-batı doğrultusu, gerilme kuvvetlerinin kabaca kuzey-güney olarak yönlendiğine işaret etmektedir (Şekil 2). Menderes masifi bölgesinin bir bütün halinde yükselmekte olduğunu ve meydana gelen kabaca doğu-batı eksenli bu kabartı üzerinde tansiyon bölgelerinde grabenlerin geliştiği öne sürülmüştür (Arpat ve Bingöl,1969). Pliyosen sonu faylanma evresiyle horst ve graben yapıları iyice belirginleşmiş, yer yer Üst Miyosen-Pliyosen'den kalıtsal küçük göller belirmiştir. Son faylanma evresi ise eski Kuvaterner sonucudur. Güneybatı Türkiye'de horstlardan grabenlere doğru gençleşen ve belirginleşen blok faylanma günümüzde de sürmektedir (Koçyiğit,1984).

Anadolu levhasının, Karadeniz levhasına göre batıya hareketi, Batı Anadolu'da doğu-batı yönünde sıkışmasına ve kuzey-güney yönünde de genişlemesine neden olmaktadır (Alptekin,1973; McKenzie,1978; Dewey ve Sengör,1979). Canitez ve Üçer(1967), McKenzie(1972), Alptekin(1973) ve Papazachos(1976) tarafından gerçekleştirilen fay düzlemlerinin çözümleri normal ve doğrultu atımlı faylanma vermekte ve bu ise kuzey-güney yönünde kabuk genişlemesini doğrulamaktadır. Genişleme yılda ortalama 62.5 mm. dir. Ege Bölgesi ve çevresindeki sismisite, Afrika ve Arap Plakalarının Avrasya'ya göre kuzeye doğru hareket etmesinden kaynaklanmaktadır. Sismik aktivite genellekle plaka kenarlarında yoğunlaşmaktadır. Yerel sismisite artışlarının nedenleri daha küçük ve hızlı hareket eden plakalara bağlanmaktadır. McKenzie (1970,1972)'ye göre plakalardan birisi Ege, Yunanistan'ın bir kısmı, Girit ve Türkiye'nin bir kısmını (Ege plakası), diğeri ise Türkiye'nin büyük bir kısmını ve Kıbrıs'ı içerir (Anadolu Plakası)(Şekil 3). McKenzie(1979)'ye göre Anadolu plakasının güney sınırı, Güneybatı Türkiye'nin gü-

neyinde Ege plakasının güney sınırı ile birleşir ve Kıbrıs'ın güneyinden İskenderun Körfezi'ne oradan da Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile birleşmek üzere Karlıova'nın doğusuna uzanır. İskenderun Körfezi ile Karlıova arasında bu sınır aktif, sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fayı (DAF) izler. Batıda ise Ege ve Anadolu Plakaları arasındaki sınır yeterince açıklıkla tanımlanmamıştır. McKenzie (1972), bu sınırı Batı Anadolu'daki doğu-batı graben sistemlerinin biraz doğusundan geçirmektedir (Şekil 3). Ege Plakası kuzeyden (KAF)'nın batı uzantısı ile sınırlanmış olup bu sınır Anadolu çöküntüsü ya da hendeği olarak bilinmektedir (Allan ve Morelli, 1971; McKenzie, 1972).

Sonuç olarak, Türkiye ve yakın çevresinde yeni tektonik dönemi denetleyen önemli yapı unsurları Ege Hendeği, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Ege Graben sistemidir (Şekil 4).

### 3. VERİ SEÇİMİ

Bu çalışmada, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi'ne ait 7 ve İstanbul Teknik Üniversitesi'ne ait 1 adet yerleşik deprem istasyonunun (Şekil 5) verileri kullanılmıştır. Gerek istasyon dağılımının, gerekse veri birikiminin fazla oluşundan çalışma alanı Batı Anadolu olarak seçilmiş ve 1971-1987 yılları arasına ait episantr verileri kullanılmıştır.

Bu veriler kullanılırken aşağıda değinilen hususlar gözönüne alınmıştır:

a) International Seismological Centre (ISC) çözümleri esas kaynak olarak alınmıştır. Ayrıca National Earthquake Information Service (NEIS)'in 1987 yılı episantr çözümlerinden de faydalanılmıştır.

b) Oluş zamanı, enlem ve boylam tayinlerinde belirli bir duyarlılığa sahip depremler seçilmiştir. Çalışmada kullanılan deprem verileri analog sismograf sistemi kayıtları olup, kayıt hızı 60 mm/dak. dır. Depremlerin geliş zamanları  $\pm 0.1$  sn hata ile okunmasına çaba gösterilmiştir. Kullanılan istasyonların deplasman büyütmeleri 250.000 civarında olduğundan istenilen düzeyde duyarlı verinin toplanması mümkün olmuştur.

c) Kabuk ve üst manto yapısının belirlenebilmesi amacıyla veriler:

- 1) Odak derinliği 30 km. ve daha küçük olanlar,
  - 2) Odak derinliği 30 km. den büyük olanlar,
- olarak iki sınıfta gruplandırılmıştır.

Depremlerin istasyonlara olan episantr mesafeleri 0-1100 km. arasında değişmektedir. Böylece, seyahat zamanı-uzaklık grafiklerinin yorumlanabilmesi için yeterli ve homojen bir veri dağılımı elde edilmesine çaba gösterilmiştir. Ayrıca, genelde magnitüdü 3' den büyük olan depremler alınarak, aynı depremin çalışma alanının içersine giren tüm istasyonlar tarafından algılanabileceği düşünülmüştür.

#### 4. UYGULANAN YÖNTEM

İstasyon dağılımı ve episantrları büyük bir duyarlılıkla belirlenmiş depremler seçildikten sonra elde edilen seyahat zamanı değerlerine topografik düzeltme uygulanmıştır (Tablo I). Batı Anadolu'da yer alan deprem istasyonlarının farklı yüksekliklerde olması böyle bir düzeltmeyi gerektirmiştir. Bu indirgeme, deniz seviyesine göre yapılmıştır.

Düzeltilmiş verilerden her istasyon için indirgenmiş zaman-uzaklık grafikleri aşağıda verilen bağıntıya göre hesaplanarak çizilmiştir.

$$Tr = Ti - Xi / Vi_n$$

Burada:

- Tr = İndirgenmiş zaman
- Ti = Gözlenmiş seyahat zamanı
- Xi = Episantr uzaklığı
- Vi\_n = İndirgeme hızı

dır. İndirgeme hızı olarak da 6.0 ve 8.0 km/sn alınmıştır.

İndirgenmiş zaman-uzaklık grafiklerinin yardımı ile:

- a) Hatalı olan verilerin ayıklanması,
  - b) Her tabakaya ait seyahat zamanlarının belirlenmesi,
- mümkün olmuştur. Hatalı olan verileri ayıklanmasında rezidüellerin ortalama karaköklerine (RMS) bakılmış ve RMS değerinin 1 sn.nin üzerinde olan deprem verileri değerlendirme dışında tutulmuştur. Seyahat zamanlarının farklı tabakalara göre ayıklanmasının nedeni, bu seyahat zamanlarına karşılaştırılacak eğrinin belirli bir tabakaya ait olmasını sağlamak için yapılmıştır. Ayrıca kesişme uzaklıkları ve gecikme zamanlarında bulunarak değerlendirme için önemli olan parametreler bulunmuş olmaktadır.

Bu şekilde ayıklanan seyahat zamanı verilerine En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) uygulanarak gecikme zamanları ve tabaka hızları hesaplanmıştır. Gerekli düzeltme ve ayıklamalardan sonra elde edilen seyahat zamanı verileri iki şekilde ele alınarak değerlendirilmiştir. Depremlerin odak derinlikleri, kabuk içinde ve üst mantoda olmaktadır (Şekil 6). Seyahat zamanlarından, kabukta ve üst mantodaki süreksizliklerin ortaya çıkartılabilmesi için odak derinlikleri kabuk içinde ve kabuk dışında olmak üzere deprem verilerini ikiye ayırmak gerekli olmuştur. Batı Anadolu'daki ve çevresindeki sığ depremler genellikle 6-10 km. arasında meydana gelmektedir. Bu nedenle sığ derinlikte meydana gelen deprem verilerinden yararlanılarak üst kabuğun kalınlığı ve kabuğun altındaki P dalgası hızları hesaplanmıştır. Odak derinliği üst mantoda olan deprem verilerinden yararlanılarak da alt kabuğun kalınlığı ve üst mantodaki süreksizlikler araştırılmıştır. Bunun yanında Moho süreksizliğinin altındaki P dalgası hızı ile üst mantoda süreksizliğe neden olan yapının P dalgası hızları bulunmuştur. Bu şekilde, deprem verilerinin sınıflandırılarak değerlendirilmesinin nedeni; seyahat zamanı-uzaklık grafiklerinden (Şekil 7, 8, 9 ve 10) elde edilen gecikme zamanlarının sadece istasyonların altındaki yapı ile ilgili olması ve tabakaların yatay olarak varsayılabimesindedir.

Aşağıda verilen gecikme zamanı bağıntılarından (1,2 ve 3) yararlanılarak üst kabuk (H1), alt kabuk (H2) ve sonuçta kabuğun toplam kalınlığı (H3) bulunmuştur.

$$H1 = Ti_1 \times (V1 \times V2) / (V2^{2\alpha} - V1^{2\alpha})^{1/\alpha} \quad (1)$$

$$H2 = Ti_2 \times V2 \times V3 / (V3^{2\alpha} - V2^{2\alpha})^{1/\alpha} - H1 \times (V2/V1) \times (V3^{2\alpha} - V1^{2\alpha})^{1/\alpha} / (V3^{2\alpha} - V2^{2\alpha})^{1/\alpha} \quad (2)$$

$$H3 = H1 + H2 \quad (3)$$

V1, V2, V3 sırası ile üst kabuğun, alt kabuğun ve Moho süreksizliğinin altındaki hızları göstermektedir.  $Ti_1$ ,  $Ti_2$  ise 1. ve 2. tabakanın gecikme zamanlarıdır.

Kabuk kalınlığı ve kabuk içersindeki tabakaların kalınlığı saptanırken depremlerin odak derinlikleri kesin olarak bilinmediğinden, kesişme uzaklığı bağıntılarından yararlanarak derinlik hesaplarına gidilmemiştir. İstasyonların altında, üst mantoda varolabilecek süreksizlikler seyahat zamanı-uzaklık grafiklerinin incelenmesi sonucu bulunan kesişme uzaklığı ( $Xk_{\alpha}$ )'den yararlanarak bulunmuştur.

Aşağıda verilen bağıntı (4) yardımı ile her istasyonun altında üst mantodaki süreksizliğe ait derinlikler hesaplanmıştır.

$$H4 = 0.8 \times H3 + (Xk_{\alpha} / 2) \times ((V4 - V3) / (V4 + V3))^{1/\alpha} \quad (4)$$

Burada,  $H3$  daha önce tanımlandığı gibi kabuk kalınlığı,  $V3$  Moho Süreksizliği altındaki hız,  $V4$  üst mantodaki süreksizliğin altındaki hız ve  $Xk_{\alpha}$  üst mantodaki süreksizlikle ilgili kesişme uzaklığıdır.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışmada Batı Anadolu'da bulunan yerleşik deprem istasyonlarından elde edilen P dalgası geliş zamanları kullanılarak yer kabuğu ve üst mantonun yapısı araştırılmıştır. Bölgede bugüne kadar yapılan çeşitli jeofizik çalışmalar, Batı Anadolu'daki yer kabuğunun karmaşık bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Tabaka kalınlıkları ve hızları hesaplanırken öncelikle üstteki tortul tabakanın hızı, kayıt istasyonlarına sığ odaklı depremlerden gelen P dalgalarının geliş zamanlarından yararlanılarak bulunmuştur. Verilerin yeterli olmadığı bazı istasyonlar için, bu tabakaya ait hız değerleri daha önce yapılan jeofizik çalışma sonuçlarına göre alınmıştır. Tortul tabakanın hızı ve sığ deprem verilerinden elde edilen gecikme zamanlarına göre bulunan üst kabuk kalınlık değerleri Tablo II'de verilmiştir. Bu tabakanın kalınlığı istasyonların altında 3.8 ile 6.6 km. arasında değişmektedir. Alt kabuk kalınlığı ve tabaka hızları, odak derinliği ortalama kabuk kalınlığından büyük olan deprem verilerinden yararlanılarak bulunmuştur. Bu verilerle ilgili seyahat zamanı-uzaklık grafiği ayrı olarak çizilmemiş, genel bir fikir vermek amacıyla 0 ile 1100 km. uzaklıklar arasında olan deprem verilerinin tamamı, her bir istasyon için tek bir seyahat zamanı-uzaklık grafiği olarak Şekil 7, 8, 9 ve 10'da görüntülenmeye çalışılmıştır. Bu eğrilerin görsel değerlendirilmesi sonucu istasyonların altında kaç tabakanın olduğu kolayca izlenebilmektedir. Ayrıca indirgenmiş zaman-uzaklık grafikleri de çizilerek, farklı bir tabakadan olan herhangi bir verinin değerlendirmeye girmesi mümkün olduğu kadar önlenmeye çalışılmıştır.

Yukarıda belirtildiği şekilde, elde edilen seyahat zamanı-uzaklık grafiklerinin değerlendirilmesi sonucu, alt kabuk ve toplam kabuk kalınlığı Tablo II'de verilmektedir. Alt kabuğun kalınlığı 23.5 ile 28.0 km. arasında, alt kabuktaki hız değerleri ise 5.9 ile 6.1 km/sn arasında değişmektedir. Moho süreksizliğinin altındaki hızlar ise, 7.7 ile 8.0 km/sn arasında değişmektedir. Aynı zamanda istasyonların altındaki alt kabuğun kalınlığı ve Moho hızları da değişmektedir. Moho hızlarının değişmesi bu süreksizliğin altındaki yapının homojen olmadığını göstermektedir. Hız değerleri her bir istasyon için Şekil 11'de görüntülenmiştir. Güney ve Batı Ege bölgesinde, hızlarda bir düşme, doğu ile kuzeydoğuya gittikçe ise hızların artmakta olduğu gözlenmiştir. Ayrıca her istasyon için toplam kabuk kalınlığı Şekil 12'de verilmiştir. Ege bölgesinde kabuk kalınlığı 29 ile 30 km., Kuzeydoğu ve Doğu Ege bölgesinde ise 31 ve 32 km. arasında değişmektedir. Seyahat zamanı-uzaklık grafiklerine bakıldığında genel olarak 600 km. uzaklıktan sonra eğrilerde bir kırılma görülmektedir. Eğrilerdeki bu değişimlerden üst manto içersinde bir süreksizliğin varlığına kanaat getirilmiştir. Bu süreksizlikteki sismik P dalga hızları, 8.3 ile 8.75 km/sn arasında değişmektedir (Tablo II). Hızdaki en büyük değer Yerkesik istasyonu altında gözükmektedir. Güney ve Batı Ege bölgesinde yüksek hızlar ve Doğu ve Kuzeybatı Ege'de ise düşük üst manto hızları gözlenmektedir (Şekil 11).

Kesişme uzaklıklarından yararlanılarak üst mantodaki süreksizliğe olan derinlikler hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo II'de son kolonda verilmiştir. Derinlikler ortalama 69 ile 89 km. arasında değişmektedir. Bu değerler Şekil 12'de istasyonların altına parantez içersinde yazılarak verilmiştir. En düşük derinliğe Altıntaş istasyonu altında, en büyük derinlik olan 89 km.'ye de Elmalı ve Gölpazarı istasyonları altında rastlanmıştır. Bölgenin ortasında bir incelmanın ve kenarlarda bir kalınlaşmanın varlığı gözlenmektedir. Güneydoğudan kuzeybatıya doğru yükselmenin oluşu, dom türü bir yapının varlığını kanıtlamaktadır.

Üst mantodaki süreksizlik için bulunan P dalgası hız değerlerindeki değişim Goberenko ve arkadaşları (1987) tarafından 10 sn. periyotlu grup hızı değerlerindeki değişim ile uyum içersindedir. Bu periyotdaki Rayleigh dalgalarının penetrasyon derinliği 100 km. dolayındadır. Üst mantodaki süreksizliğe yüzeyden olan derinlik değerleri de 100 km.'ye yakın değerler içermektedir. Goberenko ve arkadaşları (1987), cisim dalgaları için yaptıkları çalışmalarda aynı derinliklerde Güneybatı ve Batı Ege bölgesinde, hızdaki değişimde bir kapanma ve doğuya doğru gittikçe hızda bir düşme gözlenmektedir.

Çalışma sahasının batı ve güneybatı kısmında yüksek hız ve üst mantodaki süreksizliğe olan derinliğin az olması, bu bölgenin altında dom türü bir yapının olduğunu göstermektedir. Astenosfer'e olan derinliğin diğer bölgelere göre sığ olması bölgenin neden deprem yönünden aktif olduğunu kanıtlamaktadır. Menderes Masifi'nin oluşmasına, üst mantodaki bu yapı neden teşkil edebilir. Deprem etkinliği bu dom türü yapının kenarlarında daha çok olmaktadır. Batı Türkiye'deki normal faylanmaların oluşumunu, üst mantodaki bu aktif konveksiyon akımlarına bağlayabiliriz.

Üst mantoda bir süreksizliğin saptanması, dolayısıyla bölgedeki deprem etkinliğinin üst mantodaki bu yapıyla doğrudan doğruya ilgili bulunması, bu çalışmanın en önemli bulgularından birini teşkil etmektedir.

Sonuç olarak, P dalgalarının seyahat zamanlarından yararlanarak elde edilen sismik hızların ve süreksizliklerin belirlenmesi, Batı Türkiye'deki kabuk yapısı ve tektonik olaylara açıklık getirmektedir. Kısa bir süre önce faaliyete geçen Karahallı deprem istasyonu verilerden yararlanarak bölgenin ortasındaki istasyon azlığı kapatılırsa ve benzer çalışmalar Marmara bölgesi için yapılsa, daha doyurucu sonuçlara gidilebilir. Özellikle, Tomografi yöntemi ile üç boyutlu ortamda, hız ve yapının incelenmesi Ege bölgesinde depremle ilgili birçok sorunun çözülmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Bunun yanında, ısı akısının sistematik ölçümü ve gravite ölçmeleri bölgedeki tektonik olaylarının yorumuna faydalı olacaktır.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca teşvik ve desteklerini esirgemeyen Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü Sayın Prof. Dr. Muammer Dizer'e, makalenin yazımı süresince yardımlarından dolayı Dr. Atilla Özgüç'e, Aysel Kopuz ve Mehmet Kara'ya teşekkürlerimizi sunmayı borç biliriz.

#### REFERANSLAR

Allan T.D. and Morelli, C.: 1971, Geophysical study of the Mediterranean Sea, Bull. Geog. Teor. Appl.13, 50, 99-142.

Alptekin, Ö.: 1973, Focal mechanisms of earthquakes in Western Turkey and their tectonic implications, Thesis of Ph.D. in Geoscience New Mexico.

Arpat, E., Bingöl, E.: 1969, Ege Bölgesi graben sisteminin gelişimi üzerine düşünceler, MTA Dergisi 73, 1-9.

Barka, A.A., Kandinsky-Cade, K.: 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, Tectonics, 7/3, 663-684.

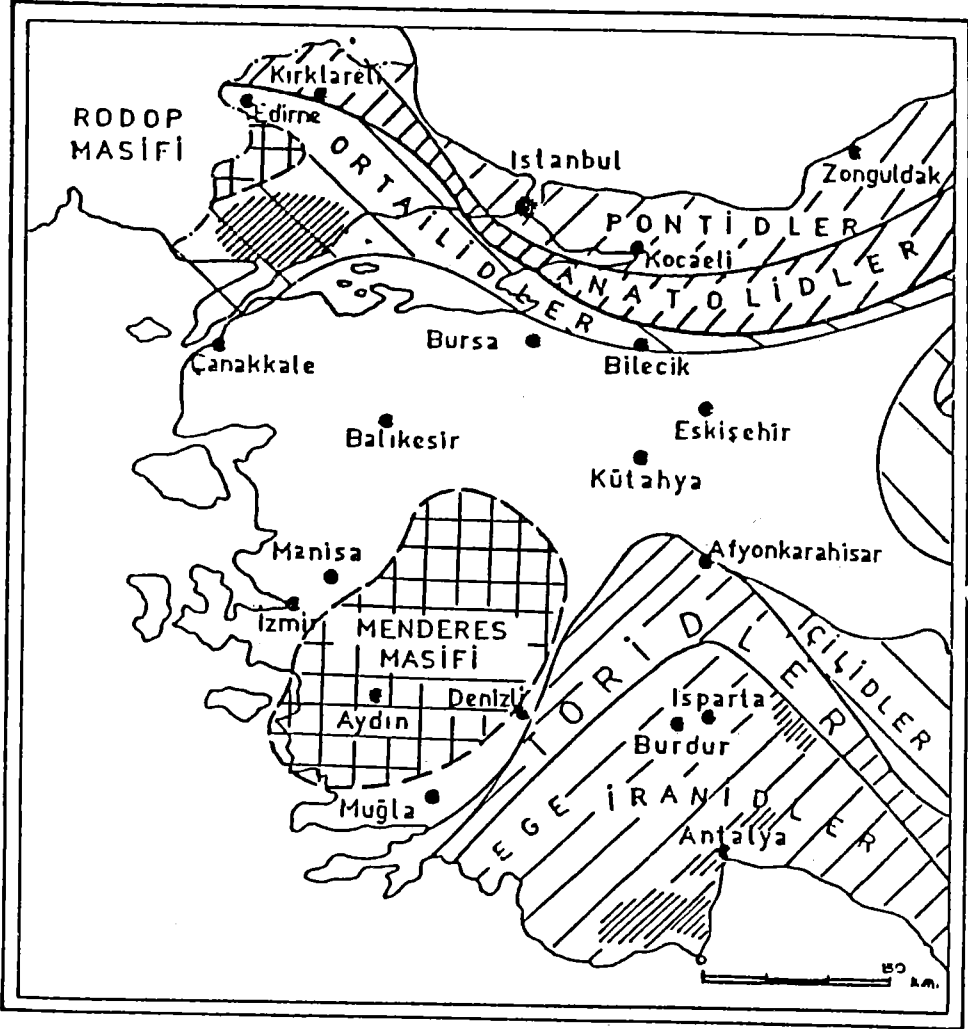
Bingöl, E.: 1976, Batı Anadolu'nun jeotektonik evrimi, MTA Dergisi, 86, 14-34.

Canitez, N.: 1962, Gravite anomalileri ve sismolojiye göre Kuzey Anadolu'da arz kabuğunun yapısı, Doktora Tezi, İTÜMF.

- Canitez,N., Uçer,S.B.: 1967, A catalogue of focal mechanism diagrams for Turkey and adjoinins areas,ITÜY,Mag-78,25.
- Canitez,N.: 1969, Türkiye ve civarındaki depremlere ait fundamental moddan yüzey dalgaları üzerine incelemeler, TUBİTAK Proj.no.-MAG-150.
- Canitez,N.: 1975, Ege Bölgesi'nde yer kabuğunun yapısı İTUMF rept.
- Canitez,N. and Toksöz,M.N.: 1980, Crustal structure beneath Turkey, EOS TRANS.AGU., 61, 290.
- Chen,C.Y., Chen,W.P., and Molnar,P.: 1980, The uppermost mantle P wave velocities beneath Turkey and Iran, Geophysical Research Letters, 7, 77-80.
- Crampin,S., Uçer,S.B.: 1975, The sismicity of the Marmara Sea Region of Turkey, Geophys.J. R. Astron.Soc.,40,269-288.
- Dewey,J.F., and Şengör,A.M.C.: 1979, Aegean and surrounding regions; complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone, Geol.soc.Am.Bull.Part1, 90, 84-92.
- Egeran,E.N.: 1952, Türkiye'deki tektonik üniteler ile petrol yatakları arasındaki münasebetler, MTA Dergisi 42/43, 110-114.
- Ezen,Ü.: 1983, Kuzey ve Doğu Anadolu'da love dalgalarının dispersiyonu ve yer kabuğu yapısı , DAEB 43, 42-62.
- Gobarenko,V.S., Nikolova,S.B., Yanovskaya,T.B.: 1987, 2-D and 3-D velocity patterns in southeastern Europe, Asia Minor and the Eastern Mediterranean from seismological data, Geophys.J.R. Astron.Soc., 90, 473-484.
- Gürbüz,C., Uçer,S.B., Özdemir,H.: 1979, Adapazarı yöresinde yapılan yapay patlatma ile ilgili ön değerlendirme sonuçları, DAEB 31,73-88.
- Gürbüz,C., Uçer,S.B.: 1980, Anadolu Kavağında yapılan taş ocağı patlatmalarından elde edilen sismik kayıtların değerlendirilmesi; DAEB 49,39-49.
- Kenar,Ö.: 1977, Sismik P dalgalarının genlik spektrumlarından yararlanarak İstanbul ve civarında yer kabuğu yapısı, İTÜ Doktora Tezi.
- Kenar,Ö., Toksöz,N.: 1980, Crustal structure and attenuation in Turkey from surface wave data (Jeofizik Dergisi, baskıda).
- Ketin,I.: 1966, Anadolu'nun tektonik birlikleri, MTA Dergisi 66, 23-34.

- Ketin, I.: 1977, Türkiye'nin başlıca orojenik olayları ve paleocoğrafik evrimi, MTA Dergisi 88, 1-4.
- Koçyiğit, A.: 1984, Güneybatı Türkiye'de tektonik gelişim, TJKB C.27,1, 1-15.
- McKenzie, D.P.: 1970, Plate tectonics of the Mediterranean regions, Nature, 226, 239-243.
- McKenzie, D.P.: 1972, Active tectonic of the Mediterranean region, Geophys. J.R. Astron. Soc., 30(2), 109-185.
- McKenzie, D.P.: 1978, Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt, the Aegean Sea and surrounding regions., Geophys. J.R. Astron. Soc., 55, 217-254.
- Mohorovicic, A.: 1919, Das Beben von 8 Oct., 1909: Jahrb. d. Meteor. Observatorium. 9, part 4, sect. 1.
- Mooney, M.H.: 1977, Handbook of Engineering Geophysics, Bison Instruments, Inc.
- Necioğlu, A., Maddison, B., Türkelli, N.: 1981, A study of crustal and upper mantle structure of Northwestern Turkey, Geophys. Res. Letters, 8,1; 33-35.
- Öcal, N.: 1963, Aufbau der Erdkruste in Anatolien, Zeitschrift für Geophysik Bd 29, 227-232.
- Papazachos, B.C.: 1974, Seismotectonics of the Eastern Mediterranean area, Eng. Seis. and Earth. Eng., 1-32.
- Taner, D.: 1962, Crustal Structure in Greece in the Aegean Sea and near the western coast of Turkey (Sur la structure de la croûte Terrestre en Grèce, en Mer Egee at aupres des cotes occidentales de la Turquie)., Ann. de Geophys. 18, 291-294.
- Tezcan, K.: 1979, Geothermal studies their present status and contribution to heat flow contouring in Turkey, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.
- Ulusan, N.: 1978, Batı Anadolu'daki kabuk hızlarının araştırılması, Lisans Üstü Tezi İÜFF.





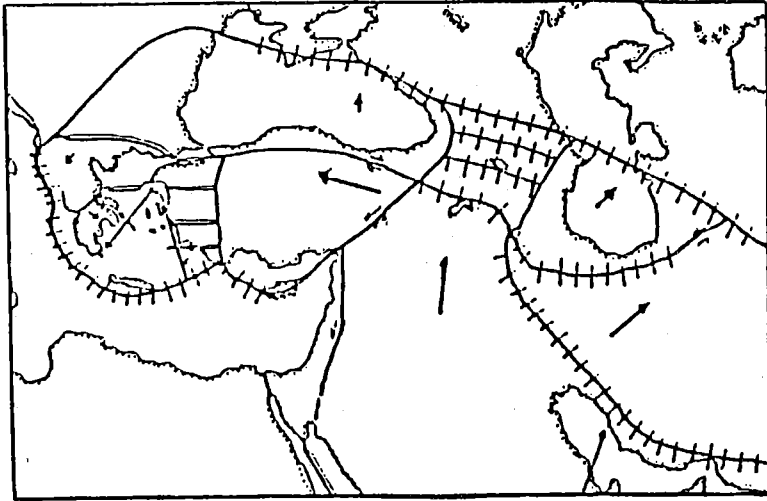
ŞEKİL (1)

Türkiyenin tektonik üniteleri (Egeran N. dan kısmen alınmıştır, 1952)



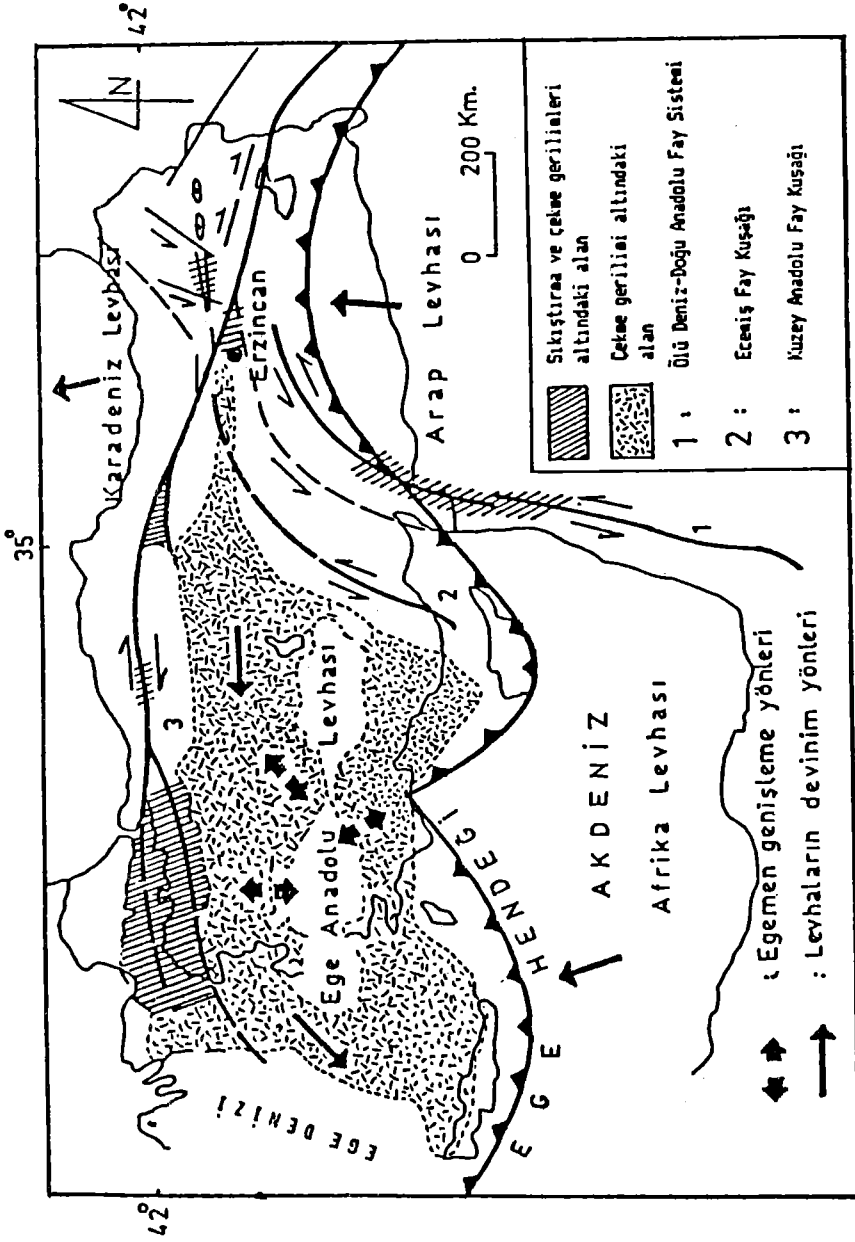
ŞEKİL (2)

Batı Türkiyenin büyük tektonik birimleri  
(Barka, A.A., Kandinsky-Cade, K. : 1988)



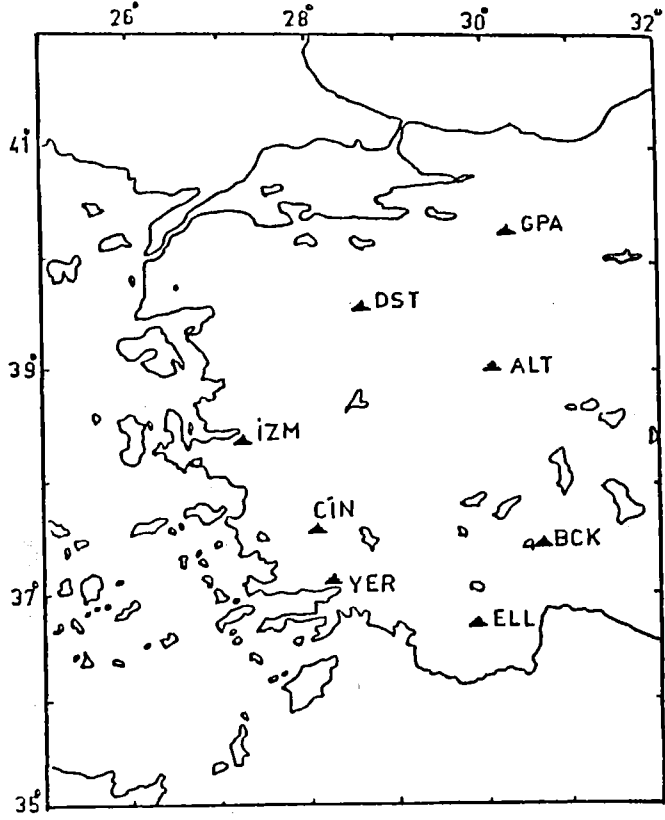
ŞEKİL (3)

Türkiye ve çevresindeki levhalar ve hareket yönleri ( Mc Kenzie 1972)



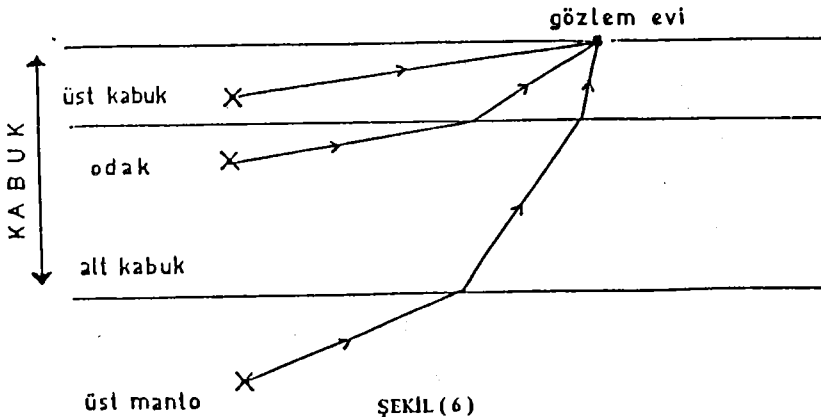
ŞEKİL (4)

Türkiye ve yakın çevresinin tektonik yapısını gösteren harita (Koçyiğit A. 1984)



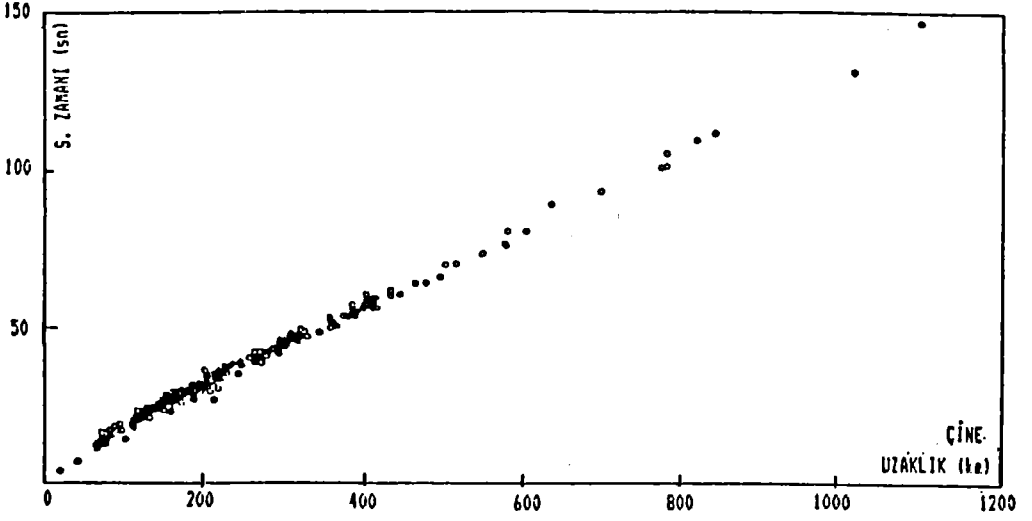
ŞEKİL (5)

Çalışmada kullanılan istasyonların dağılımı.

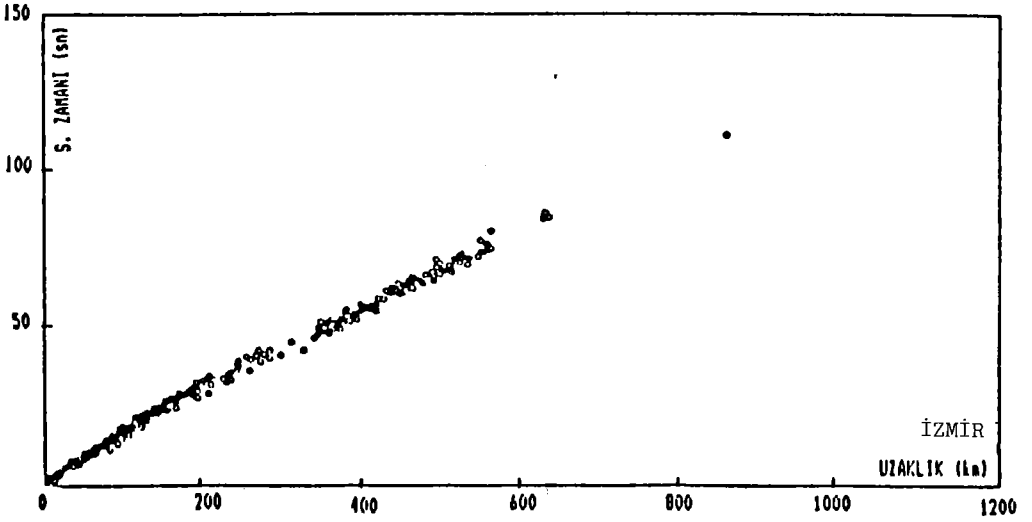


ŞEKİL (6)

Odak derinliğinin kabuk içerisinde ve üst mantoda olması halinde sismik dalgaların gelişlerini gösteren şematik gösterim.

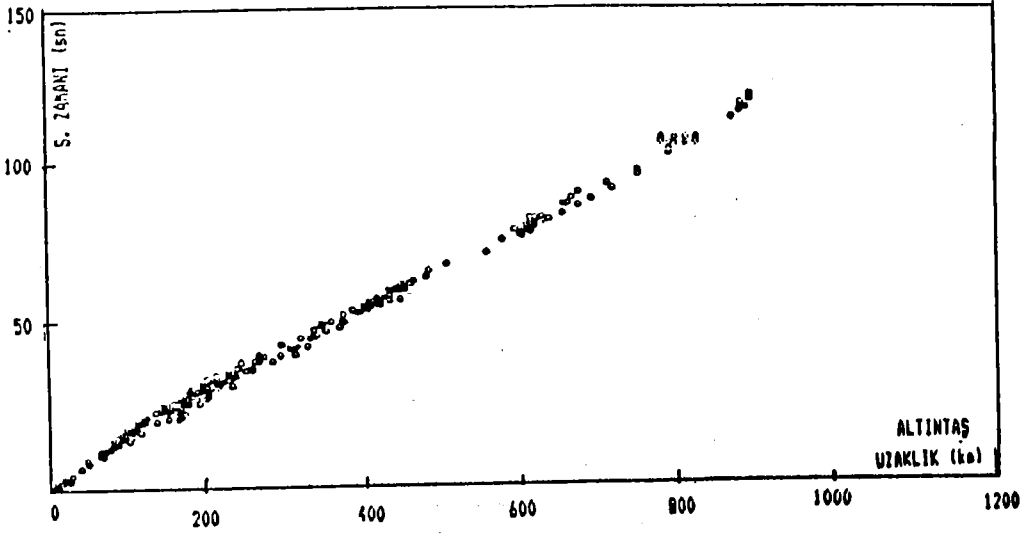


Şekil.7 (a)

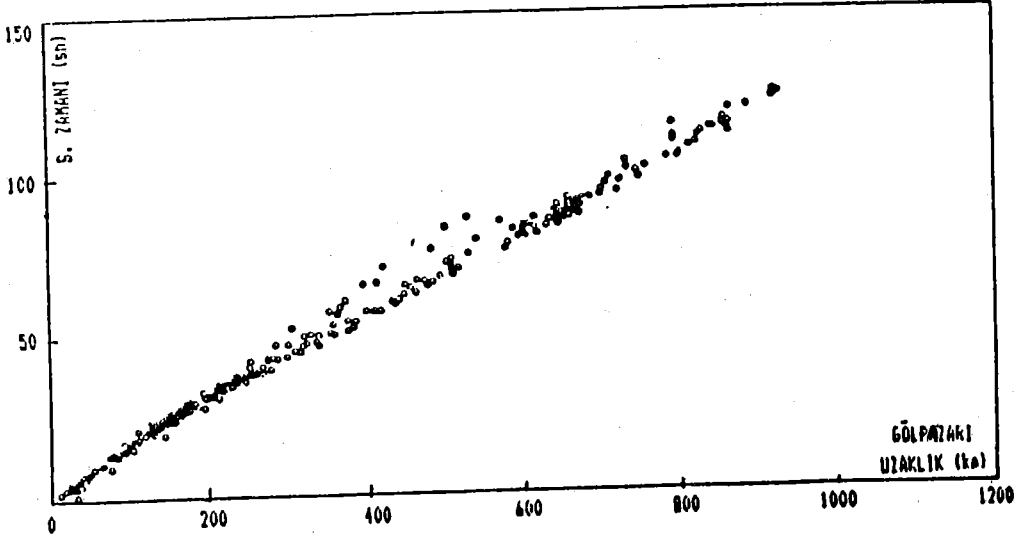


Şekil.7 (b)

ŞEKİL 7. ÇİN (a) ve İZM (b) istasyonlarına ait S.zamanı-uzaklık grafikleri

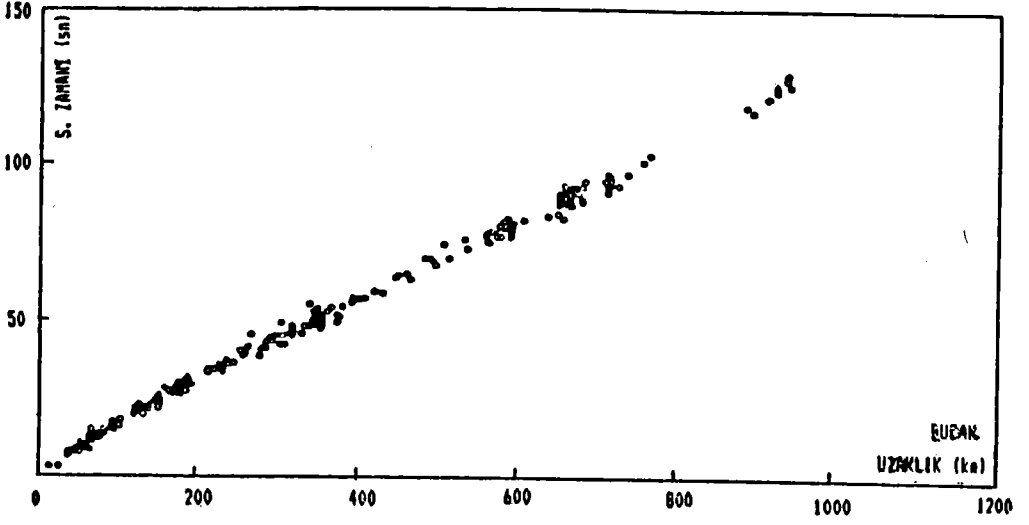


Şekil. 8 (a)

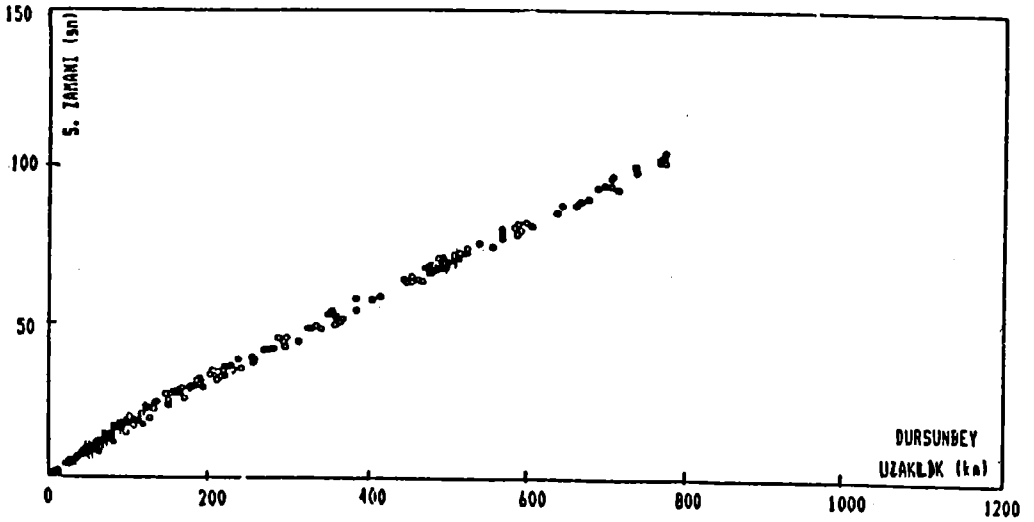


Şekil. 8 (b)

ŞEKİL 8. ALT (a) GPA (b) istasyonlarına ait S.zamanı-uzaklık grafikleri

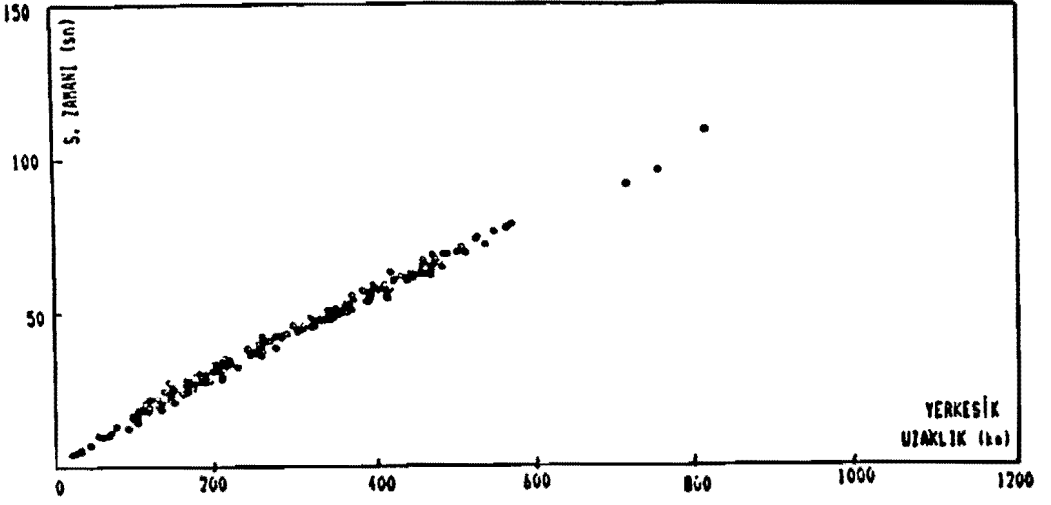


Şekil.9 (a)

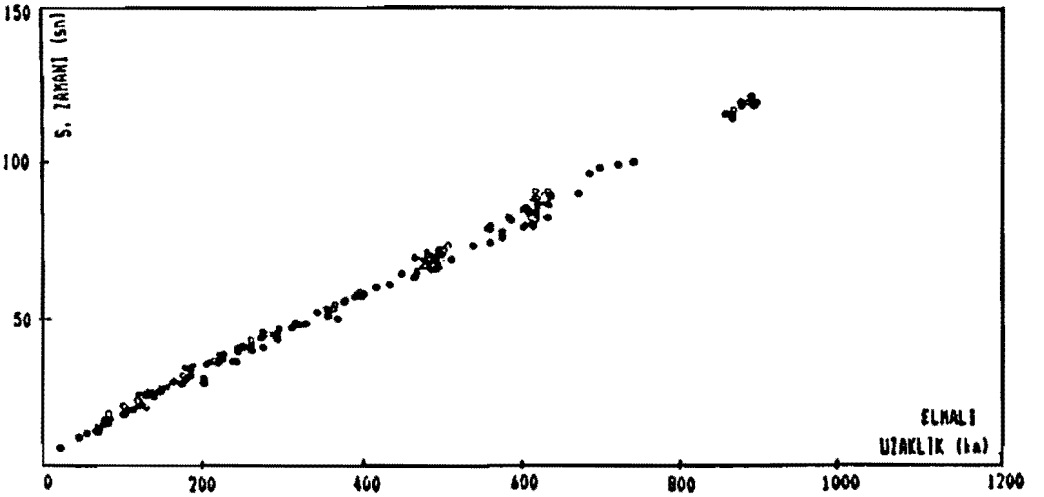


Şekil.9 (b)

ŞEKİL 9. BCK (a) DSI (b) istasyonlarına ait S.zamanı-uzaklık grafikleri



ŞEKL.10 (a)



ŞEKL.10 (b)

ŞEKL.10 YER (a) ve ELL (b) istasyonlarına ait S. Zamanı-Uzaklık grafikleri



TAKLİDİ)

TABLO (1) Çalışmada kullanılan İstasyonların Koordinat, Yükseklik ve Yükseklik Düzeltmesi Değerleri.

İSTASYON ADI	İST.KODU	ENLEM (Kuzey)	BOYLAM (Doğu)	YÜKSEKLİK (m)	YÜK.DÜZELTMESİ (sn)
GÖLPAZARI	GPA	40.2889	30.3074	560	0.12
DURUSUNBEY	DST	39.6055	28.6220	625	0.14
ALTINTAŞ	ALT	39.8552	30.1183	1060	0.24
İZMİR	IZM	38.3970	27.2625	631	0.14
CİNE	CIN	37.6020	28.0864	120	0.03
YERKESİK	YER	37.1347	28.2828	729	0.16
ELMALI	ELL	36.7483	29.9035	1230	0.27
BUCAK	BCK	37.4689	30.5890	859	0.19

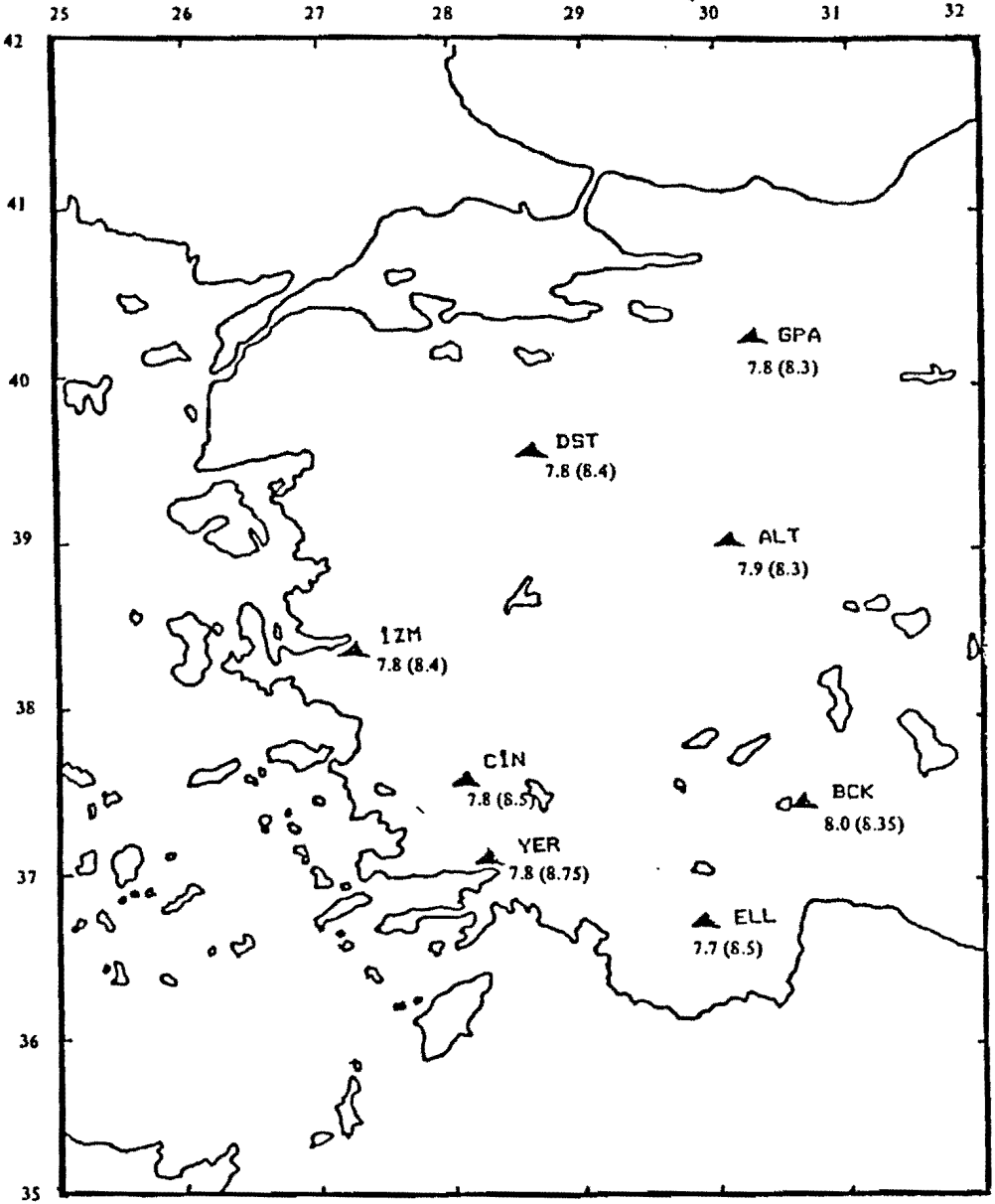
TABLO (11)

TABLO (11) Çalışmada Bulunan Hız ve Kalınlık Değerleri.

V1 1.Tabaka hızı; V2 2.Tabaka hızı; V3 Moho Süreksizliğindeki Pn hızı; V4 Üst Mantodaki Süreksizliğin altındaki P dalga hızlarıdır.

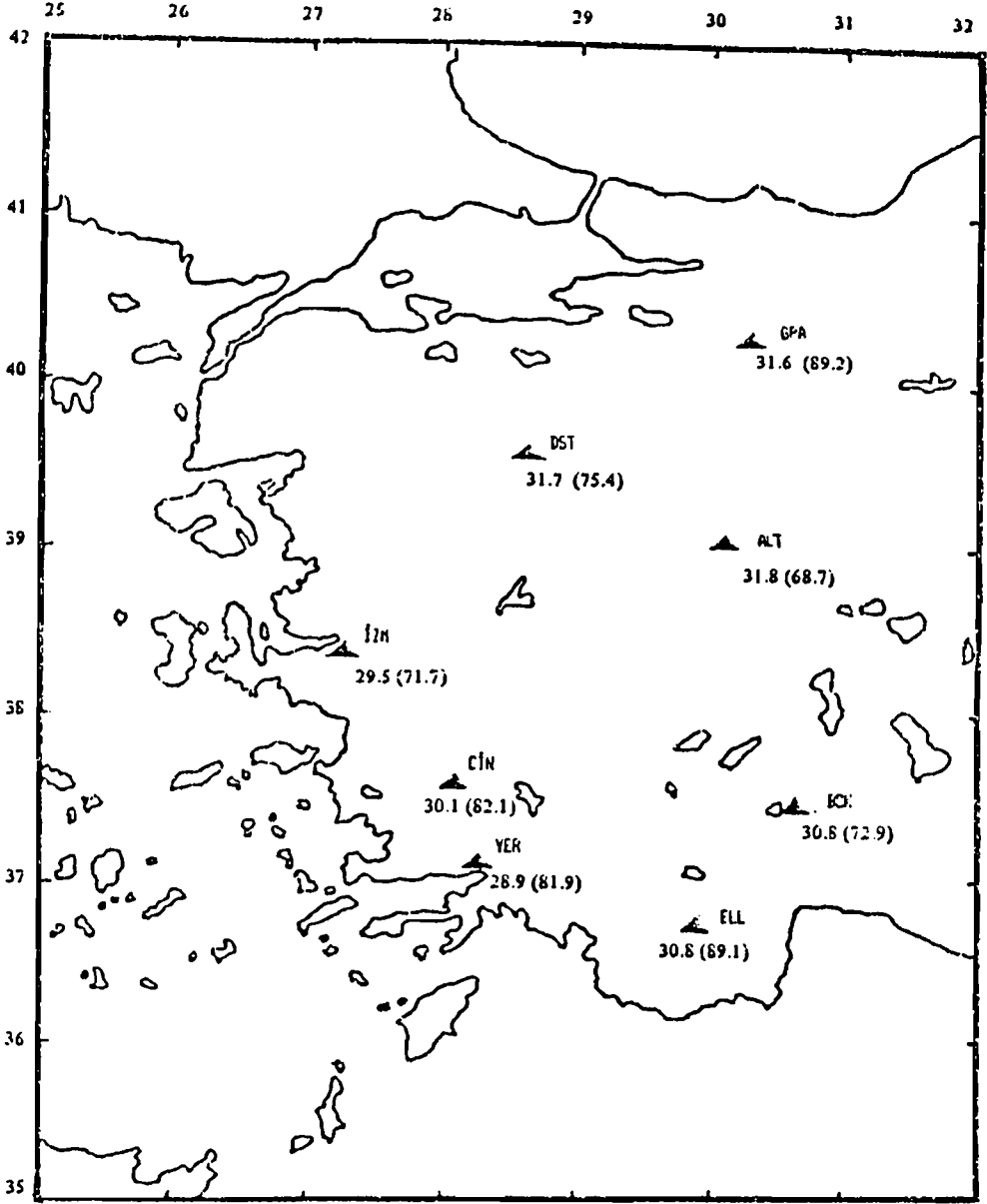
M1 1.Tabaka ;M2 2.Tabaka Kalınlığı;M3 İST.altındaki kabuk kalınlığı; M4 Üst Mantodaki Süreksizliğe olan derinlik değerleri

İST.ADI	V1 HIZI (Km/sn)	V2 HIZI (Km/sn)	V3 HIZI (Km/sn)	V4 HIZI (Km/sn)	M1 (Km.)	M2 (Km.)	M3 (Km.)	M4 (Km.)
GÖLPAZARI	4.5	5.91±.06	7.8±.01	8.3±.04	5.4	26.2	31.6±.5	89.2±3
DURUSUNBEY	4.5	5.89±.03	7.8±.01	8.4±.04	4.6	27.1	31.7±.3	75.4±2
ALTINTAŞ	4.5	5.98±.05	7.9±.01	8.3±.05	3.8	28.0	31.8±.4	68.7±3
İZMİR	4.5	6.82±.06	7.8±.01	8.4±.08	5.8	23.7	29.5±.3	71.7±3
CİNE	4.5	6.82±.09	7.8±.01	8.5±.08	6.6	23.5	30.1±.3	82.1±3
YERKESİK	4.5	5.93±.07	7.8±.01	8.75±.11	5.1	23.8	28.9±.4	81.9±3
ELMALI	4.5	5.97±.06	7.7±.01	8.5±.05	5.8	25.8	30.8±.5	89.1±2
BUCAK	4.5	6.12±.02	8.8±.02	8.35±.03	4.8	26.8	30.8±.7	72.9±2



ŞEKİL (10)

İstasyonların altındaki moho süreksizlikleri ile ilgili ve üst mantodaki P dalga hızları km/sn. olarak değerleri.  
(Parantez içindeki değerler üst mantodaki süreksizliğin P dalga hızlarıdır.)



ŞEKİL (12)

İstasyonların altındaki kabuk kalınlığı ve üst mantodaki süreksizliğe olan km cinsinden derinlik değerleri.  
(Parantez içersinde, üst mantodaki süreksizliğe olan derinlik değerleri verilmiştir.)

## Sayısal Sismolojideki Gelişmeler

Doç.Dr.Müh.Ülben Ezen\*

### ABSTRACT.

Seismology has entered the recent years with increasing opportunities presented by advances in the technology for gathering and analysis of digital data. During the past ten years there have been rapid advances in digital data storage and processing capability that are making relatively sophisticated signal analysis simple to carry out on microcomputers.

These developments in digital seismology pervade all aspects of seismology and apperant strong-motion studies, exploration activities, continental and marine reflection profiling, global-regional and local network and array studies, and large-scale global studies of structure, attenuation and source mechanism.

On a global basis the number of countries and organizations currently engaged in some type of digital seismic monitoring is already impressive and others are rapidly moving toward digital recording.

### ÖZET.

Sismoloji son yıllara, sayısal verilerin toplanması ve analizi için geliştirilen teknolojideki ilerlemelerin getirdiği ve sürekli artan imkânların desteğinde girmiştir. Geçirdiğimiz bu son on yılda, mikrobilgisayarlarda basit biçimde uygulanabilen oldukça karmaşık sinyal analizlerini yapabilir düzeyde, sayısal verilerin depolanması ve işlenmesi konusunda çok hızlı ilerlemeler kaydedilmiştir.

Sayısal sismolojideki bu gelişmeler, deprem kaynak mekanizması çalışmaları, atenüasyonun incelenmesi, küresel ölçekteki yapısal çalışmalar, kayıt dizinleri çalışmaları, küresel-bölgesel ve yerel deprem şebekesi kurma çalışmaları, kıtasal ve denizel alanlarda yapılan yansımada profili çalışmaları, prospeksiyon çalışmaları ve kuvvetli-yer hareketini konu alan çalışmalar olmak üzere sismolojinin tüm araştırma alanlarında kendini göstermiştir.

Küresel ölçekte, çok sayıda ülke ve kuruluşlar halen sayısal sismolojik kayıt düzenine angaje olmuşlar, bazıları ise sayısal kayıt almaya doğru hızlı bir geçiş sürecinin içine girmişlerdir.

---

\* İ.T.Ü Maden Fakültesi  
Jeofizik.Müh.Bölümü  
Ayazağa - İstanbul

## GİRİŞ.

Sismolojide sayısal veri toplama döneminden önce en önemli gelişmelerden biri de 1960 lı yılların başında Dünya standart sismograf şebekesi ( World Wide Standardized Seismograph network) WWSSN'in kurulmuş olmasıdır. Küresel ölçekte ve standart aletlerle donatılmış bu sismograf şebekesi, gözlemsel sismolojideki beklenen temel görevini ve amacını başarıyla yerine getirmiştir.

Örneğin, önemli ağırlığı odak mekanizması çözümlerine ve küresel(Global) sismisiteye dayalı LEVHA TEKTONİĞİ teorisi ve onun sistematik bulguları ancak WWSSN verileri ile izlenebilmiştir. Yine benzer biçimde, sismik risk analizi ve depremlerin önceden haber verilmesi gibi değişik uygulamalarda kullanılan küresel deprem katalogları tamamiyle WWSSN verilerinin birikimi ile meydana getirilmiştir.

Nevar ki, en mükemmel analog kayıt sistemlerinin sınırlı bant imkanlarının ötesine geçebilecek çok ayrıntılı ve hassas inceleme konularına sismolojide acilen gereksinim duyulması sayısal veri toplama arzusunu şiddetlendirmiştir. Zira yüksek ayrıntılılığı(rezolüsyonu) olan özdeğer fonksiyonlarını kullanan spektrumlardan yararlanarak yerçinin ayrıntılı yapısının ve heterojenitesinin incelenmesi, frekans bağımlı Q faktörünün değişiminin incelenmesi, dalga-biçimi (wave-form) analizi ile deprem kaynağının dinamik modellerinin kurulması, çok inceltilmiş hız yapısı modellerinin üretimi, çok hassas ve kesin hiposantr tayinlerinin yapılması arzusu, sayısal veri toplamayı acil duruma getirmiştir.

Çünkü bu türden çalışmaların yapılmasında ve geliştirilmesinde herkese açık, kolay erişilebilen, standart hale gelmiş, geniş frekans bantlı ve geniş dinamik genlik aralığına sahip verilere(sayısal) gereksinim duyulmuştur. Bu gereksinimi gidermede özellikle algılayıcı (sensor) teknolojisinde kaydedilen gelişmelere paralel olarak geribeslemeli(feed-back) sistemli sismometreler, geniş spektral banda ve dinamik genlik aralığına sahip sayısal kayıt alma ve geri-çalma(play back) üniteleri süratle devreye sokulmuştur.

Tabiatıyla, bu teknik donanımsal ivme çok çaplı geniş bir veri toplama kapasitesi sağlamıştır. Ancak burada asıl problem ilgili sayısal verinin teknolojik açıdan nasıl toplanacağı değil, ne tür verinin hangi amaçla toplanması gerektiği, nasıl arşivleneceği, hangi formatta olacağı ve kullanıcılara ne tür prosedürle aktarılacağı konusudur.Eş deyişle sayısal veri yönetimi politikasının ve prosedürünün başından sonuna kadar nasıl yürütüleceği sorunudur. Tabii ki burada

yine en önemli güçlüklerden birisi , bu prosedürün verimli yürütülmesi için ilgili finansman kaynaklarının nasıl sağlanacağı ve sürekliliğinin teminidir.

Neticede, yüksek ayrımlılığa sahip bu türden verilerin gerek araştırma ve gerekse uygulama bazında olsun standart veri tabloları halinde toplanabilmesi, ilgili tüm kullanıcı gruplara, çok kolay erişilebilir düzeyde sunulması, sismolojide bilimsel sonuçların süratle kazanılması için vazgeçilmez koşul haline gelmiştir.

#### Sismolojik Sayısal Veri Toplama Merkezleri.

Sayısal veri toplanması konusunda başarılı projeler dizisi kapsayan Küresel Sismik Şebeke GSN(Global Seismic Network) adlı programı önceleri Savunmada İleri Araştırma Projeleri Ajansı DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) tarafından başlatılmış daha sonra USGS(United States Geological Survey) in yönetimine devredilmiştir. Bu programın temelini oluşturan ve küresel ölçekli en eski sismik şebeke şüphesiz WWSSN dir. Dünya standart sismograf şebekesi donanımı 1960 ların başında, yeryüzünün değişik coğrafi yerlerinde konumlandırılmış 125 istasyonla işleme açılmıştır. Ancak halihazırda 96 tanesi çalışır durumdadır. Bilindiği gibi bu standart istasyonlarda öz titreşim periyodu 15 sn olan uzun periyotlu 3 bileşenden ve öz titreşim periyodu 1 sn olan kısa periyotlu 3 bileşenden oluşan ve analog kayıt yapan sismograf donanımları kurulmuştur.

Ancak 1960 ların sonlarına 1970 lerin başlarına doğru bu küresel sismik şebekeye, 1 sn örnekleme aralığına sahip(sample per second, lpps) , geniş genlik aralıklı ve uzun-periyot bileşenli sayısal kayıt yapabilen HGLP(High Gain Long Period) sismograf donanımından oluşmuş 10 istasyonluk bir şebeke ilaveten devreye sokulmuştur. Bunun yanı sıra 1970 in ortalarına doğrudan 12 adet Sismik Araştırma Gözlemevi SRO(Seismic Research Observatory) isimli istasyon dizisi küresel sismik şebekeye eklenmiştir. SRO istasyonlarında yaklaşık 100 metre derinliğe gömülü kuyu türü sismometreler kullanılmıştır. İlgili donanım saniyede 20 sps lik örnekleme aralığına sahip kısa-periyotlu tek düşey bileşenli kayıtçıdan, ayrıca 1 sps örnekleme aralığına sahip uzun periyotlu 3 bileşenli kayıtçıdan oluşmakta ve tamamen sayısal kayıt yapmaktadır.

SRO istasyonlarında kaydedilen uzun-periyotlu ve kısa periyotlu sinyaller manyetik teybe kaydedilmekte ayrıca yine analog kayıta yapılmaktadır. SRO şebekesiyle ilgili ayrıntılı bilgiler Peterson ve diğ. (1976) ve (1980) tarafından verilmiştir. 1970 li yılların sonunda

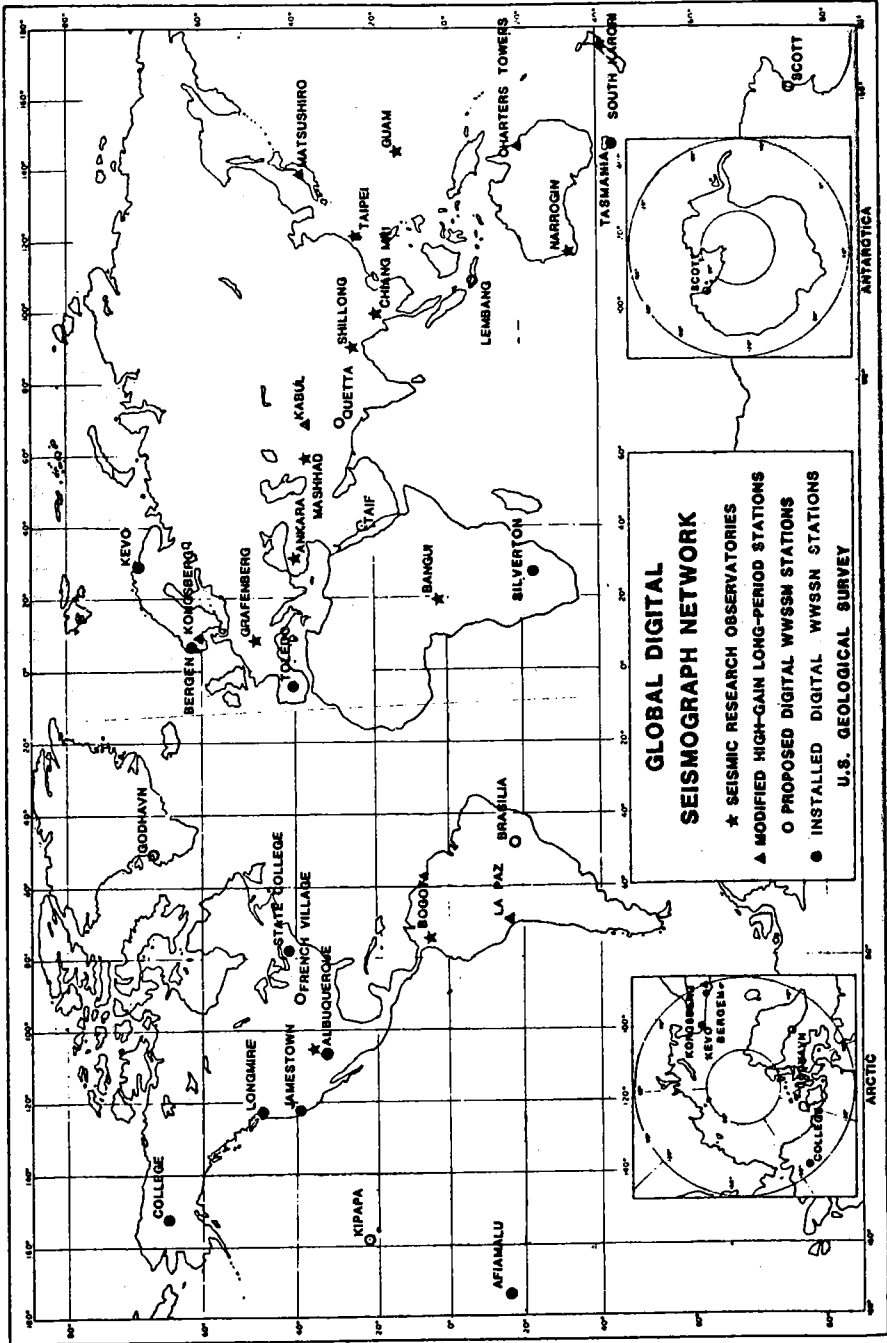
HGLP istasyonlarından 5 tanesine kısa periyotlu ve sadece düşey bileşeni olan donanımlar ilave edildi ve bunlara ASRO (Abbreviated Seismic Research Observatories) ismi verildi ve geri kalan diğer 5 HGLP istasyonları kapatıldı.

1980 li yılların başında ise 14 tane WWSSN istasyonu sayısal kayıt yapabilecek hale dönüştürüldü ve DWSSN (Digital World Wide Standardized Seismograph network ) şeklinde isimlendirildi. DWSSN donanımları da uzun-orta-kısa periyot bantlı, 3 bileşene sahip, uzun periyotlarda 1 sps, orta periyotlarda 10 sps örnekleme aralığına sahip kayıtçıdan oluşmuştur. Kısa periyotlu kayıtçı ise 20 sps örnekleme aralığına sahip olup sadece düşey bileşenden ibarettir. DWSSN ile ilgili ayrıntılı bilgiler Peterson ve Hutt(1982) tarafından verilmiştir. Sonuçta , sırayla vermek gerekirse SRO , ASRO ve DWSSN küresel sayısal sismik şebekeyi GDSN (Global Digital Seismic Network) oluşturan ana bileşenler olmuştur.

Şekil 1 de SRO, ASRO(modifiye edilmiş HGLP), DWSSN istasyonlarından oluşmuş GDSN şebekesinin yeryüzündeki dağılımı görülmektedir. Öte yandan Kuvvetli Yer Hareketi (Strong Motion) içinde sayısal veri toplamak amacıyla IDA ( International Deployment of Accelerometers ) isimli şebeke kurulmuştur. Bu şebekeye başlangıç baz istasyon olarak San Diego daki California Üniversitesine (University of California at San Diego - UCSD) ilk donanım kurulmuştur. Bu donanımda , özellikle deprem kaynak mekanizmasını ve özellikle yeriçi yapısını çalışmada çok kullanılan yerin serbest salınımlarını incelemede yarar sağlayacak türde çok uzun periyotlu ( 1 dakika ve ötesinde ) ve düşey bileşenli sayısal veri kaydedecek sistem geliştirilmiştir.

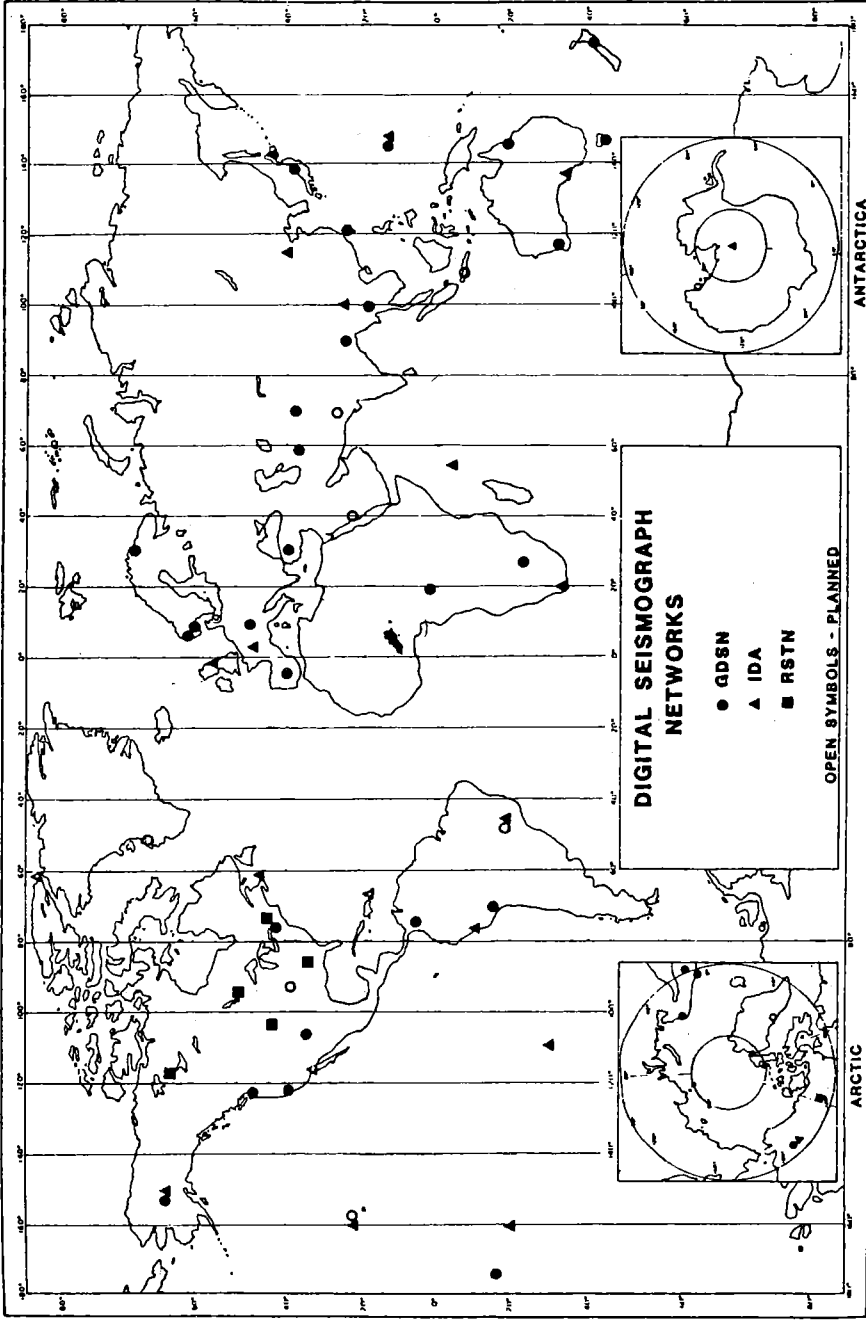
Küresel ölçekte 18 tane IDA istasyonu kurulmuştur. Ayrıca yenileride ilave olarak planlanmaktadır. Ayrıca Kuzey Amerikada 5 istasyonluk Bölgesel Sismik Test Şebekesi RSTN ( Regional Seismic Test Network ) isimli yeni bir şebeke, küresel sayısal sismik şebekeye GDSN e katılmıştır. Bu şebekedeki - RSTN - donanımlar kuyu türü sismometrelerden oluşmuş , uydu vasıtasıyla zaman ayarı alabilen , herbiri 3 bileşenli ve uzun-orta-kısa periyot bantları olan ve herbiri için sırasıyla 1, 4, ve 10 sps örnekleme aralığına sahip kayıtçılardan oluşmuştur. Bu istasyonlarda, başta kaydedilen sayısal sinyal olmak üzere, her türlü bilgi(kalibrasyon, senkronizasyon,vs, gibi) kontrol merkezine telemetrik olarak iletilmektedir.

Şekil 2 de, GDSN, IDA ve RSTN şebekelerine ait istasyonların küresel ölçekteki dağılımı görülmektedir. Şekil 3 te ise, ASRO, SRO, DWSSN, IDA ve RSTN isimli sayısal veri toplayan şebekelerdeki donanımların rölatif genlik büyütme eğrileri kıyaslamalı biçimde birarada

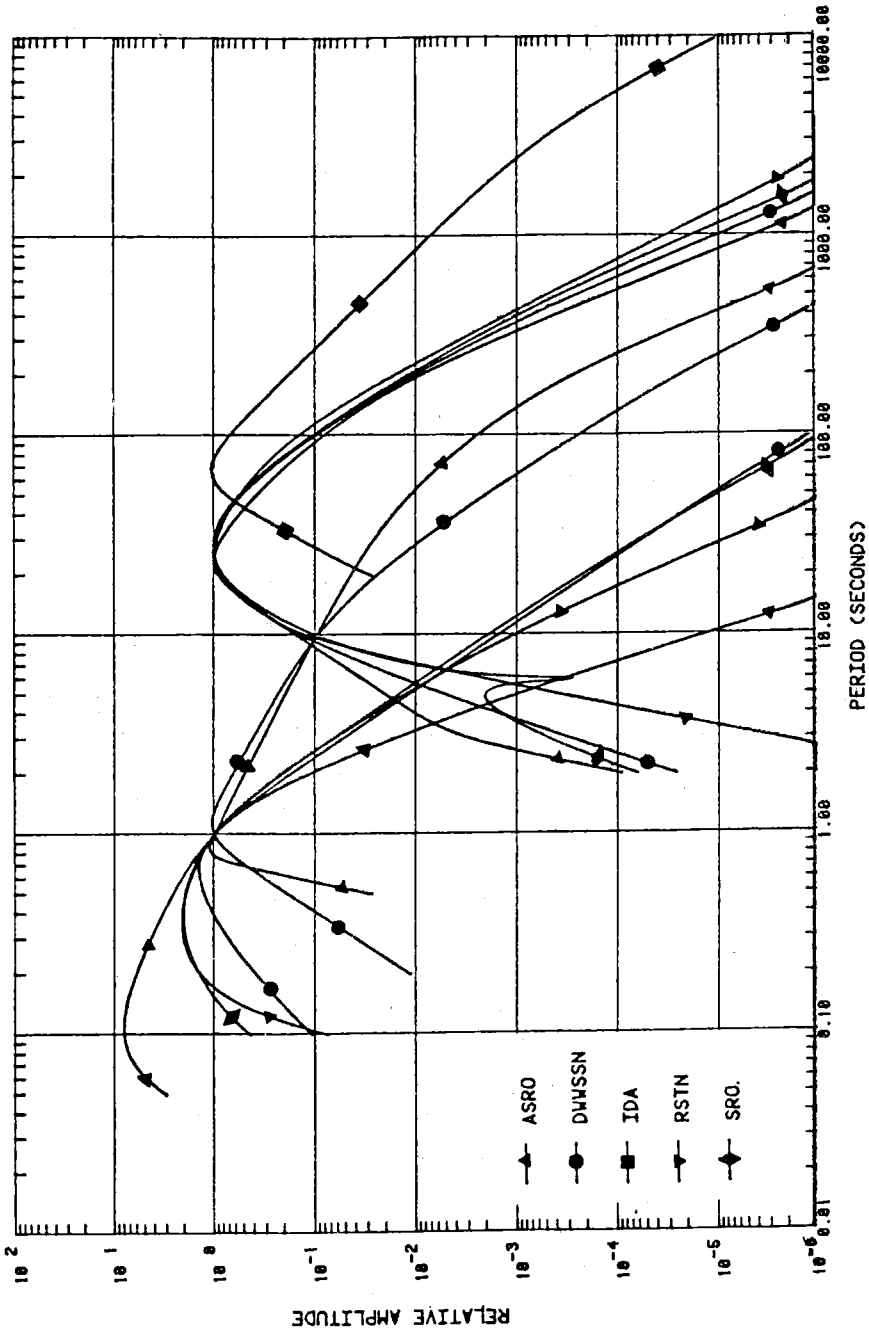


Şekil 1. Küresel ölçekteki sayısal sismolojik veri toplama şebekesine (GDSN) dahil istasyonların yerküre üzerindeki dağılımı (Engdahl ve diğ. 1982).





Şekil 2. Küresel ölçekteki, sayısal sismolojik veri toplayan şebekeler (Engdahl ve diğ. 1982).



Şekil 3. GDSN , IDA ve RSTN sistemlerinde kullanılan sismograf donanımlarının Rölatif genlik tepki karakteristikleri (Engdahl ve diğ. 1982).

görülmektedir. GDSN şebekesine ilaveten ayrıca yine, Küresel Telemetrik Sismik Şebeke GTSN (Global Telemetric Seismic Network) isimli yeni bir şebekenin Batı yarımküresinin Güney kısmında 12 tane istasyondan oluşacak şekilde kurulması planlanmaktadır.

### Sismolojik Sayısal Verilerin Toplanması ve Dağıtımı.

1976 yılından beri küresel sayısal sismik şebeke GDSN e bağlı değişik istasyonlardan gelen veriler DARPA tarafından günlük teypler halinde ikili(binary) formatta biriktirilmektedir. 1980 yılından beride USGS in standart bilgiyi kodlama açısından kullandığı format türü binary(ikili) sistemdir. Binary kodla teyplerde toplanan sayısal veriler genellikle 1 veya 2 haftalık verileri kapsamaktadır. GDSN e bağlı şebekelerin bütün istasyonlarından gönderilen ham veri yüklü teypler USGS in Albuquerque'deki sismoloji laboratuarında ASL de, gelen analog kayıtlarla birlikte toplanmaktadır.

Bu merkezde tüm teyplerdeki veriler yeniden dökülmekte ve bazı otomatik prosedürlerden geçirilmektedir. Bu otomatik prosedür, sinyallerin seçimi, kalibrasyon işlemleri, zaman hatalarının düzeltilmesi, yeniden formatlama, listeleme, bazı verilerin atılması, kalite-kontrol gibi ilerde kataloglama çalışmalarına ön hazırlığı oluşturan aşamalardan ibarettir. Keza grafik özelliği olan ekranlar kullanılarak sinyal görsel olarak denetimden geçirilir. Bu otomatik prosedür, her bir istasyondan gelen teybe uygulanmakta sonuçta teyplerdeki veri tüm şebekeyi temsil edecek şekilde büyük bir DİSK'e dökülmektedir.

Bu diske şebekenin günlük veri formatı( Network-Day Tape format) ismi verilmektedir. Bu şebekenin, günlük veri teybi 9 izli ve 1600 bpi(byte per inch) standardında olup birer kopyaları, USGS in Golden Colorado daki sayısal merkezine ve 4 bölgesel merkeze yollanmaktadır. Bu 4 bölgesel merkezden ikisi doğuda Virginia'daki Alexandria ve Harward üniversitesindeki sismik veri işlem merkezidir. Diğer ikisi ise Orta Amerikadaki Saint Louis ve batı kıyıdaki California Teknoloji Enstitüsünde'ki veri işlem merkezidir. Tabiki bu arada teyplerin asıl kopyaları ASL de arşivde saklı tutulmaktadır. Bütün bunların yanı sıra teyplerin bir kopyasında Boulder Colorado'daki Ulusal Jeofizik ve Güneş-Gezegenler veri merkezi NGSDC (National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center) e yollanmaktadır. NGSDC, küresel ölçekte sayısal sismolojik veri toplamak için kurulan GDSN verilerinin diğer benzeri veri gruplarıyla ulusal düzeyde arşivlenmesi için kurulmuştur.

Yine; şebeke-günlük teyp formatı adı altında toplanan veriler yine 9 izli 800 veya 1600 bpi lık teyplerde saklanmakta ve belli

bir kopya ücreti karşılığı dağıtımı yapılmaktadır. Keza bunun yanı sıra GDSN nin analog kayıtlarının mikrofilm kopyalarında aynı merkezden temin edilebilmektedir.

Öte yandan Golden Colorado'daki merkez ise bu verilere gereksinim duyan herkese, belli bir ücret karşılığı sayısal verinin yüklü olduğu teybin dışında bu bilgilerin teypten nasıl okunacağını açıklayan ve FORTRAN'da yazılmış bir program yazılım (software) paketinide birlikte vermektedir. Bu yazılım paketi özellikle GDSN verisinin okunmasında kullanılan, bilgisayar türünden bağımsız kalacak şekilde dizayn edilmiştir. Yine bu yazılım paketi bütün bilimsel kuruluşlara gerek dokümantasyon gerekse diğer amaçlar için, yaygın biçimde belirli koşullarla dağıtılmaktadır.

Öte yandan kuvvetli- yer hareketinin sayısal verilerini toplayan IDA şebekesinin verilerinin direkt dağıtımı ise UCSD den (University of California at San Diego) yapılmaktadır.

#### Sayısal Verilerin Kullanıldığı Araştırma Konuları.

Küresel ölçekli sismolojik sayısal verilerin araştırma bazlı uygulamalarda nasıl yer aldığını özetleyen ayrıntılı bir rapor Engdahl ve diğ.(1982) tarafından hazırlanmıştır. Hazırlanan bibliyografik türdeki bu raporda, sayısal verilerin içeriğinin yapısının ; atenuasyon karakteristiğinin anlaşılmasında, kaynak mekanizmasının tayininde nasıl kullanıldığı ve ne tür çalışmalar yapılabildiğinin isimleri ve listesi verilmiştir.

Bu konuda fikir vermek açısından dikkate değer gördüğümüz araştırmaları aşağıda izleyen sırada belirtmekte yarar görüyoruz. Engdahl ve Kanamori(1980) , bugüne kadar rutin biçimde kaynak mekanizmasının modellenmesi açısından yorumlanan ve tahmin edilen Sismik Moment Tansör gibi başka yeni kaynak parametrelerinin incelemesini, sayısal veri kullanarak yaptılar. Dziewonski ve diğ.(1981) ve Sipkin(1982) sayısal dalga-biçimi verilerini kullanarak, yine rutin kaynak parametresi tayinleri yaptılar.

Von Seggern ve Alexander(1983) birden fazla istasyon kullanarak, uzun peryotlu SRO kayıtlarının yağmasını yapmak suretiyle, büyük depremlerden önceki bildirici (precursors) olaylardan sayılan ve çok uzun süreli ve yavaş seyreden deformasyon değişiminin genel bir etken olmadığını gösterdiler. Kanamori ve Given(1981) çok hızlı kaynak mekanizması tayinine yarayan ve uzun peryotlu yüzey dalgalarını kullanan bir tekniği geliştirdiler ve bu tekniği sayısal verileri kullanarak 1980 yılında oluşmuş tüm büyük depremlere uyguladılar (Kanamori ve Given 1982).

Yeriçinin dinamik işlevlerini anlayabilmede yanal heterojenitenin incelenmesi bilindiği gibi temel konudur. Bu nedenle yeriçinin fiziksel özelliklerindeki yanal değişimleri saptamak için ; yeriçinin çok özel derinliklerinden geçip gelen cisim dalgaları( ara yüzeylerde mod değiştiren dalga fazları, çekirdekten kırılmalar,  $S_cS$  in çok katlı fazları), yerin serbest salınımları ve uzun periyotlu yüzey dalgalarının özelliklerinden yararlanarak çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yanal heterojeniteyi saptamaya yönelik bu araştırmalara ; Dziewonski ve Steim(1982) , North(1979), Sipkin ve Jordan(1980 b) örnek verilebilir.

Çok geniş frekans bantlı ve geniş dinamik genlik aralığına sahip sayısal veriler; yerin atenüasyon özelliğinin frekans bağımlı karakteristiğini tanımaya yönelik çalışmalarda da çok önemli rol oynamıştır. Bu konuda yapılan ve sayısal verilerin kullanıldığı Q çalışmalarına , Choy ve Cormier(1982), Cormier(1982), Der ve diğ.(1982), Jordan ve Sipkin (1977), Sipkin ve Jordan(1980 a), Bulland ve diğ.(1979), Riedesel ve diğ. (1980) ve Masters ve Gilbert(1981) örnek verilebilir.

Yine bölgesel kabuk yapısı tayinleri için sayısal verilerin kullanıldığı çalışmalara, yüzey dalgalarının dispersiyon analizi, yüksek moddan yüzey dalgalarının( $L_g$ ) incelenmesi, geniş açılı yansımaları refraksiyona uğramış fazları içeren bölgesel cisim dalgalarının analizleri örnek gösterilebilir. Zaten şu anda kabuk çalışmalarının çok önemli bir kısmı doğrudan doğruya sayısal veri analizleri sayısal modelleme ile ilgilidir.

Bütün bu araştırma ve uygulamaların etkileyici görünümüne rağmen yüksek ayrımlılığa sahip sayısal verileri kullanma potansiyeli, gözlemsel sismolojide her sahada tam anlaşılabilir düzeyde olma açısından halen başlangıç seviyesindedir. Ancak şu nokta gayet açıktırki sayısal sismik verilerin kullanımı, sismolojik araştırmaların bütün hepsinde gözlenebilir bir yükselmeye geçmişte olduğu gibi gelecekte de neden olacaktır.

K A Y N A K L A R

- Buland, K., J. Berger, and F. Gilbert., 1979, Observation from the IDA network of "attenuation" and splitting during a recent earthquake Nature, 277, 358-362.
- Choy, G.L. and J. Boatwright., 1981, The rupture characteristics of 2 deep earthquakes inferred from broadband GDSN data. Bull. Seism. Soc. Am. 71, 692-711.
- Choy, G.L. and V.F. Cormier., 1983, The structure of the inner core inferred from short-period and broad-band GDSN data. Geophys. J. R. Astron. Soc. 72, 1-21.
- Cormier, V.F., 1982, the effect of attenuation of seismic body waves. Bull. Seism. Soc. Am. 72, 169-200.
- Der, Z.A., W.D. Rivers, T.W. McElfresh, A.O'Donnell, P.J. Klouda, and M.E. Marshall, 1982, Worldwide variations in the attenuative properties of the upper mantle as determined from spectral studies of short period body waves. Phys. Earth Planet. Inter. 30, 12-25.
- Dziewonski, A.M. and J.M. Steim, 1982, Dispersion and attenuation of mantle waves through waveform inversion. Geophys. J. R. Astron. Soc. 70, 503-527.
- Dziewonski, A.M., T.A. Chou, and J.H. Woodhouse, 1981, Determination of earthquake parameters from waveform data and for studies of global and regional seismicity. Journ. Geophys. Res. 2825-2852.
- Engdahl, E.R. and H. Kanamori, 1980, Determination of earthquake parameters EOS, Trans. Am. Geophys. Union. 61, 62-64.
- Engdahl, E.R., J. Peterson, and N.A. Orsini, 1982, Global digital networks: current status and future directions. Bull. Seism. Soc. Am. 72, 6, S243-S260.
- Jordan, T.H. and S.A. Sipkin, 1977, Estimation of the attenuation operator for multiple  $S_cS$  waves. Geophys. Res. Lett. 4, 167-170.
- Kanamori, H. and J.W. Given, 1981, Use of long-period surface waves for fast determination of earthquake source parameters. Phys. Earth. Planet. Inter. 27, 8-31.
- Kanamori, H. and J.W. Given, 1982, Use of long-period surface waves for fast determination of earthquake source parameters 2. Preliminary determination of source mechanism of large earthquakes ( $M_s$  6.5) in 1980. Phys. Earth. Planet. Inter. 30, 260-268.
- Masters, G. and F. Gilbert, 1981, Structure of the inner core inferred from observations of its spheroidal shear modes. Geophys. Res. Lett. 8, 569-571.
- North, R.G., 1979, Lateral variations in Mantle Love-wave dispersion from SRO data. Semi-annual Technical discrimination 31 March 1979, 50-51 and 63-64. MIT Lincoln Laboratory.
- Peterson, J., 1980, Preliminary observations of noise spectra at the SRO and ASRO stations. U.S. Geological Survey Open-file report. 25 p. 80-992.

- Peterson, J., H.M. Butler, L.G. Holcomb, and C.R. Hutt, 1976, The seismic Research Observatory. *Bull. Seism. Soc. Am.* 66, 2049-2068.
- Peterson, J., and C.R. Hutt, 1982, Test and calibration of the digital worldwide standardized seismograph. U.S. Geological Survey Open-file report.. 82-1087, 170. page.
- Riedesel, M., D. Agnew, J. Berger, and F. Gilbert, 1980a, Stacking for the frequencies and  $Q$ 's of  ${}_0S_0$  and  ${}_1S_0$ . *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 62, 457-471.
- Sipkin, S.A., and T.H. Jordan, 1980b, Regional variation of  $Q_{S_cS}$ . *Bull. Seism. Soc. Am.* 70, 1071-1102.
- Sipkin, S.A., 1981, Seismic moment tensor inversion using a multichannel appraisal deconvolution approach (abstract). IASPEI, London, Canada.
- Sipkin, S.A., 1982, Estimates of earthquakes source parameters from the inversion of waveform data --1. Synthetic waveforms. *Phys. Earth Planetary. Inter.* 30, 242-259.
- Von Seggern, D., and S.S. Alexander, 1983, Search for ultra-long-period seismic precursors prior to Major earthquakes. *Phys. Earth. Planet. Inter.* (in press).

# 24 NİSAN 1988 KUZEY MARMARA DENİZİ DEPREMİ VE ARTCI DEPREM ETKİNLİĞİ

E. Ayhan, D. Kalafat, Ş. İnce, Z. Ögütçü (\*)

## Summary

In this study the properties of the aftershock sequence and the isoseismal map of the northern Marmara sea earthquake of April 28, 1988 ( $m_b = 5.0$ ) which took place in the Marmara region are investigated. The data were obtained from Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Observatory seismic network. Epicenter of the main shock calculated as  $40.93^\circ\text{N}$  and  $28.07^\circ\text{E}$ , the origin time was 20 49 34.3 U.T. Locations of 14 aftershocks have been determined for 1000 hours after the main shock. Apart from this, while investigating the seismicity in general in the Marmara sea region, a coincidence has been found between the distribution of the epicenters and the models of the tectonical structure of the region (İ. Ketin 1966., A. Barka 1987). Isoseismal map of the main shock is prepared by interpreting of the replies to questionnaires and the intensity at the epicenter was found as V.

## Özet

Bu çalışmada 24 Nisan 1988 Kuzey Marmara Denizi depremi ( $m_b = 5.0$ ) ve onu izleyen deprem etkinliği 1000 saatlik bir süre içinde incelenmiştir. Bu incelemede Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi deprem istasyonları ağının verisinden yararlanılmıştır. Ana depremin dış merkezinin koordinatları  $40.93^\circ$  Kuzey enlemi,  $28.07^\circ$  Doğu boylamı olarak bulunmuştur. Artçı depremlerden 14 adetinin episantr çözümü yapılmıştır. Ayrıca bölgenin depremselliğine genel bakış sırasında, Marmara denizinin tektonik yapısına ait İ. Ketin (1966) ve A. Barka (1987) tarafından öne sürülen modellerin deprem dış merkez dağılımları ile uygunluk gösterdikleride saptanmıştır. Ana depremin eşşiddet haritası standard anket değerlendirmesi yapılarak çizilmiş olup episantr'daki şiddet V olarak bulunmuştur.

(\*) Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Sismoloji Laboratuvarı



## GİRİŞ

24 Nisan 1988 de yerel saat ile 22:49 da Marmara Denizi çevresindeki yerleşim merkezlerinde yaşayan vatandaşlarımız şiddetlice bir deprem ile sarsıldı, Marmara denizinin kuzeyinde Silivri açıklarında meydana gelen bu depremin parametreleri Milletlerarası Sismoloji Merkezlerince aşağıdaki gibi verilmiştir :

<b>Kaynak</b>	<b>Oluş Zamanı (GMT)</b>	<b>Episantr koordinatları</b>	<b>Derin- lik</b>	<b>Mağ- nitüd</b>
NEIS (U.S. Department of the Interior Geological Survey, National Earthquake Information Service)	20 49 33.60	40.86 Kuzey 28.23 Doğu	15 km.	$m_b=5.0$
CSEM (Centre Sismologique Euro Mediterraen)	20 49 36.01	40.85 Kuzey 28.24 Doğu	10 km.	

Bu saptamalara göre depremin episantrı Marmara Denizi'nin kuzeyinde Silivri açıklarındadır.

Marmara bölgesinde şiddetlice hissedilen deprem can ve mal kaybına ve yaralanmalara neden olmamıştır. Ana depremi izleyen günlerde, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinin Türkiye'nin batı kısmındaki deprem istasyonlarınca kaydedilip deprem parametreleri saptanmış, 14 adet artçı deprem kaydedilmiştir. Bu depremler Liste-1 de verilmiştir. Bunların yanında episantra yakın deprem istasyonlarınca kaydedilmiş, ancak yeterli verinin olmaması nedeniyle episantr çözümü yapılamamış pek çok artçı deprem mevcuttur.

Depremin eşşiddet (isoseist) dağılımı haritası Marmara bölgesindeki yerleşim birimlerinde yaşayan kişilere gönderilen standard anket fişlerinin değerlendirilmesi sonucu çizilmiştir. Harita-1 de verilmekte olan ve buradanda anlaşılacağı gibi deprem episantrının içinde bulunduğu eşşiddet eğrisi V e tekabül etmektedir. Bu çalışmada artçı deprem araştırmasının yanında bölgenin geçmişteki deprenselliğinin ana hatları belirlenerek tektonik yapısı ile araştırılmıştır.

## BÖLGENİN TEKTONİK YAPISI

Türkiye, Alp-orojenez sistemine dahil olup, Alp orojenezinin hemen bütün safhalarını geçirmiştir. Türkiye'nin tektonik birimleri kuzeyden güneye doğru dört ünite halinde gösterilmektedir (Ketin, 1959). Bunlar sıra ile;

1 — Kuzey Anadolu sıra dağları veya geniş anlamı ile Pontitler. Bu bölge Marmara havzasının, Biga ve Karaburun yarımadalarınında içersine alır.

2 — İç Anadolu bölgesi veya geniş anlamı ile Anatolitler.

3 — Güney Anadolu sıra dağları veya geniş anlamı ile Toroslar (Ege - İranid kavisler de dahil).

4 — Güneydoğu Anadolu sıra dağları veya kenar kıvrımlar bölgesi.

Marmara çevresindeki masifler Paleozoik yaşlı olup, Kaledoniyen ve Hersenien orojenezleri esnasında gelişmişlerdir. Marmara bölgesinin tektonik yapısında son jeolojik çağlarda oluşmuş fay sistemleri önemli rol oynar (Ketin, 1968). Harita-2 de Marmara bölgesinde yer alan ve araştırma alanımızın deprenselliğinde etkin rol oynayan kırık sistemleri verilmektedir. Görüldüğü gibi Saros körfezinden başlayıp, Marmara Denizi'nin içinden geçerek İzmit körfezine ulaşan Graben çizgisi vardır. Bunun güneyinde Bandırma'dan başlayıp Gemlik körfezine doğru uzanan fay çizgisi yer alır. Daha güneyde ise Manyas gölü depresyonu ve Yenice - Gönen fayı bulunmaktadır. Bu bölge Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağının batı ucu olarak görülür. Marmara bölgesinde gayet açık olarak üç lineasyon mevcuttur. Bunlardan birisi Marmara denizinin ortasından geçmekte olan Doğu - Batı hattı, diğeri 1953 te meydana gelen Yenice - Gönen depreminin yatık kırıklarını izleyen hattır ve jeolojik faylarla ilgilidir (Ketin, 1968) Üçüncü lineasyon ise Ketin, 1966 tarafından tespit edilen pontid ve anatolit yapısal bloklarının birleştikleri yer boyunca görülmektedir. Araştırma bölgesindeki depremlerin büyük bir kısmı jeolojik fayların yakınlarında meydana gelmiş olup Harita - 2 de tanımlanan faylarla uygunluk göstermektedirler. Ayrıca Barka 1987 tarafından önerilen ve Harita - 3 de görülen Tektonik Modelle'de deprem episantrallarının dağılımı uygunluk göstermektedir.

## BÖLGE DEPREMSELLİĞİNE GENEL BAKIŞ

Bölgenin deprenselliğinin ana hatlarını belirlemede, son yüz yılda oluşan büyük depremlerin ( $M_s \geq 4.5$ ) dökümünün yanısıra, son on yılın deprenselliği daha düşük magnitüd seviyesine inilerek incelenmiş ve 1.1. 1987 ve 20.4.1988 tarihleri arasındaki deprem etkinliği ise magnitüd sınır-

laması yapılmadan tüm depremleri içerecek şekilde araştırılmıştır. Harita - 4 de bölgede meydana gelen  $M_s \geq 4.5$  olan depremlerin episantrları oluş yılları ile birlikte gösterilmiştir. Bu haritadan tarihsel depremlerin bölgedeki belli başlı kırık sistemlerini izlediği görülmektedir. Şekil - 1 de tarihsel depremlerin yıllara göre dağılımı ve yıl içinde gözlenen en büyük magnitüdüler verilmektedir. 100 yıllık dönem içinde  $M_s \geq 4.5$  olan 30 adet deprem saptanmıştır. Bu depremlerden 8 inin magnitüdü 5.5 dan, 2 sinin ise 7.0 dan büyüktür. 1970 yılından itibaren Kandilli Rasathanesinin Batı Türkiye'de deprem istasyonları kurmaya başlaması ile birlikte küçük magnitüdü depremlerin yerlerinin ve büyüklüklerinin belirlenebilme olanağı doğmuştur (Ayhan ve Sancaklı 1983., Üçer ve arkadaşları 1977, 1979, 1980., Alsan ve arkadaşları 1980., Başarır ve arkadaşları 1980., Tezuçan ve arkadaşları 1982., Ayhan ve arkadaşları 1983., Sancaklı ve arkadaşları 1984).

Şekil - 2 de 1978 - 1987 depremlerinin yıllara göre sayıca dağılımı ve yıl içinde erişilen en büyük magnitüdüler gösterilmiştir. Şekildeki düz çizgiler  $m_b \geq 3.0$ , kesikli çizgiler ise  $m_b < 3.0$  olan depremlerin sayılarını vermektedir. Harita - 5 de 1978 - 1987 arasında bölgede  $m_b \geq 2.5$  olan depremlerin dış merkezlerinin dağılımı gösterilmiştir. Haritadan görüldüğü gibi, deprem dış merkezlerinin dağılımı Ketin'in (1968) tanımladığı faylara uyum göstermekte ise de Barka'nın (1987) tektonik modelindeki hatlarla daha fazla uyum içindedirler.

İnceleme alanının ana depremden bir sene öncesinden ve ana depremden sonraki artçı depremlerini de içeren depremselliği, bölgede olmuş tüm depremleri içerecek şekilde incelenmiş ve Şekil - 3 de bu depremlerin aylara göre oluş sayıları ve her ay içinde oluşmuş en büyük magnitüdüler verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere inceleme alanının  $40.4^\circ - 41.3^\circ N$ ;  $27.3^\circ - 29.0^\circ E$  koordinatları arasını kapsamış olması, dolayısıyla kuzey Marmara Depremi'nin dışında diğer etkinlik bölgelerini de içermesinden incelediğimiz depremin daha iyi etüd edilebilmesi için inceleme alanı biraz daha ufaltılarak  $40.6^\circ - 41.2^\circ N$ ;  $27.8^\circ - 28.6^\circ E$  koordinatlarına kaydırılmıştır. Harita - 6 da daraltılmış bölgede 1.1.1987 - 13.6.1988 yılları arasında oluşmuş depremlerin dış merkezlerinin dağılımı verilmiştir. Ayrıca bu bölgedeki depremlerin aylara göre sayısal dağılımı ve en büyük magnitüdüleri incelenerek Şekil - 4 de verilmiştir. Harita - 6 ve Şekil - 4 den görüleceği üzere Kuzey Marmara Denizi depreminin 20 km batısında 1987 yılında bir etkinliğin olduğu ve bu etkinliğin Temmuz ayında yoğunluk kazandığı görülmektedir. 1987 Aralık ayından itibaren inceleme alanında bariz olarak bölgenin etkinliğinin durgunlaşma gösterdiği, Mart 1988 den itibaren ise artışın başladığı ve 24.4.1988 de ise 5.0 magnitüdü depreme ulaşıldığı görülmektedir.

## VERİ SEÇİMİ

24 Nisan 1988 Kuzey Marmara Denizi Depremi ile birlikte Marmara denizinin tektoniğinin araştırıldığı bu çalışmada Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesinin Batı Türkiye'deki deprem istasyonları ağıının kayıtları kullanılmıştır.

Harita-7 de Kandilli Rasathanesi'nin deprem istasyonlarının yerleri gösterilmiştir. Haritada üçgen ile gösterilenler radyo bağlantılı istasyonlardır ve merkez istasyon ISK (İstanbul Kandilli) ile bağlantı halindedirler. Merkez istasyonda öz periyotları 1.0 sn olan Benioff sismometreli ve kinemetriks kayıtçılı sismoğraf sistemleri üç bileşen olarak ve maksimum deplasman büyütmeleri 0.25 sn de 60000 civarında olacak şekilde çalıştırılmaktadırlar. Radyo bağlantılı istasyonlarda 1.0 sn öz periyodlu Willmore Mark III tipi düşey sismometreler çalıştırılmakta olup, sinyaller merkez istasyondaki alıcılar vasıtasıyla manyetik band üzerine kaydedilmekte ve aynı anda da analog olarak kayıtçı tamburları üzerine mürekkepli kayıt alınmaktadır. Diğer deprem istasyonlarında ise 1.0 sn öz periyodlu Teledyne-Geotech S13 düşey sismometreler kullanılmakta ve mürekkepli kayıt alınmaktadır. Bu sismoğraf sistemlerinin maksimum deplasman büyütmeleri 0.2 sn de 200 000 civarındadır.

## DEPREM PARAMETRELERİNİN SAPTANMASI

Episantr çözümleri Flinn 1960 tarafından verilen yöntemin geliştirilmesiyle elde edilen bilgisayar programının (Üçer ve arkadaşları, 1977) kullanılmasıyla elde edilmiştir. Batı Anadolu kabuk yapısı tam olarak bilinmediğinden yaklaşık bir yapı olarak Herrin (1968) tarafından verilen kabuk modeli benimsenmiştir. Bu nedenle elde edilen odak derinliklerine güvenilirlik az olacağından, bu çalışmada derinliklere yer verilmemiştir. Çözümlemede ana depremin parametreleri aşağıdaki gibi bulunmuştur :

Oluş zamanı = 20<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> 34.3<sup>s</sup> (GMT)

Episantr'ın Enlemi = 40.93° Kuzey

Episantr'ın Boylamı = 28.07° Doğu

Bu deprem ile ilgili belirgin bir öncü deprem etkinliği saptanamamıştır. Artçı deprem araştırması, 24.4.1988 - 13.6.1988 arasında meydana gelen 14 adet deprem için yapılmıştır. Depremlerin aletsel büyüklükleri (Magnitüd)  $M = a + b \log T + c \Delta$  şeklinde ifade edilen süreye dayalı genel bağıntı ile bulunmuştur. Bu bağıntıdaki a, b ve c katsayıları batı Türkiye deprem istasyonları ağı için hesaplanılmış bulunmaktadır (Üçer ve arkadaşları 1977, 1980). Bir deprem için muhtelif istasyonlar-

dan süreye bağlı mağnitüd ( $m_b$ ) elde edilmekte ve bu mağnitüdlerin ortalaması o depremin mağnitüdü olarak alınmaktadır.

## **ARTÇI DEPREMLERİN EPİSANTR DAĞILIMI**

24.4.1988 - 13.6.1988 tarihleri arasındaki artçı depremlerin yer aldığı Harita - 8 deki depremlerin dış merkez çözümleri bilgisayar programı kullanılarak bulunmuştur. Sayıları fazla olmayan bu artçı depremler çoğunlukla ana depremin oluştuduğu koordinatlarda birikmişler ve fazlaca bir saçılma göstermemişlerdir. Artçı deprem etkinliğinin gösterdiği en büyük mağnitüd 3.3 olmuştur.

## **SONUÇ**

Bu çalışmada 24.4.1988 Kuzey Marmara Denizi Depremi ve ardından gelen artçı deprem etkinliğinin karakteristikliklerinin yanında Marmara denizi'nin uzak ve yakın geçmişteki depremselliğini belirleyebilecek karakterler ve tektonik yapı ile olan ilişkiler açısından ele alınmış ve aşığıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Deprem parametrelerinin bilgisayar ile saptanmasında, ana depremin episantrı Marmara denizinin kuzeyinde 40.93° Kuzey ve 28.07° Doğu olarak bulunmuştur.

Artçı depremlerde saptanan en büyük mağnitüd 3.3 dür. Ana depremin 14 adet gibi az sayıda episantr çözümlü yapılabilmiş artçıları tespit edilmiştir. Deprem son yıllarda İstanbul'a çok yakın ve mağnitüdünün de yüksek ( $m_b = 5.0$ ) oluğu nedeni ile dikkat çekicidir. Araştırma bölgesi, detaylı incelemenin başlangıç tarihi olan 1.1.1978 den araştırmanın bitim yılına kadar devamlı olarak etkinliğini sürdürmüştür. Şekil - 1 den görüleceği üzere bölgede 1978 yılındaki yüksek sayıdaki deprem etkinliği 1979 ve 1980 yıllarında nispeten durgun bir dönem geçirdikten sonra 1981 yılından itibaren tekrar yoğunluk kazanmaya başlayarak araştırmanın bitim yılına kadar bu etkinliğini sürdürmüştür. Bölgede görülen ana etkinlik bölgeleri aşığıdaki yörelerde gözlenmiştir :

A — Mürefte - Marmara Adası Deprem Etkinliği : İnceleme süreci boyunca etkinliğini sürekli olarak sürdürmüş olup 1985 ve 1986 yıllarında en yoğun dönemlerine ulaşımıştır.

B — Marmara Ereğlisi Deprem Etkinliği : Bu etkinlik bölgesinde deprem oluşumu sürekliliğini korumuş olup 1981 ve 1983 yılları etkinliğin en coşkulu dönemlerini oluşturmuştur.

C — Çınarcık Deprem Etkinliği : Sürekliliğini koruyan etkinlik en yoğun dönemini 1985 yılında gerçekleştirmiştir.

D — Gemlik Körfezi Deprem Etkinliği : 1980 yılından itibaren gözlenmeye başlayan etkinlik 1982 ve 1987 yıllarında en yoğun dönemlerini gerçekleştirmiştir.

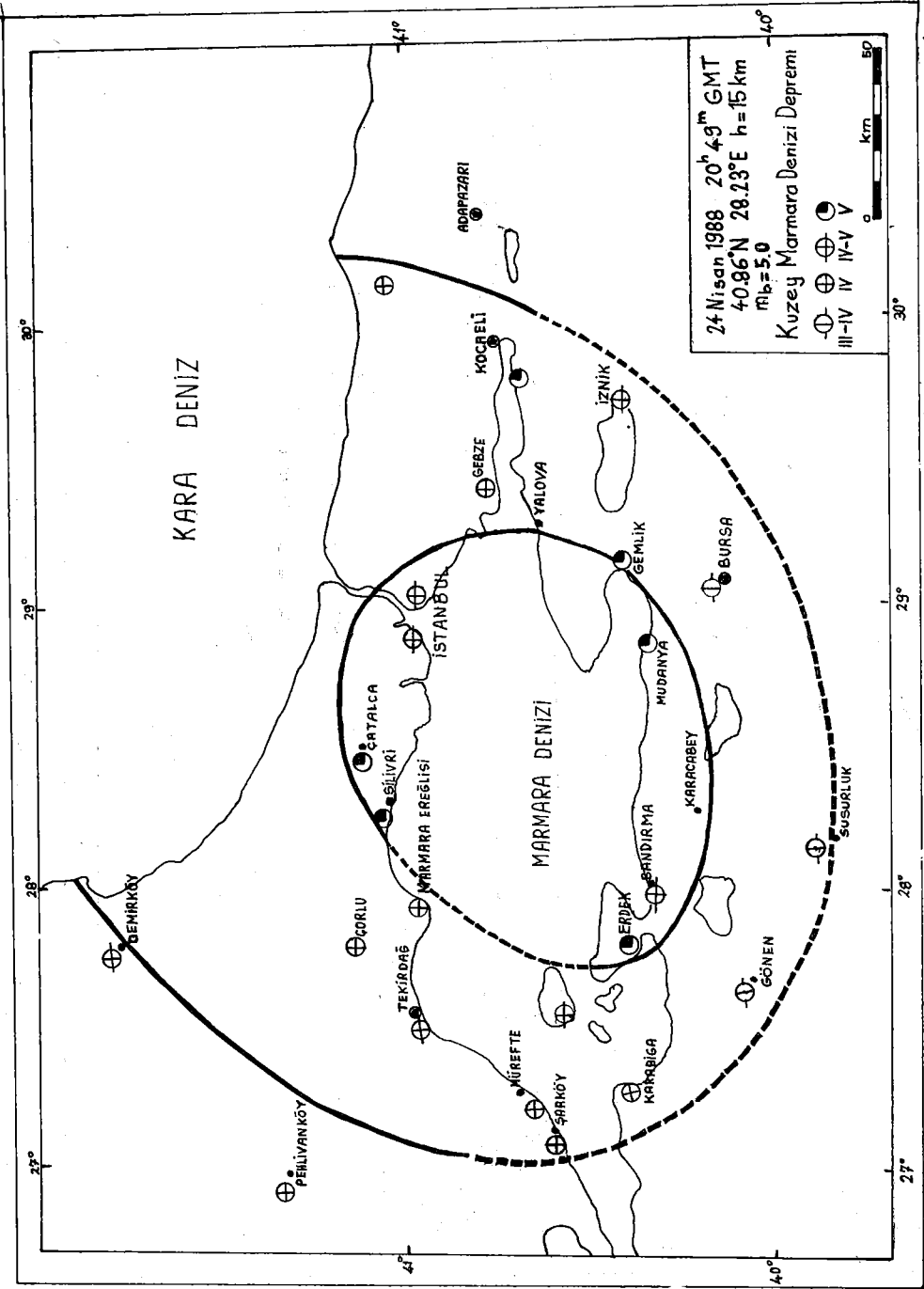
E — Karabiga Deprem Etkinliği : 1979 yılından itibaren etkinlik bölgesinde oluşan depremlerle gözlenmeye başlanan etkinlik süreklilik göstermemiş olup 1982 yılından itibaren yoğunluk kazanmaya başlayıp 5 Temmuz 1983 Biga depreminden sonra en yoğun dönemine ulaşmış olup araştırmanın bitim tarihine kadar etkinlikle ilişkili depremlerin devam ettiği gözlenmiştir.

Yukarıda değinilen bu etkinlik merkezleri Marmara Denizi'nin tektonik hatları boyunca yer almakta olup, bu durum bölgedeki depremselliğin güncelliğini koruduğunun kanıtıdır. Nitekim 24.4.1988 Kuzey Marmara Denizi Depremi'nde Marmara Denizindeki tektonik hatlardan doğu - batı istikametinde uzanan ve Saros körfezinden başlayıp Marmara denizinin içinden geçerek İzmit Körfezi'ne ulaşan Graben üzerinde oluşmuştur.

#### YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 5 Temmuz 1983 Biga depremi raporu. T. C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ekim 1983.
- Alsan, E., L. Tezuçan and M. Bath (1975). «An earthquake catalogue for Turkey for the interval 1913 - 1970». Kandilli Obs., İstanbul, and Seismol. Inst., Uppsala, Rep. No. 7 - 75, 166 pp.
- Alsan, E., L. Tezuçan, E. Başarır, E. Ayhan, N. Ulusan, S. B. Üçer (1980). «1977 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 29, 1-57.
- Ayhan, E., E. Alsan, E. Başarır S. B. Üçer, L. Tezuçan, N. Kafadar, E. Kasnak (1983). «1981 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Bülteni, sayı 41, 36-90.
- Ayhan, E., N. Sancalı (1983). «1971-1975 yıllarında Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Bülteni, sayı 42, 48-128.
- Ayhan, E., E. Alsan, N. Sancaklı, S. B. Üçer (1987). «Türkiye ve Dolayları Deprem Katoğlu (1880-1981). B. Ü. Kandilli Rasathanesi Gök ve Yer Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Çengelköy-İstanbul.
- Başarır, E., L. Tezuçan, E. Alsan, E. Ayhan, N. Ulusan, S. B. Üçer (1980). «1978 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 30, 1-62.
- Barka, A., A. A. and K. Gadjinsky-Code (1988). «Strike-slip Fault Geometry in Turkey and its Influence on Earthquake Activity. Tectonics, 7-3, 663-684.
- Crampin, S. and S. B. Üçer (1975). «The seismicity of the Marmara Sea region of Turkey». Geophys. J. R. astr. Soc., 40, 269-288.
- Ergin, K., U. Güçlü ve Z. Uz (1967). «Türkiye ve civarının deprem kataloğu». İstanbul Tek. Üniv., Maden Fak., Arz Fiziği Enst. yayınları, No. 24.

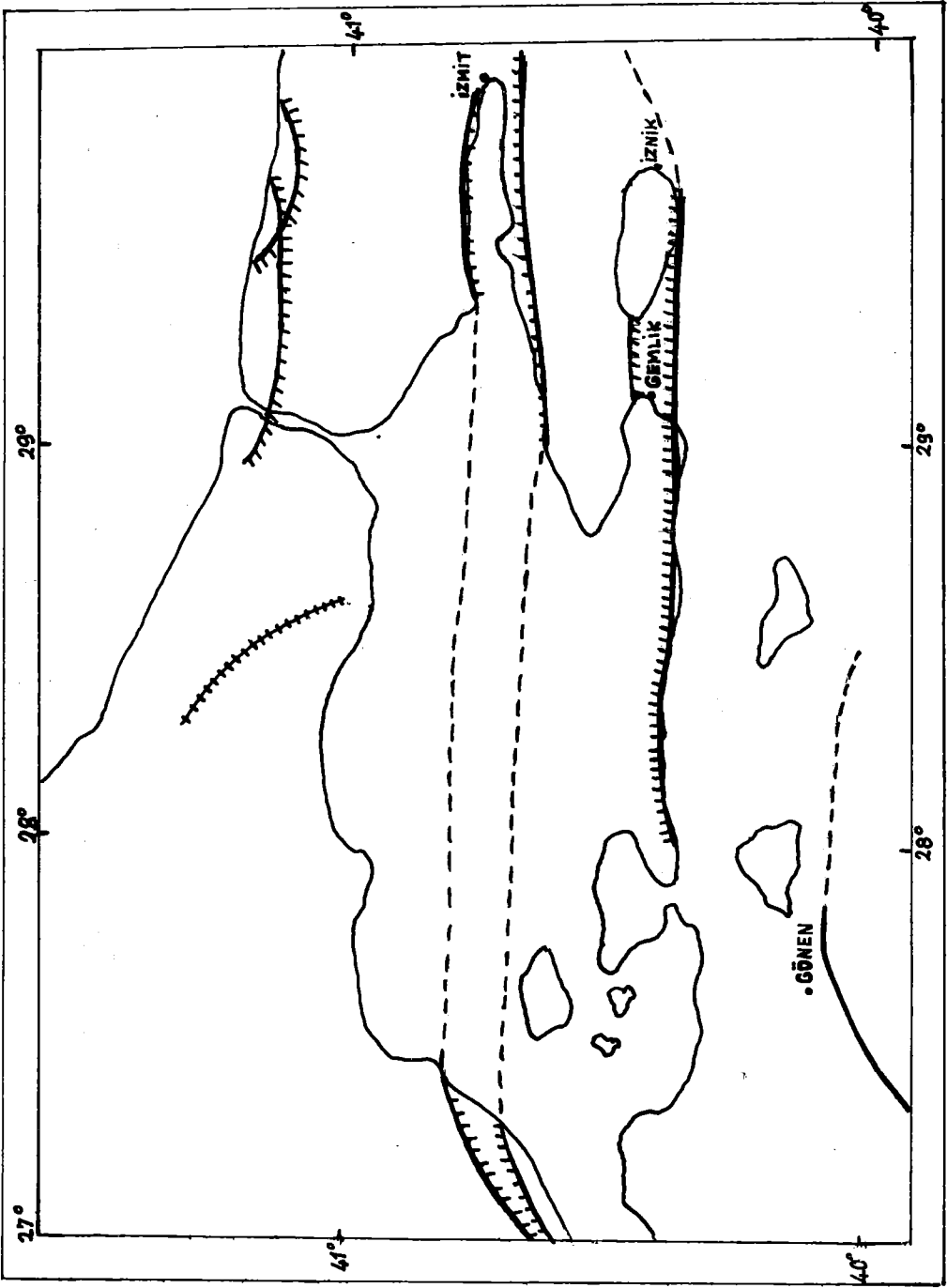
- Flinn, E. A. (1960). «Local earthquake location with an electronic computer». Bull. Seism. Soc. Am., 50, No. 3, pp. 467-470.
- Herrin, E., E. P. Arnold, B. A. Bolt, G. E. Clawson, E. R. Enghdal, H. W. Freedman, D. W. Gordon, A. L. Hales, J. L. Lobdell, O. Nuttli, C. Romney, J. Taggart and W. Tucker (1968). «Seismological tables for P phases». Bull. Seism. Soc. Am., vol. 58, pp. 1133-1241.
- Ketin, İ. (1988). «Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler». Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, sayı 71, 129-134.
- McKenzie, D. P. (1972). «Active tectonics of the Mediterranean region». Geophys. J. R. astr. Soc., 30, 109-185.
- Richter, C. F. (1958). «Elementary Seismology». Freeman and Co., San Francisco, 768 pp.
- Sancaklı, N., E. Başarır, E. Ayhan, E. Alsan, L. Tezuçan, S. B. Üçer E. Kasnak (1984). «1982 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 44, 71-125.
- Sosyal, H., S. Sipahioğlu, D. Kolçak, Y. Altınok (1981). «Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu». Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Matematik - Fizikî ve Biyolojik Bilimler Araştırma Grubu, Proje No : T:BAIG 341.
- Tezuçan, L., E. Ayhan, E. Alsan, E. Başarır, S. B. Üçer, N. Sancaklı (1982). «1980 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 36, 5-66.
- Üçer, S. B., E. Alsan, N. Ulusan, E. Başarır, E. Ayhan, L. Tezuçan, C. Kaptan (1977). «Batı Türkiye'de deprem etkinliği (Eylül - Aralık 1976)». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 19, 45-114.
- Üçer, S. B., E. Ayhan, E. Başarır, N. Sancaklı, E. Alsan, L. Tezuçan (1980). «1979 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 31, 1-72.
- Üçer, S. B., E. Ayhan, N. Ulusan, L. Tezuçan, E. Alsan, E. Başarır (1979). «1978 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği». Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, sayı 27, 28-58.



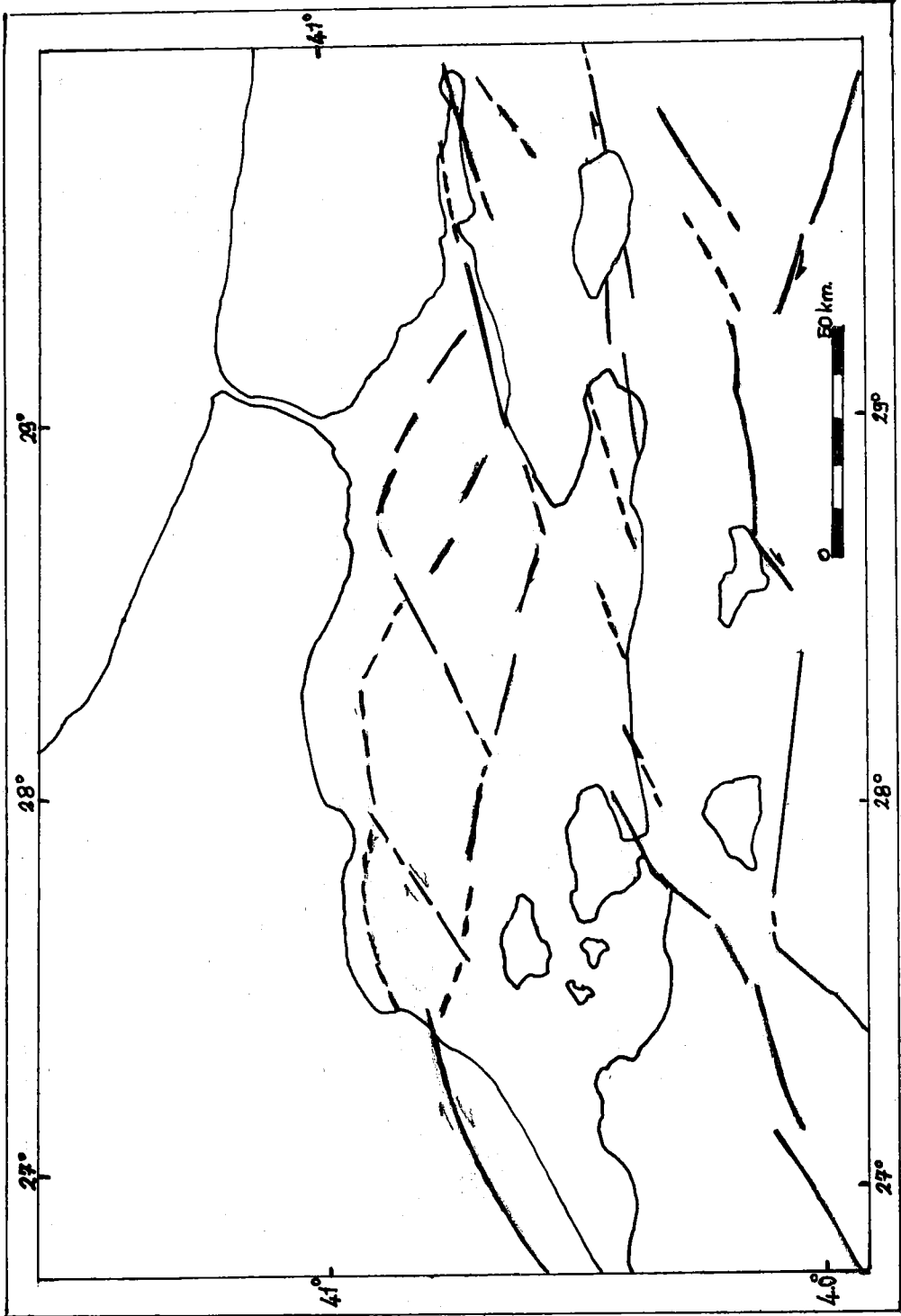
Harita -1  
 Kuzey Marmara Denizi Depremi Epizentri Dağılım Haritası

24.4.1988

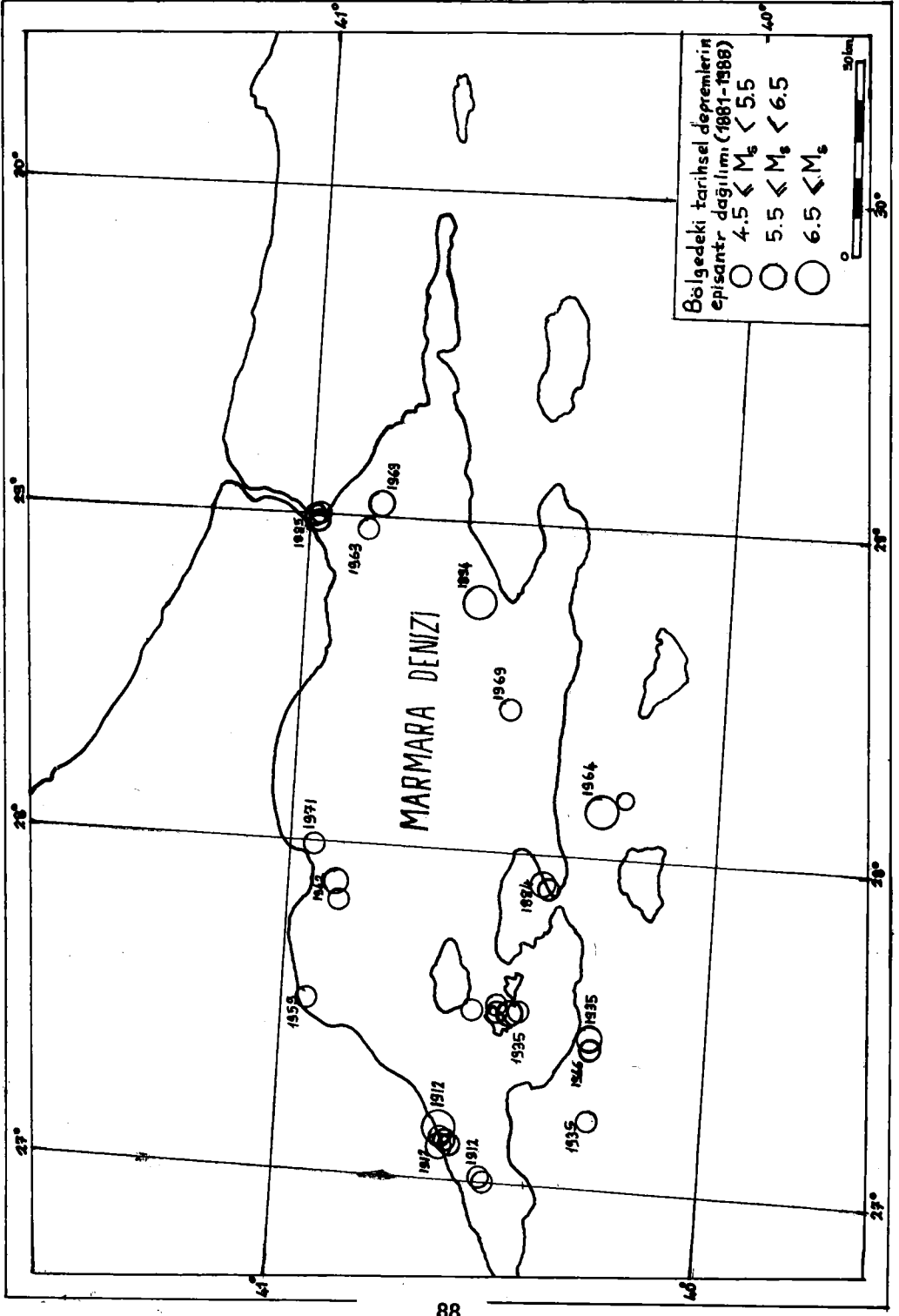


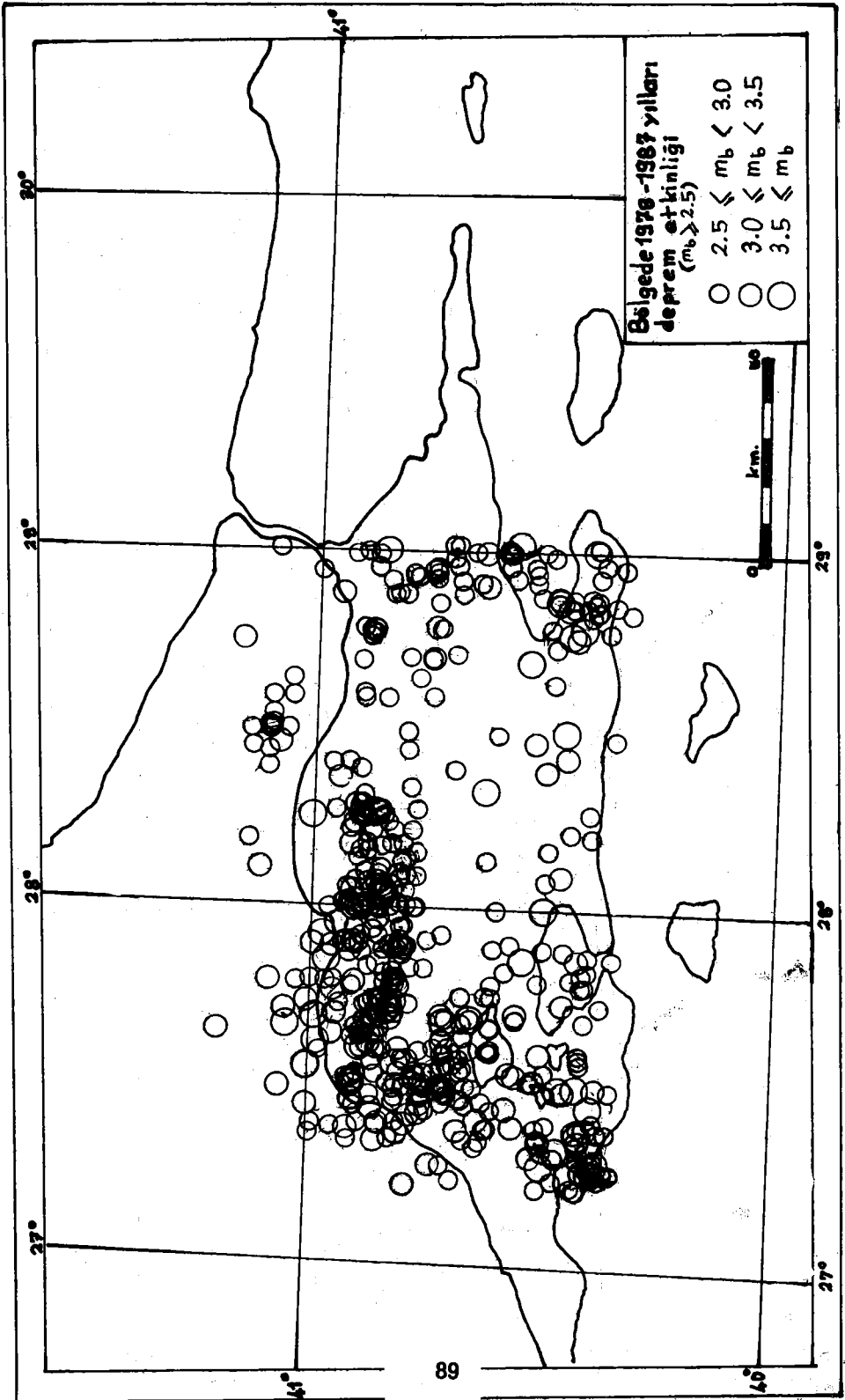


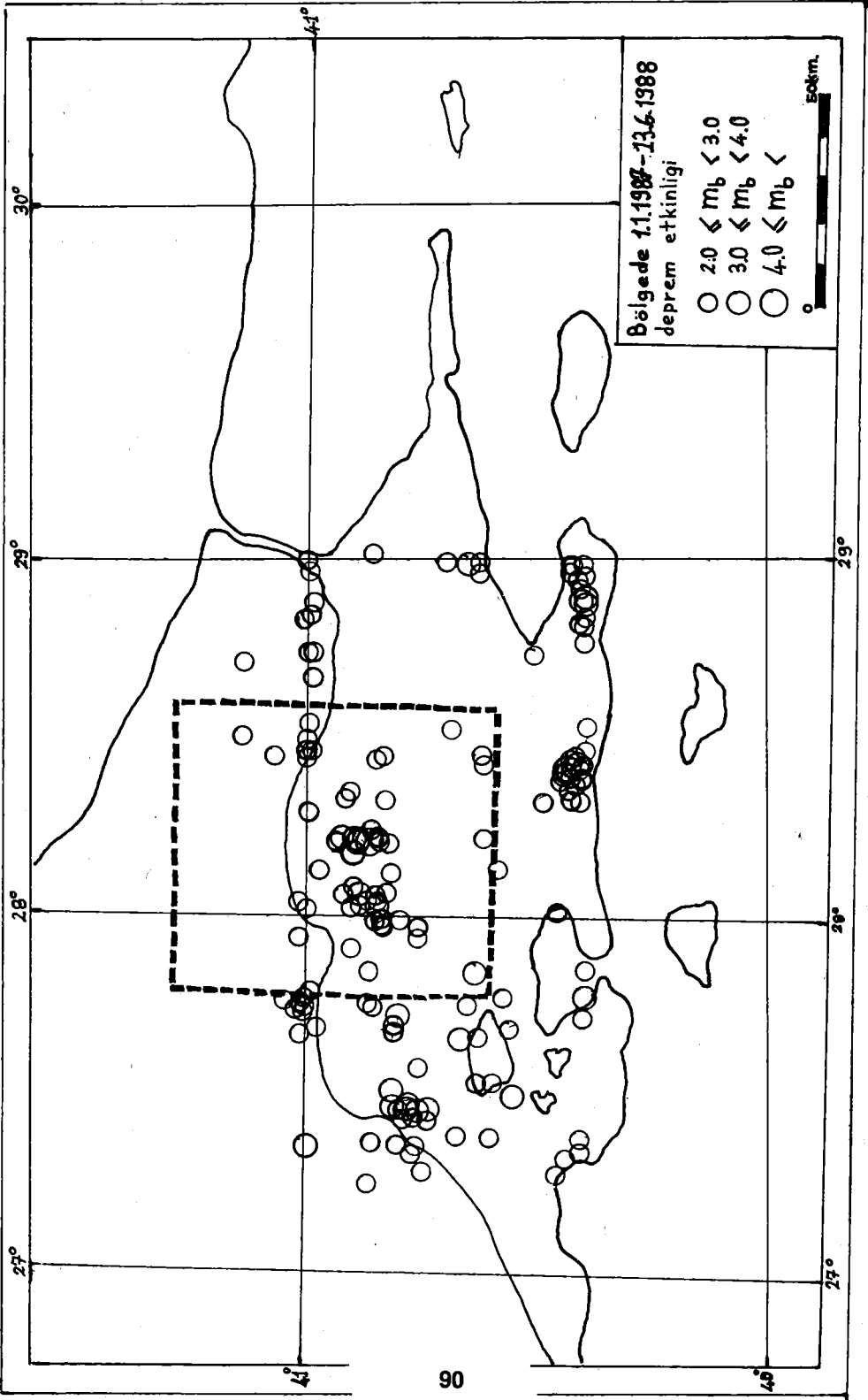
Harita - 2 Bölgedeki kırık sistemleri (i.Ketin 1966 dan alınmıştır)

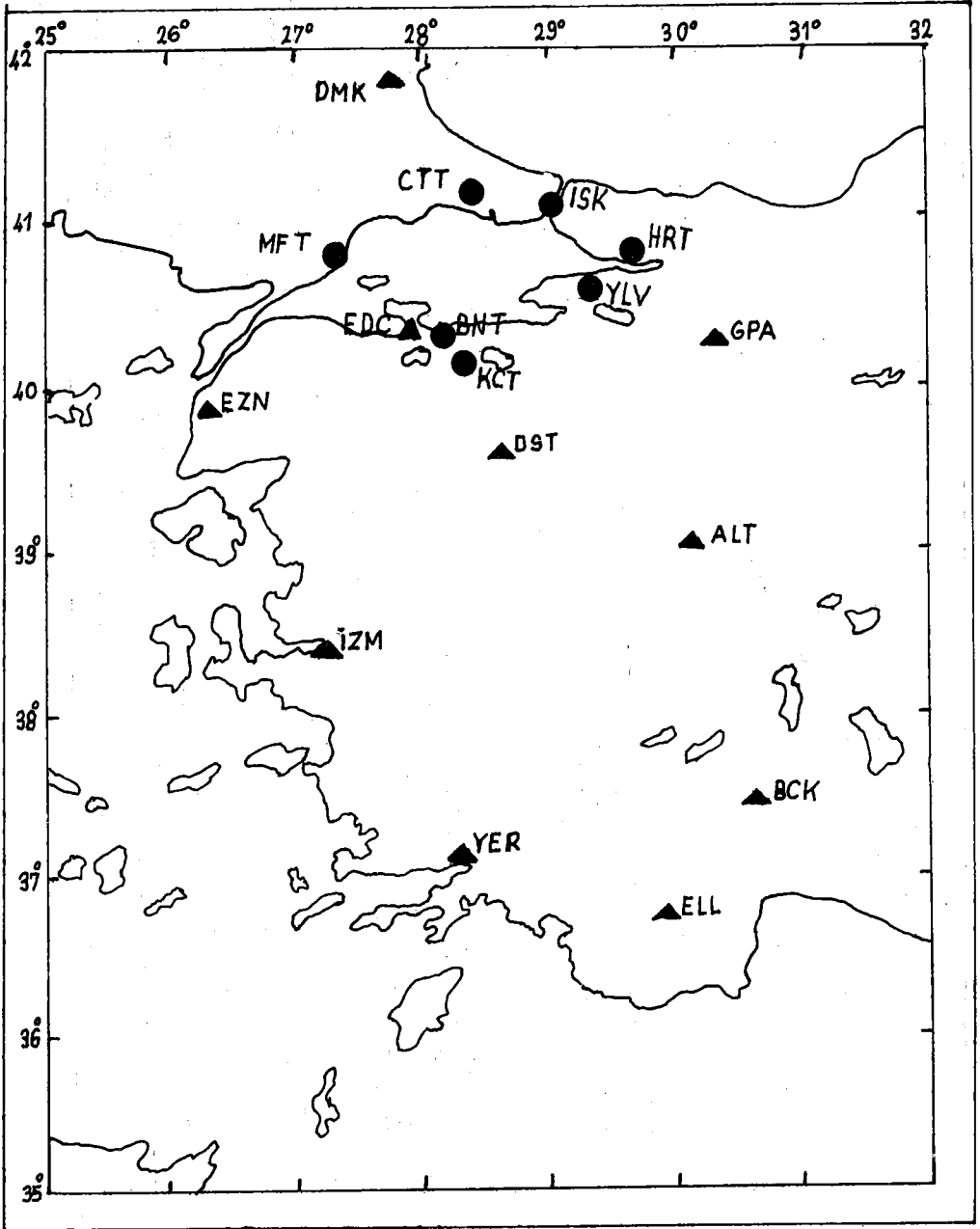


Harita-3 Bölgedeki Kırık Sistemleri(A.Barka 1987 den alınmıştır.)







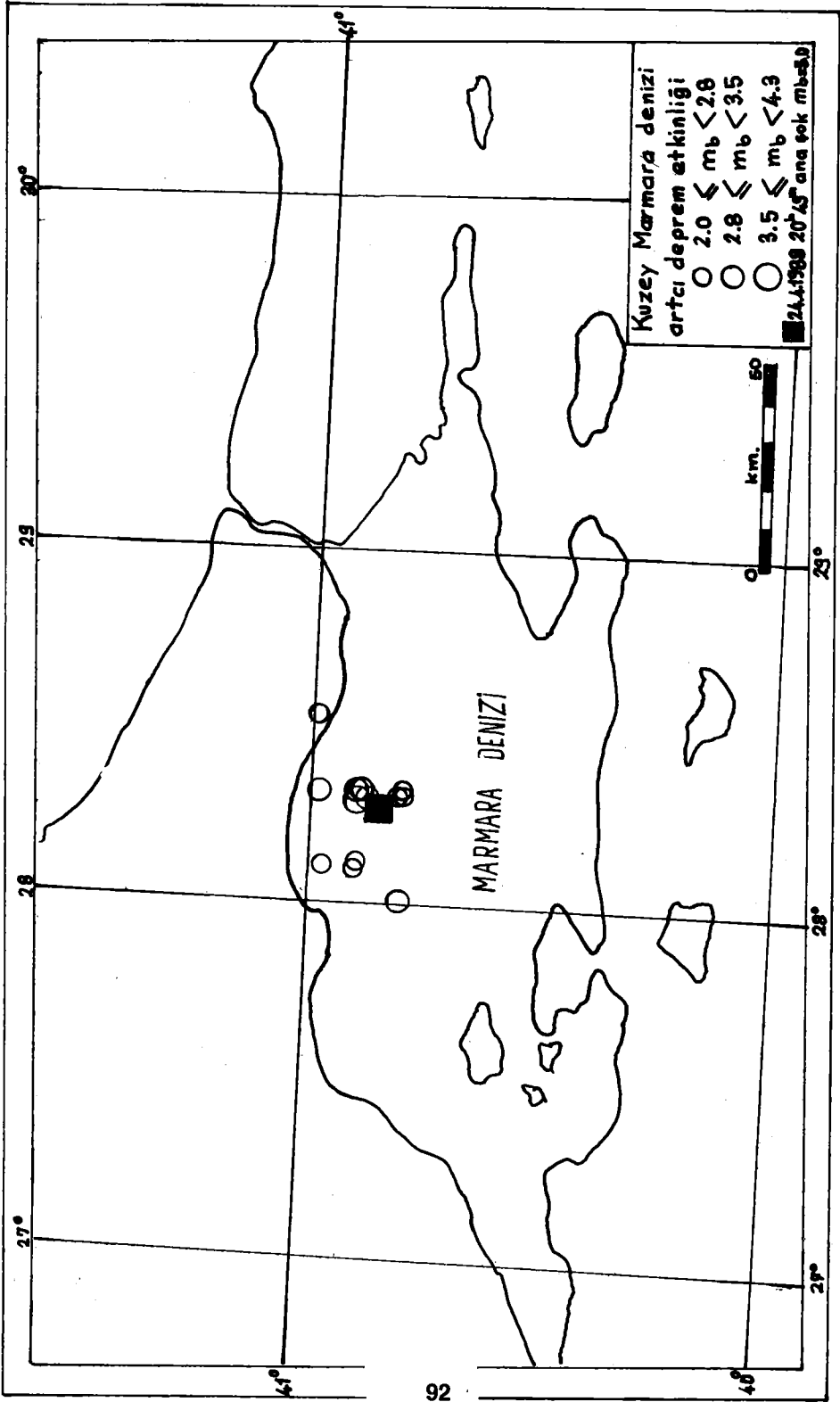


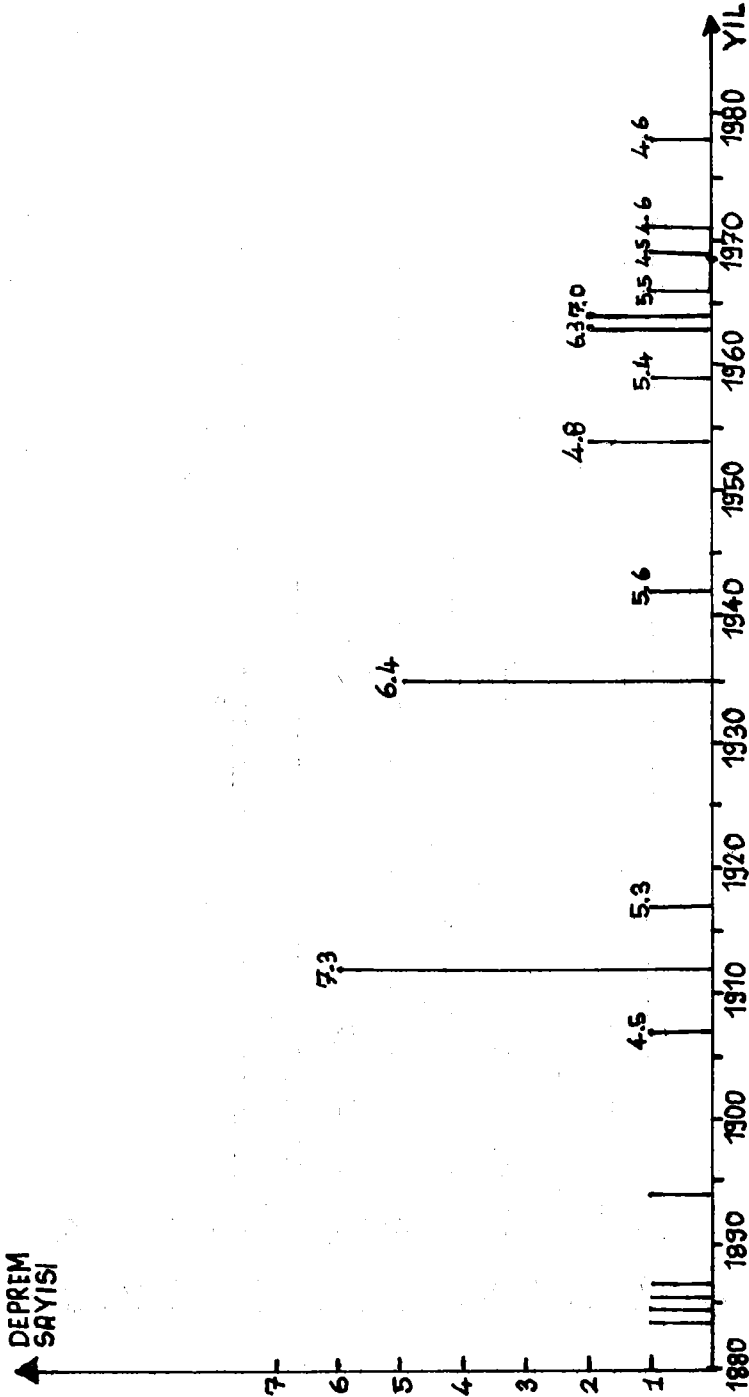
▲ Sabit Deprem İstasyonları

● Radiolink Deprem İstasyonları

BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ  
KANDİLLİ RASATHANESİ

Harita -7

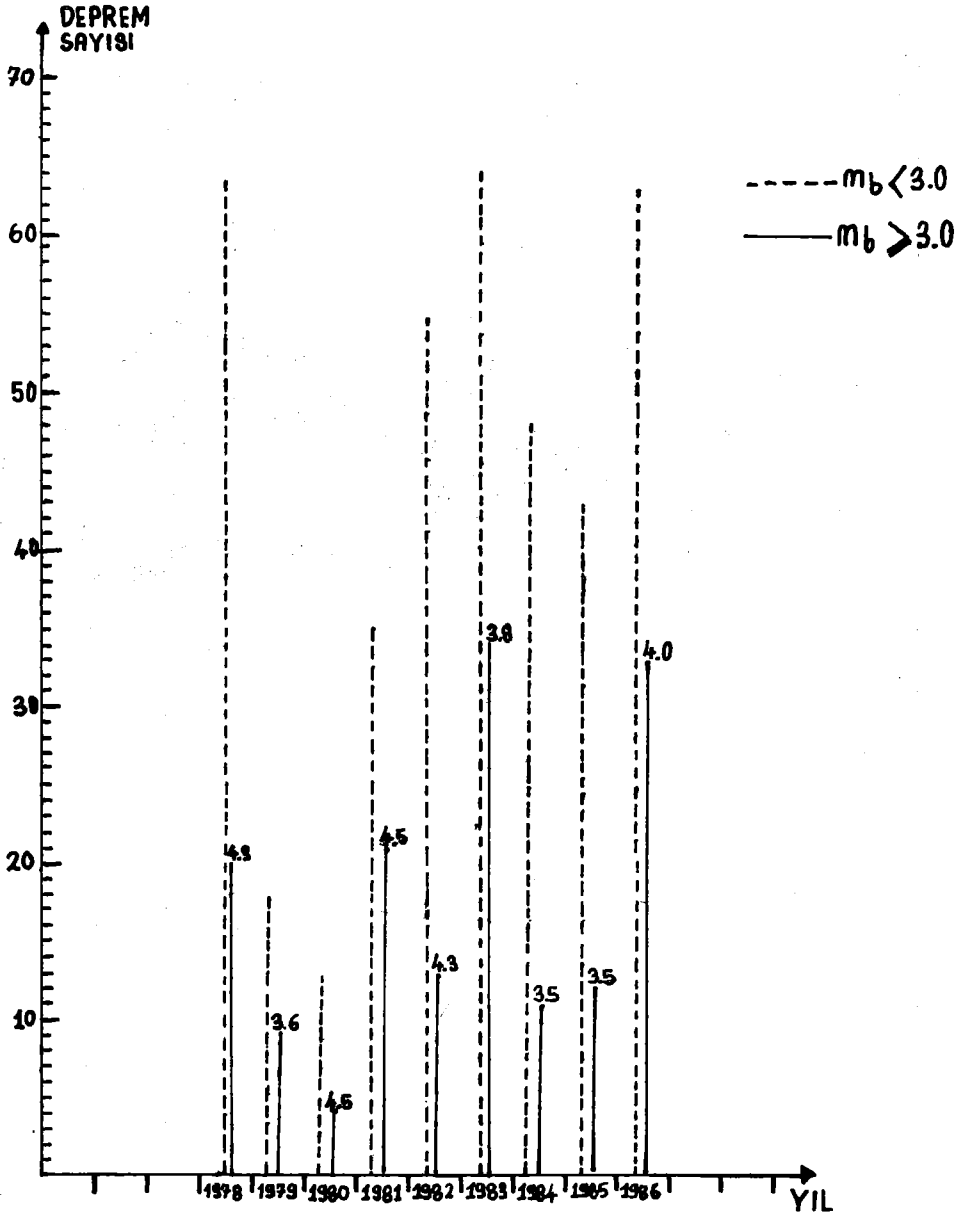




BÖLGEDEKİ TARİHİ DEPREMLERİN (M<sub>s</sub> 4.5) YILLARA GÖRE DAĞILIMI  
VE ENBÜYÜK MAĞNİTÜDLER

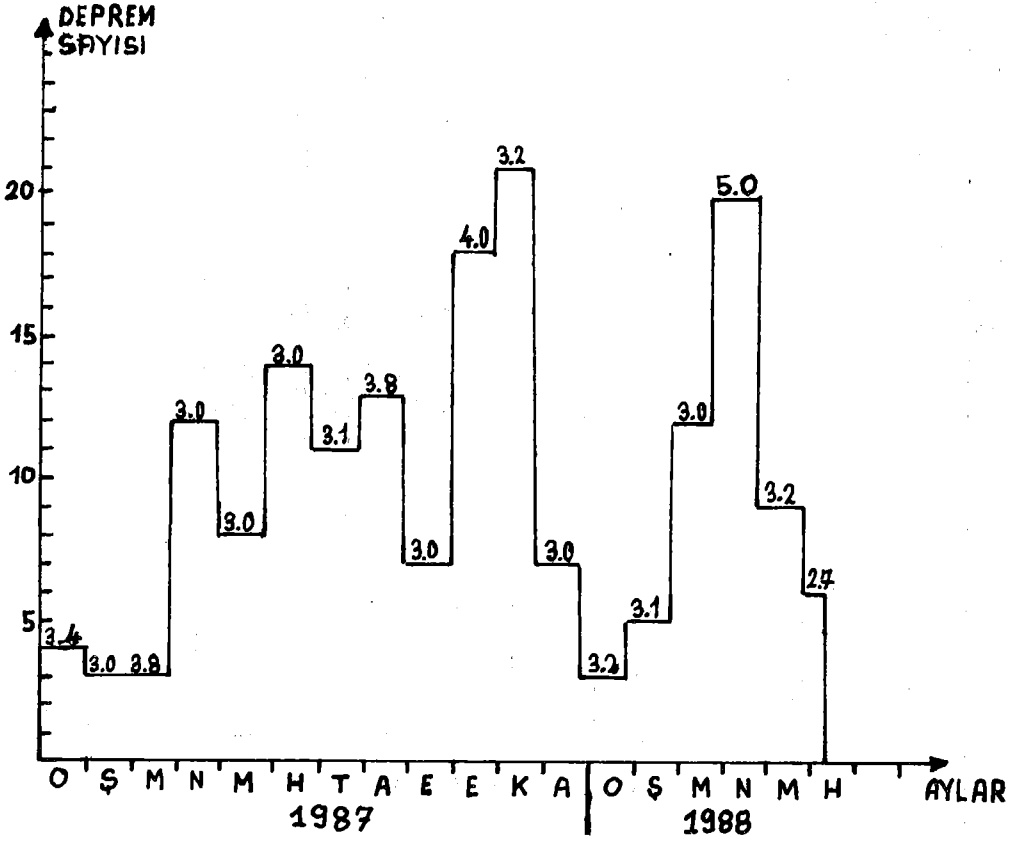
Şekil-1





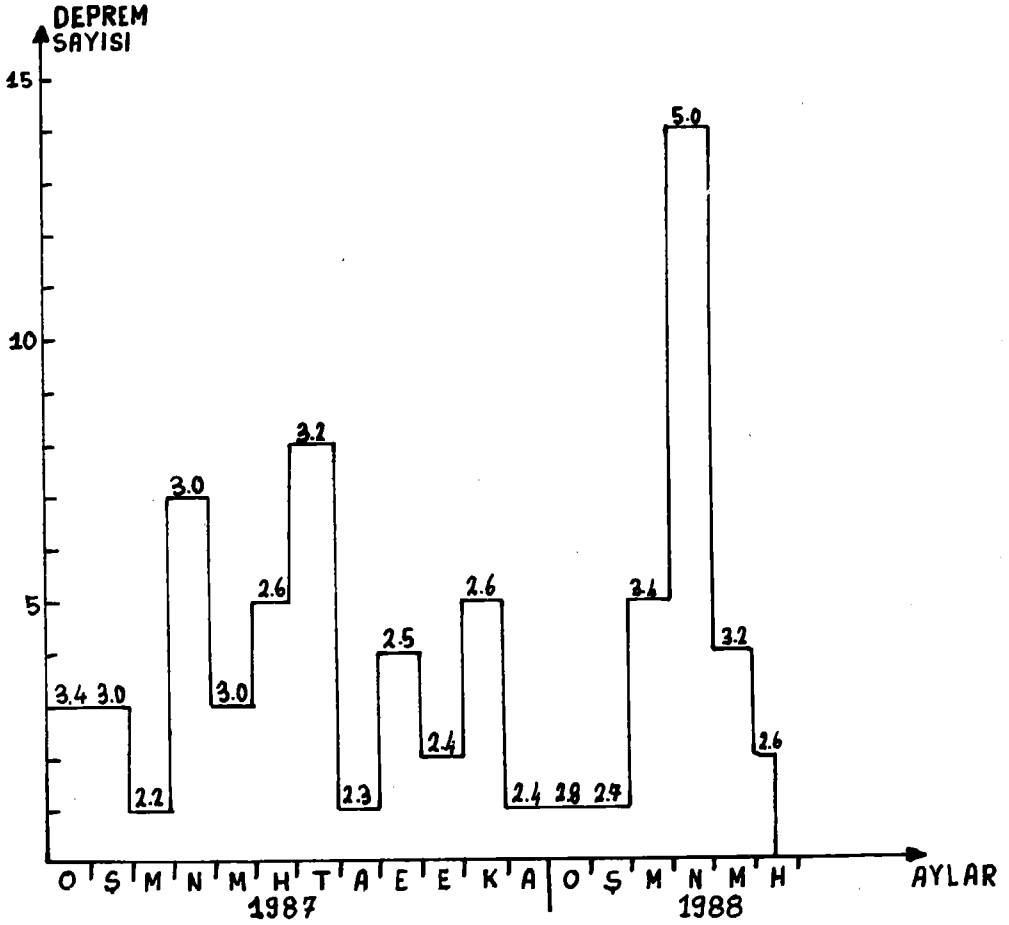
( $40.4^{\circ} - 41.5^{\circ}N$  ;  $27.3^{\circ} - 29.0^{\circ}E$ ) KOORDİNATLARI ARASINDA 1.1.1978 - 1987 DEPREMLERİNİN AYLARA GÖRE SAYISAL DAĞILIMI VE EN BÜYÜK MİGNİTÜDLER

Şekil -2



( $40.4^{\circ}$  -  $41.3^{\circ}$  N ;  $27.3^{\circ}$  -  $29.0^{\circ}$  E) KOORDİNATLARI ARASINDA 1.1.1987 - 13.6.1988 DEPREMLERİNİN AYLARA GÖRE SAYISAL DAĞILIMI VE EN BÜYÜK MAĞNİTÜDLER

Şekil-3



(40.6°- 41.2°N ; 27.8°- 28.6°E) KOORDİNLARI ARASINDA 1.1.1987-13.6.1988 DEPREMLERİNİN AYLARA GÖRE SAYISAL DAĞILIMI VE EN BÜYÜK MAĞNİTÜDLER

Şekil-4

**Liste — 1 24 NİSAN 1988 KUZAY MARMARA DENİZİ DEPREMİNİN  
ARTICI DEPREMLERİ**

Tarih	Oluş zamanı (GMT)			Episantr Koordinatları		Mağnitüd mb
	h	m	s	°	°	
25.4.1988	01	20	11.1	40.89N	28.29E	3.0
»	12	15	14.0	40.83	28.33	2.4
»	18	28	14.5	40.84	28.30	2.7
»	18	37	23.2	40.91	28.30	3.5
26.4.1988	00	46	18.3	40.82	27.99	2.8
»	13	57	36.6	40.89	28.08	2.8
»	18	36	58.1	40.93	28.31	3.2
28.4.1988	23	51	48.4	40.98	28.14	2.4
29.4.1988	20	59	10.5	41.04	28.31	3.3
6.5.1988	0.5	25	08.3	40.87	28.28	3.1
10.5.1988	18	02	05.8	40.83	28.31	2.5
19.5.1988	02	26	52.1	40.93	28.07	2.1
23.5.1988	15	44	34.5	41.08	28.45	2.6

## DEPREMLERDE SAĞLIK HİZMETLERİ

Doç. Dr. Necati Dedeoğlu(\*)

### ÖZET

Ülkemiz çok hareketli bir deprem kuşağı üzerinde oturmaktadır. Bu nedenle iki üç yılda bir önemli deprem afeti yaşanmakta, binlerce insan hayatını yitirmektedir. Ancak her depremden bir kaç hafta sonra deprem ve depremezeler unutulur, olay güncellikten çıkar; yeni bir deprem olup tekrar pek çok insan ölene kadar. Oysa deprem olmadığı zamanlarda da depremin hatırlanması ve gerekli hazırlıkların yapılması can ve mal kaybını önemli oranda azaltabilecektir.

Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında deprem ölüm ve yaralanmalarının ülkemizde daha fazla olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni, binaların sağlam zemine oturmayaşları ve tekniğine uygun inşa edilmeyeşleridir. Önemli deprem riski altındaki İstanbul'da bile betonarme binaların yaklaşık % 80'i şartname ve yönetmeliklerde öngörülen mukavemet düzeyinin altındadır. Köylerdeki yığma taş binaların hemen hepsi en ufak bir sarsıntıda yıkılacak kadar dayanıksızdır. Ancak binaları depreme dayanıklı olarak inşa etmek güç değildir. Böylece, deprem öncesi basit mühendislik önlemleri ile deprem hasarı azaltılabilir.

Depremler, deprem sonrası hizmet vermek dışında hekimleri fazla ilgilendirmemişdir. Bunun nedeni, depremlerde kısa süre içinde bir çok insan ölmesine karşın, afetler kadar dramatik olmasalar bile, diğer sağlık sorunlarının sağlıkçılar açısından daha fazla önem taşımasıdır. Örneğin, her yıl onbinlerce çocuk ishal ve pnömoniden sesiz sedasız ölmektedir. Yine de, aynı inşaatçılar gibi, sağlıkçılar da deprem öncesinde gerekli hazırlıkları yaparlarsa, can kaybını önemli oranda düşürebilirler. Sağlık hizmeti planlarının önceden yapılması, tıbbi malzeme ve ilaçların depo edilmesi, görevlilerin belirlenmiş ve eğitilmiş olması ile deprem sırasındaki paniğ ve kargaşa önlenebilir. Aynı şekilde deprem sonrası sağlık hizmetleri de etkin olarak düzenlenebilirse, can kaybı azaltılır.

(\*) Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi.

Ülkemizde yeterli istatistikler tutulmadığı için depremlerde karşılaşılan sağlık sorunları, ölüm nedenleri, yaralanma türleri ve gerekli ilaç ve tıbbi malzeme konusunda çok az bilgimiz vardır. Bu nedenle planlama yapılması güç olmakta, deprem sonrası sağlık hizmetlerinde de hatalar görülmektedir. İşte bu yazılanların amacı da, bu depremsiz günlerde konuya sağlıkçıların ve yetkililerin dikkatini çekmek ve bir kaç depremde bulunmuş olan yazarın deneyimlerinden başkalarının da yararlanmasını sağlayarak depremlere hazırlıklı olmaktır.

## I. GİRİŞ VE TANIM

Doğal afetler, toplumun normal yaşam düzenini bozan ve onun uyum sağlama kapasitesini aşarak dış yardıma gereksinim duyuran ekolojik olaylardır. Burada önemli nokta dış yardımın gerekli olmasıdır. Doğal afetler tanımı içine depremler, su baskınları, toprak kaymaları, çığlar, kasırgalar, volkanik faaliyet, kuraklıklar girer. Çernobil reaktör kazası, grizu patlaması veya tren kazaları, yangınlar, bina çökmeleri gibi olaylar doğal afet sayılmamakla beraber, epidemiyoloji ve sonuçları büyük oranda doğal afetlere benzerler.

Doğal afetlerin özellikleri genellikle ani ve beklenmeyen bir zamanda olmaları ve büyük yıkımlar yapmalarıdır. İnsan ve hayvanlarda can kaybına neden oldukları gibi, su, kanalizasyon, elektrik, iletişim, eğitim, sağlık ve benzer hizmetlerin aksamasına, bulaşıcı hastalıkların yayılmasına, büyük mal ve bina hasarına, psikolojik yıkımlara yol açarlar. Ülkemizde en sık görülen doğal afet türü depremlerdir.

## II. SORUNUN BOYUTLARI

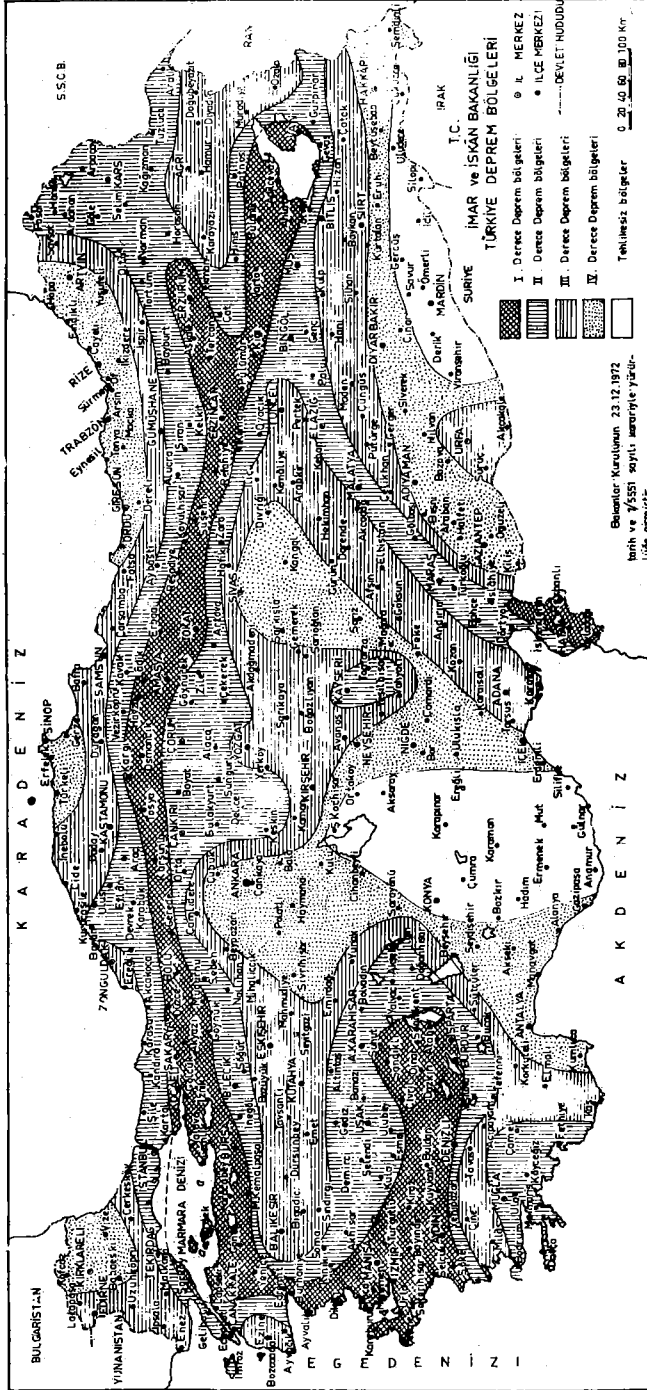
Depremler neden oldukları ölüm, yaralanma, sakatlık ve ekonomik hasarlar nedeniyle önemli bir sorun oluştururlar. 1926 - 1984 yılları arasında yurdumuzda meydana gelen 49 büyük deprem sonucunda 58.202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 411.465 yapı yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (1). Özetle deprem nedeniyle her yıl 1000 den fazla kişinin öldüğü söylenebilir. 1930 yılından bu yana görülen ve en az 100 kişinin ölümüne yol açan bazı depremlere ilişkin istatistikler Tablo l'de verilmiştir. Ülkemizde 1942 yılından bu yana, depremlerde meydana gelen can, mal ve işgücü kaybı artmaktadır. Bunun nedeni, nüfus yoğunluğunun artmasına karşın yapı tekniğinin Cumhuriyetin ilk yıllarındakinden pek farklı olmayışıdır.

Topraklarımızın % 91'i deprem tehlikesi altında bulunan bölgeler içindedir. Bu bölgelerde nüfusumuzun % 95'i yaşamakta, sanayi kuruluşlarımızın % 98'i ve barajlarımızın % 92'si yine bu bölgelerde yer almaktadır. (3). (Şekil 1) Ülkemizde deprem görülme sıklığı da diğer ülkelere göre yüksektir. Türkiye'de ortalama her 10.8 ayda bir deprem olurken, bu sayı İran için her 15.6 ayda bir, Japonya için her 16.8 ayda birdir. Bu deprem tablosu ile Türkiye, dünya büyük deprem sıralamasında en ön-

**TABLO I : 1930 YILINDAN BU YANA 100'DEN FAZLA KİŞİNİN ÖLÜMÜNE YOL AÇAN BÜYÜK DEPREMLER (2)**

Tarih	Yer	Magnitüd*	Ölü	Yıkı ve Ağır Hasarlı Yapı
6. 5.1930	Hakkari	7.2	2514	—
19. 4.1938	Kırşehir	6.6	149	3860
26.12.1939	Erzincan	7.2	32962	116720
10. 9.1941	Van - Erciş	5.9	194	600
20.12.1942	Niksar - Erbaa	7.0	3000	3200
20. 6.1943	Adapazarı - Hendek	6.6	336	2240
26.11.1943	Tosya - Ladik	7.2	2824	25000
1. 2.1944	Bolu - Gerede	7.2	3959	20865
31. 5.1946	Varto - Hınıs	5.7	839	1986
17. 8.1949	Karlıova	7.0	450	3000
3. 1.1952	Hasankale	5.8	133	701
18. 3.1953	Yenice - Gönen	7.4	265	1750
19. 8.1966	Varto	6.9	2394	20007
28. 3.1970	Gediz	7.3	1086	9452
22. 5.1971	Bingöl	6.9	878	5617
6. 9.1975	Lice	6.9	2385	8149
24.11.1976	Çaldıran - Muradiye	7.2	2840	9232
30.10.1983	Erzurum - Kars	6.8	1155	3241

\* Depremde ortaya çıkan enerjinin logaritması (Richter Ölçeği).



ŞEKİL - I: TÜRKİYE DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI.



de, can kaybı yönünden de ikinci sırada yer almaktadır(4). Depremi kendi zararından başka, neden olduğu yangın, sel ve toprak kayması gibi olaylar da ikinci bir afete yol açabilmektedir. Üstelik depremden yalnız depremin olduğu bölge değil başka bölgeler de etkilenir. Örneğin, İstanbul'da bir deprem olması tüm ülkeyi etkiliyecektir. Bu durum, depremlerin sadece binalara ve insanlara zarar vermekle kalmayıp bütün bir toplumun sosyal ve ekonomik dengesini bozabilecekleri konusunda iyi bir örnek oluşturur.

Kişi başına düşen ulusal gelir ile depremlerdeki can ve mal kaybı arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Ülke ne kadar yoksulsa kayıplar o kadar fazladır. Örneğin, aynı magnitüd'deki bir deprem Türkiye'de Japonya'dakinin 30 katı hasar ve can kaybına yol açabilmektedir. Bu nedenle, ülkemizdeki kayıpların uzun dönemde azaltılmasının en etkin yolu sosyal ve ekonomik kalkınma olarak görülmektedir.

Pek çok ölüm ve yaralanmalara neden oldukları halde, diğer hastalıklarda olduğu gibi afetlerde de, afet öncesi, afet sırasında ve afet sonrasında öncelik sağlık hizmetlerinde değildir. Afet öncesinde uygun önlemlerin alınması, planların yapılması, konutların ve yerleşim yerlerinin afetin etkilerini azaltacak şekilde düzenlenmesi, afet sırasında gıda ve konut sağlanması, hizmetlerin organizasyonu, afet sonrasında yeniden yerleşme ve alt yapının kurulması gibi önemli konular sağlık örgütü dışındaki örgütlerce yürütülür. Sağlık personeli ve örgütü multidisipliner bir çalışma gerektiren bu çabaların sadece bir parçasıdır.

Doğal afetler de diğer sağlık sorunları gibi ele alınıp, koruyucu hizmetleri birincil, ikincil ve üçüncül olarak gözden geçirilebilir. Burada da bu tür bir yaklaşım getirilecektir.

### **III. BİRİNCİL KORUMA**

Birincil koruma koruyucu hizmetlerin en önemli kısmıdır. Amaç muhtemel afetlerin, afete dönüşmesini önlemektir. Birincil korunmanın gereğince yapıldığı Japonya gibi ülkelerde afet hasarları minimum düzeye indirilebilmiştir.

Birincil korunmanın öğeleri :

- A. Önleme,
- B. Hazırlıklı olma,
- C. Erken tanı ve uyarmadır. Bunlar teker teker ele alınacaktır.

## A. Önleme :

Doğal afetlerin pek çoğu önlenemezse de çığ, toprak kayması, sel gibi afetlerde önleme çalışmalarının büyük etkisi bulunmaktadır. Çığların önceden top ateşiyle düşürülmesi, jeofizik araştırmalarla toprak kayması olabileceği saptanan yerlerde yerleşimin önlenmesi, baraj, set, ağaçlandırma gibi sel önleyici çalışmaların yapılması bu tür önlemlerdir. Ancak depremler önlenememektedir.

## B. Hazırlıklı Olma :

Afetin önlenmesi kadar, afete hazır olmak da önemlidir. Bunun için durum saptaması öncelik taşır. Afet öncesi durum saptamada toplum ve bölgeye ilişkin coğrafi, demografik ve yapıların niteliği, personel nicelik ve niteliği araç, gereç, tıbbi ve diğer malzeme sağlık kuruluşlarının olağan ve acil durum kapasiteleri ile önceki afet deneyimleri (ölüm nedenleri ve sayısı, yaralanma nedenleri ve sayısı, boşaltma ve kurtarma işlemlerinde karşılaşılan güçlükler, maddi yıkım) gözönüne alınır. Durum saptaması ve diğer hazırlık çalışmalarının bu konularda eğitilmiş ve deneyimli bir koordinatörün başkanlığında değişik örgütlerin ve disiplinlerin katılacağı komisyonlarca yapılması gerekir. Komisyon çalışmaları sonunda risk altındaki bölge ve nüfuslar belirlenir. Bunlarda alınacak önlemler, yapılacak hazırlık çalışmaları planlanır, dökümanite edilir ve gerekli idari kademelere bildirilir. Bu ön çalışmalar içinde gerekli malzemenin ve araç gerecin sağlanması ve depo edilmesi, personelin ve halkın ilk yardım ve afet hizmetlerine ilişkin eğitimi, afet anında kimin ne yapacağını belirlemesi (görev tanımları), örgütlenme, ekiplerin kurulması, plan ve program yapılması bulunur. Afetteki yıkım ve kaybın azalması ancak hemen her afetin ortak noktası olan gecikme, kaynak israfı, kargaşa ve paniğin önlenmesi ile olasıdır. Bu ise gerçekçi düzenli bir planlamanın yapılması ile sağlanır. Risk altındaki bölgelerde yerleşme yoğunluğu ve düzeni, alt yapı tesisleri, acil aydınlatma sistemleri, itfaiye ve hastane gibi önemli yapıların yedek su ve enerji kaynakları afete hazır şekilde planlanıp yapılmalıdır. Binalara, iletişim ve ulaşım hatlarına, su ve yiyecek kaynaklarına, ısınma ve aydınlatma sistemlerine bir deprem anında olabilecek hasarlar önceden belirlenebilmektedir.

Planlama sadece afet öncesi ve afet sonrasında neler yapılacağını değil, afetten sonraki dönem çalışmalarını da içermelidir. (Üçüncül Koruma kısmına bakınız).

Sağlık örgütü de depreme kendi açısından hazırlıklı olmalıdır. Hekimler başta olmak üzere sağlık personeli önce mesleki eğitimleri sırasında, sonra da çeşitli kurslar kanalıyla afetlerdeki sağlık hizmetleri konusunda eğitilmelidirler. «Afetlerde Çevre Sağlığı Önlemleri», «Afetlerde Beslenme», «Afetlerde İlk Yardım» türü el kitapları hazırlanıp özellikle risk altında bulunan bölgelerdeki personele dağıtılmalıdır. Bu el kitapları hazırlanırken, bir kısmı «Kaynaklar» bölümünde verilmiş olan ve Dünya Sağlık Örgütü ve diğer uluslararası örgütlerce hazırlanmış bulunan değerli rehber kitaplardan da yararlanılmalıdır.

Yine riskli bölgelerde oturan vatandaşlara afetlerde ilk yardım, hijyen kuralları, göçük altından insan kurtarma gibi konularda eğitim verilmeli, broşürler dağıtılmalıdır. Bu bölgelerde ilaç ve tıbbi malzeme yedeği bulundurulmalıdır. Kızıl Haç Örgütü'nün 72 kalem malzemeden oluşan ve yaygın kullanım alanı bulan böyle bir listesi vardır. Dünya Sağlık Örgütü de benzer bir liste hazırlamıştır(5).

Hastanelerin de deprem için hazırlıklı bulunmaları gerekir. Bu hazırlık daha hastane inşa edilirken, depreme dayanıklı olmasına özen gösterilmesiyle başlar. Hastanelerin bağımsız su ve enerji kaynakları bulunmalı, afet anında kullanılmak üzere gerekli malzeme ve ilaç depo edilmelidir. Hastanelerin acil yatak kapasiteleri saptanmalı, afet sırasında hangi bölgenin hastalarının hangi hastahaneye ve nasıl taşınacağı belirlenmelidir. Gerekebilecek sahra hastahanesi sayısı ve kapasiteleri de değerlendirilip elde bulunanlarla karşılaştırılmalıdır.

Afete hazırlıklı olmada daha önceki afet deneyimlerinin büyük rolü olmaktadır. Bu ise ancak her afette gerekli olan bazı verilerin düzenli olarak tutulmasıyla olasıdır. Her afette ne tür hasar olduğu, ölümlerin yer, kişi, zaman dağılımı, yapılan kurtarma çalışmaları, harcanan kaynak, görülen aksaklıklar gibi konuların saptanması ve kaydedilmesi, bir sonraki afet için tutarlı hazırlıkların yapılabilmesini sağlar.

Doğal afetlerin ve bina çökmesi, patlama, büyük kazalar gibi insan yapısı afetlerin sıkça görüldüğü ülkemizde, tüm sağlık hizmetlerinin yeterince hazırlanabilmesi, gerekli kayıtların tutulması ve afet anında gerekli eşgüdümün sağlanabilmesi için Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı içinde bir «Afetler Şubesi» kurulması yararlı olacaktır.

Burada yapı tiplerine de değinmekte yarar vardır. Deprem sırasında en çok hasar gören ve can kaybına yol açan binalar ağır toprak damlı, çamur harçlı, taş veya kerpiç duvarlı yapılardır. Tuğla ve biriket yığma

yapılar ikinci sırayı almakta, ahşap ve betonarme binalar en az zarar görmektedir. Ancak burada önemli olan binanın ne ile yapıldığı değil, nasıl yapıldığıdır. (Yapı tekniği, kullanılan malzemenin niteliği, giriş ve bağlantılar, kolonlar, esneklik v.b.). Bugün depreme % 100 dayanıklı bina yapmak olası ise de çok pahalıya mal olmaktadır. Bunun yerine büyük depremde çökmeyen, orta depremde az hasar gören, küçük depremde hasar görmeyen bina yapmak daha akılcı bir yol olmaktadır. Deprem bölgelerinde inşa edilecek yapıların özellikleri ilgili yönetmeliklerde belirlenmiştir. Bu yönetmeliklerin uygulanması, kent ve kasabaarda belediyelerin, diğer yerlerde kaymakamların sorumluluğundadır. Ancak teknik eleman yokluğundan ve ihmalden, değil özel inşaatlar, resmi binaların inşaatlarında bile gerekli teknik kurallara uyulmamaktadır.

Yerleşim yerinin seçimi de önem taşır. Alüvyonlu, yamaç molozlu, yüksek taban sulu olan yerleşim yerlerinde binalar nasıl yapılırsa yapılsın depremde büyük hasar olacaktır. Ülkemizde ise yerleşim yerleri bu özelliklere dikkat edilmeden kurulmaktadır.

Yukarıda açıklanan nedenlerle Türkiye'de deprem sırasında can kaybı başka ülkelere göre daha fazla olmaktadır. Aynı şekilde Ankara üzerinden geçen bir hatla Türkiye, Doğu ve Batı şeklinde ikiye ayrıldığında, Batıya göre Doğu'daki can kaybının % 726, maddi hasarın % 197 daha fazla olduğu görülmüştür(6). Bu sonuçta, Doğu Anadolu'daki binaların yapısı en önemli faktördür.

### **C. Erken Tanı ve Uyarı :**

Yer kayması, kuraklık, tayfun, su baskını gibi afetleri önceden saptayabilmek olasıdır. Depremlerin önceden saptanabilmesi ise bugün için teknik olarak yetersiz bir düzeydedir. Afetin önceden saptanıp, saptanmayacağı kadar, önceden saptandığında ne şekilde uyarı yapılacağı, uyarının herkese nasıl ulaşacağı ve uyarıyı alan kişi veya kuruluşların neler yapacağını planlaması da önemlidir. Uyarının ne zaman yapılacağı kritik bir konudur. En ufak bir tehlike belirtisinde uyarı yapıldığında, gerekli önlemler zamanında alınmakla birlikte sonradan gerçekleşmeyen pek çok afet nedeniyle gereksiz telaş yaratılmış olacaktır. Buna karşın son dakikaya kadar beklendiğinde afetin ortaya çıkacağı kesin olduğundan gerçek olmayan alarmlar azalacak, ancak bu sefer de bazı durumlarda çok geç kalınmış olacaktır.

#### IV. İKİNCİL KORUMA

İkincil korunma afet sırasında ve afetten hemen sonra alınan önlemleri içerir. Birincil korunmada olduğu gibi bunun çok azı sağlıkla ilgilidir. Aslında afet sırasında ve hemen sonrasında resmi örgütlerin ve yardım kuruluşlarının yapabileceği şeyler de sınırlı kalmaktadır. Çünkü afet sırasındaki ölüm ve yaralanmaların büyük kısmı ilk birkaç saatte olmaktadır. Deneyimler afetten sağ kalanların % 75'inin afetten 30 dakika sonra kurtarma ve enkaz kaldırma çalışmalarına başladığını göstermektedir(7). En erken ve etkin yardımın bu şekilde yerel halk tarafından sağlanıyor olması, afet öncesi hazırlık ve eğitimin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Dışarıdan gelen yardımın afet bölgesine ulaşması ortalama 24 saati bulduğundan risk altındaki bölgelerde yerel halk afet anında neler yapacağı kimden emir alacağı, stokların nerelerde bulunduğu v.b. konularda önceden eğitilmelidir. Bu saptamada afet anında yapılacak işleri, o işi günlük yaşamda yürüten kişinin yapması akıllıca bir iştir. (Aşçının afet mutfağında, itfaiyecinin kurtarmada, emniyet görevlisinin düzeni sağlamada görev alması gibi.) Afet anında bu görevlilerin evleri de hasar görebilir, aileleri yaralanabilir. Böyle bir durumda görevlide ailesi ve görevine ilişkin sorumlulukları açısından bir çatışma doğar. İlk kurtarılacak ve emniyete alınacak afetzedeler arasında bu görevlilerin aileleri bulunmalıdır.

Afet sırasındaki yardım çalışmalarında ilde vali eşgüdüm sağlar. 7269 sayılı Afetler Yasası valiye afet sırasında olağanüstü yetkiler tanımıştır. Vali 18-65 yaş arasındaki bütün erkeklere (asker ve hakimler dışında) görev vermeye, bedeli, ücreti veya kirası sonradan ödenmek üzere; canlı ve cansız, özel ve resmi her türlü taşıt araçlarına, gerekli alet ve malzemeye el koymaya, tedavi kurtarma, yedirme, barındırma gibi işlerle, bu işlerin gerektirdiği acil satınalma ve kiralamayı yapmaya, devlete, özel kişilere ait bina, bahçe, arazi gibi taşınmaz malları işgale yetkilidir. Savunma Sekreteri, Jandarma Kumandanı, Emniyet Müdürü, Sağlık Müdürü, Bayındırlık Müdürü, Veteriner Müdürü ve İl Mal Müdürünün oluşturduğu bir ekip kurtarma ve yardım hizmetlerinin eşgüdümünü yapar (Şekil II). Emniyet ve güvenlik, sağlık, besleme, barındırma, hasar tesbiti, yardım ve kamu kuruluşlarına ilişkin komisyonlar kurulur (8).

Afet sırasında ve hemen sonra yapılacak çalışmalar önem ve öncelik sırası ile şunlardır:

- A. Afete uğrayan bölgenin ve etkilenen nüfusun belirlenmesi,
- B. Enkaz kaldırma, kurtarma ve yıkıntının temizlenmesi,

- C. Afetzedelerin beslenmesi,
- D. Afetzedelerin barındırılması ve ısıtılması,
- E. Ulaşım ve haberleşmenin sağlanması,
- F. Emniyet ve güvenliğin sağlanması,
- G. Koruyucu hekimlik ve çevre sağlığı hizmetleri,
- H. Tıbbi bakım.

Bu konulara kısaca değinmekte yarar vardır.

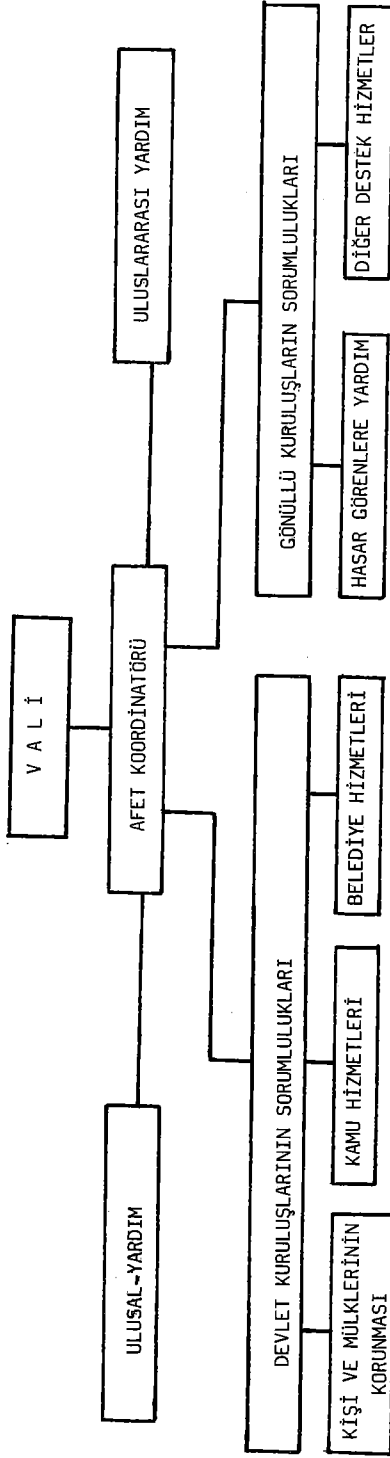
#### **A. Afete Uğrayan Bölge ve Etkilenen Nüfus :**

Afet olur olmaz, ilk yapılacak iş afetin nereleri ve yaklaşık ne kadar nüfusu etkilediğinin belirlenmesidir. Yıkımın en fazla nerelerde olduğunun bilinmesi de yardımın öncelikle nereye gönderileceğinin bilinmesi açısından önem taşır. Pekçok afette ulaşım ve haberleşme bozulduğundan, bu belirleme oldukça güçleşmektedir. Belirlemenin helikopter ya da uçakla yapılması en uygun yöntemdir.

#### **B. Enkaz Kaldırma ve Kurtarma :**

Sorunun hangi bölgeleri ve yaklaşık kaç nüfusu etkilediği saptandıktan sonra, daha önce yapılmış bulunan hazırlık çalışmaları doğrultusunda komisyonlar kurulur ve mevcut planlara göre valinin eşgüdümünde çalışmalara başlanır. Vali en kısa sürede Kızılay, Bayındırlık ve İskan Bakanı, İçişleri Bakanı ve diğer yetkililerle ilişki kurup, durumu bildirir ve yardım ister. Vali kendisine sağlanan yetki ile enkaz kaldırma ve kurtarma çalışmalarını hemen başlatır. Burada afetten sağ kalanların ve askeri birliklerin önemli rolü bulunmaktadır. Gerektiğinde Belediye, Karayolları ve askeri birliklerin dozer, vinç gibi araçlarından ve diğer vasıtalarından yararlanır. Yaralıları bulma, enkaz kaldırma ve kurtarma çalışmalarında bu işi yapanların önceden eğitilmiş olmalarının yararı çoktur. Böylece yaralı insanların en az zararla enkaz altından çıkartılması ve vertebra kırıklarında medulla spinalis kesilerine yol açılmadan taşınması mümkün olabilmektedir. Afet öncesinde kazma, kürek, balta gibi araç gerecin depremden etkilenmeyecek bir yerde önceden depo edilmiş olması da kurtarma çalışmalarını kolaylaştırmaktadır.

Kurtarma çalışmaları oldukça uzun sürebilmektedir. Özellikle ulaşımı güç, izole ve küçük köylerde kurtarma ve enkaz kaldırmada genellikle



- UYARI
- BOŞALTMA
- KURTARMA
- HALK SAĞLIĞI
- DÜZEN VE EMNİYETİN SAĞLANMASI
- ÖLÜLERİN KALDIRILMASI
- YANGIN ÖNLEMLERİ
- SOSYAL GÜVENLİK VE SAĞLIK
- P.T.T.HİZMETLERİ
- YAPILARIN DENETİMİ
- ULAŞIM
- SAHİPSİZ MALIN EMNİYETE ALINMASI
- YIKINTININ KALDIRILMASI
- SU SİSTEMİ
- KANALİZASYON SİSTEMİ
- ELEKTRİK SİSTEMİ
- GAZ SİSTEMİ
- YOLLAR KÖPRÜLER
- ÇÖP TOPLANMASI
- FARE HAŞERE MÜCADELESİ
- RILMASI
- DİĞER HİZMETLER
- KONUT
- YİYECEK
- TIBBİ BAKIM
- HEŞİRELİK HİZMETLERİ
- DANIŞMA HİZMETLERİ
- REHABİLİTASYON
- İLETİŞİM
- ULAŞIM
- MALZEME YARDIMI
- KURTARMA VE BOŞALTMA ÇALIŞMALARINA KATKI

ŞEKİL - II : AFETLERDE EĞGÜDÜMÜN SAĞLANMASI

geç kalınmaktadır. Bu yerleşim yerlerine kara ve hava yoluyla ulaşmada, yaralı ve ölülerin taşınmasında, besin maddeleri ve çadır, battaniye ulaştırılmasında, enkazın kaldırılıp, çadırların kurulmasında, emniyet ve güvenliğin sağlanmasında yine askeri birliklerin büyük rolü olmaktadır.

### **C. Beslenme :**

Afetzedeler kurtarıldıktan sonra ilk iş henüz bir şok geçirmekte olan bu kişilere sıcak bir içecek verilmesidir. Herhangi bir şey yiyecek durumda olmayan bu kişilere verilecek bir bardak çay, beslenmelerini sağlamasına bile morallerini düzeltmede önemli bir rol oynar. Afet sırasındaki beslenme stratejisine özetlemek gerekirse :

#### **1. İlk birkaç saatte :**

- Afetzedelere sıcak içecek,
- Kurtarma çalışmaları yapanların ve çocukların beslenmesi.

#### **2. İlk iki gün :**

Önceden hazırlanmış bulunan yiyecek paketlerinin dağıtılması. Bunlar afetten önce hazırlanıp depo edilmiş veya afetten kurtarılmış yiyecek maddeleridir. Daha çok kuru besinlerden oluşurlar.

#### **3. İki - On Gün Arasında :**

Bu sırada kurulmuş bulunan sahra mutfakları, fırınlar ve gelen diğer gıda yardımı ile afetzedelere yemek sağlanması. Bunun için aşçı, yakıt, yemek ocakları, kap - kacak ve diğer mutfak malzemesi sağlanmış; ortak yemek yenecek, üzeri çadır bezi ile kapatılmış masa ve sıraları bulunan bir yemekhane kurulmuş olmalıdır. Yetişkinlere günde iki öğün, çocuk, hamile ve emzikli kadınlara günde üç öğün yemek verilir(9).

#### **4. 10. Günden Sonra :**

Afetzedelere yakacak, ocak, mutfak malzemesi sağlanarak, kendi yiyeceklerini kendilerinin hazırlamaları gerçekleştirilir. Bu dönemde afetzedelere ekmek ve diğer yiyecek maddelerinin adilce ve karışıklığa yol açmadan dağıtılmasını sağlayan bir sistem kurulmalıdır.

Afetzedelerin beslenmesinde göz önünde tutulması gereken birkaç önemli nokta vardır. Yardım olarak sağlanan yiyecek maddesi yerel hal-



kın alışkın olduğu, kolayca kabul edip hazırlayabileceği yiyecek maddeleri olmalıdır. Varto depreminden sonra bölgeye yollanan tenekeler dolusu zeytinyağı vatandaşın daha önce kullanmadığı bir yağ türü olduğu için kimse tarafından istenmemiş, ucuz fiyatla alınan az miktardaki zeytinyağı ise, bölgede türeyen tüccarlara satılmıştır. Aynı durum yurt dışından gelen et konservesi ve diğer hazır yiyecek maddelerinde de görülmüş, bunlarda domuz eti veya domuz yağı olabileceği kuşkusuyla bölge halkınca kullanılmamıştır.

Afet sonrasında bölgede bulunan un fabrikası, değirmen, fırın soğuk depo, gıda ambarı gibi yerlerde görülen hasar saptanmalı, bunların kullanılabilir durumda olanları hemen onarılmalıdır. Aynı şekilde yıkıntı altında kalmış tahıl, konserve gibi yiyecek maddelerinin çok hasar görmeyenleri kurtarılmalı, diğer yardım malzemesi ve stoklarla beraber üstü kapalı, kuru ve serin bir yerde, afetlerde sıklıkla görülebilecek çalma ya da yağma olaylarından korunacak şekilde saklanmalıdır. Gıda ve diğer malzemenin depo edildiği çadırların nöbetçilerle korunması uygun olur. Yıkıntılardan kurtarılabilir tabak, çatal ve diğer mutfak malzemesi, yakıt, ocak, su kabı ve benzeri malzeme de yararlı olmaktadır. Sağlanacak gıda yardımında en büyük pay kolay saklanıp, taşınabildikleri ve ülkemizin temel gıda maddesi olduğu için tahıllarıdır. Tahıl, enerji ve protein kaynağı olarak genellikle yeterli olsa da, yağ ve süt veya süt tozu ve peynir gibi diğer protein kaynakları ve özellikle A vitamini açısından desteklenmelidir. Kişi başına ortalama günde 2000 K.cal sağlanmak üzere diyet düzenlenmelidir. Kalorinin % 65'i karbonhidratlardan, % 20'si yağlardan, % 15'i proteinlerden sağlanmalıdır. Çocuklar için 1.5 gr/kg/gün, erişkinler için 1 gr/kg/gün protein verilmesi gerekir. Beslenme açısından risk altındaki gruplar, 0-5 yaş grubundaki çocuklar ile gebe ve emzikli annelerdir. Aslında afet süresi kısa bir dönemi kapsadığından, dengeli beslenme çok fazla önem taşımamakta, gerekli enerjinin sağlanması daha önemli olmaktadır. Beslenme bozuklukları afet sonrasında, geçici iskan sırasında daha sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Bu sonraki dönemde bebek ve çocuklar protein - enerji malnütrasyonu açısından dikkatle izlenmelidir. Bu amaçla gelişme eğrileri veya kol kalınlığı ölçme şeritleri kullanılabilir. Hayvan varlığının kurtarılması, korunması ve beslenmesi de afet sonrası beslenmenin düzenlenmesinde önemli yer tutar. Önemli bir diğer konu da gıda hijyenidir. Gıdanın böcek, fare ve sineklerden korunması gerektiği gibi, serin bir yerde saklanması, üstü kapalı tutulması, hijyen kurallarına göre hazırlanması ve günlük olarak tüketilmesi zorunludur.

#### **D. Barınma :**

Afetzedelerin beslenmesi kadar, barındırılması ve ısıtılması da önemlidir. Afetten hemen sonra yardım ulaşana kadar halk yıkıntıdan kurtarabildikleri tahta, tuğla, kiremit, yatak ve yorganlarla kendi barınağını hazırlamakta, çok hasar görmemiş binalara yerleşmekte, çadır ve pre-fabrik barakalar ancak birkaç gün sonra kurulabilmektedir. Çadırlar kurulurken uyulması gereken bazı kurallar vardır. Çadırlar iplere takılma olmasın, ulaşım kolay olsun diye sekizer metre arayla düzgün sıralar halinde kurulur. Yollara ve su kaynaklarına yakın, drenajı kolay, hafif meyilli arazide, sivrisinek üreme yerleri ve çöplük gibi sakıncalı yerlere uzak alanlarda kurulmalıdır. Hizmet bölümü (yemekhane, hastane, idare çadırları) ve vatandaşların kaldıkları çadırlar ayrı iki bölüm halinde kurulur. Kurtarılabilen hayvanlar için de yer ayrılması gerekmektedir. Çadırlarda kalacak insan sayısı 3 m<sup>2</sup>/kişi kriterine uygun olarak saptanır. Çadırlarda ısınma ve aydınlatma için araç, gereç sağlanır. 5-6 çadır için bir çöp bidonu, bir tuvalet, 200 litrelik bir su deposu bulunur.

Büyük kamplardan kaçınılmalıdır. Bunların kurulması ve yönetimi daha kolaysa da, çevre koşullarının hızla bozulması daha sonra büyük sağlık sorunlarına neden olmaktadır. En kısa sürede afetzedelere afet bölgesi dışında geçici iskan sağlanmalıdır. Bu amaçla afete uğramamış yakın köyler de kullanılabilir.

Afet kış mevsiminde olmuşsa, afetzedelerin ısıtılması ve mevsim koşullarına uygun giydirilmesi, yorgan, battaniye ve uyku tulumu sağlanması diğer önemli bir konudur. İlk birkaç gün, yıkıntıdan kurtarılan giyecek maddeleri ve tahtalar ısınmayı sağlarsa da yapılacak yardım ile giysi ve soba gibi ısınma araçlarıyla, gaz, odun, kömür ve diğer enerji kaynakları sağlanmalıdır. Kar ve yağmurda yakıt ıslandığı için ısınmak güç olacaktır. Yakıtın kuru olarak depo edilmesi gerçekleştirilmelidir. Isınma sırasında yangın açısından gerekli önlemler alınmalı, afetzedeler bu konuda uyarılmalıdırlar.

#### **E. Ulaşım ve Haberleşme :**

Ulaşım ve haberleşmenin sağlanması yine öncelikli çalışmalardan biridir. Sadece afetzedelere yardım ulaştırmak değil, afet bölgesi dışına bilgi ulaştırmak, afet bölgesi içinde haberleşmeyi ve bilgi alışverişini sağlamak da çok önemlidir. Gerekli önlemler ve öncelikler ancak bu bilgiler elde edildikten sonra belirlenebilir.

İletişimin temel öğeleri şunlardır :

1. Afet bölgesi dışına bilgi :

- Afetin etkilediği bölge, nüfus,
- Ölen ve yaralanan sayısı, hasar, (uzak yerlere ulaşıldıkça ve zaman geçtikçe bu sayılar artacaktır.)
- Gerekli yardım malzemesinin bildirilmesi,
- Ulusal ve uluslararası yardım kuruluşlarına bilgi.

2. Afet bölgesi içinde bilgi alışverişi :

- Kurtarma ve yardım çalışması yapanlar arasında ve bunlarla eşgüdüm komitesi arasında,
- Afetzedelere, ne türlü hizmetlerin, nerede sağlandığı konusunda ve uyulması gerekli hijyen koşulları konusunda bilgi.

Saat başı ve günlük bilgiler toplanmalı, gerekli yerlere beklenmeden iletilmelidir. Afet öncesinde ne tür bilgilerin toplanacağını belirlenmiş olması ve standart hale getirilmesi bu işlemi kolaylaştıracaktır. Bu dönemde, hala görev yapabilen sağlık birimleri, sağlık binalarının hasar durumu, sağlık personeli durumu, elde bulunan ilaç ve malzeme miktarı, yol, iletişim ve su sistemlerindeki hasar konusunda envanter çalışmaları yapılmalıdır. Her afet sonrasında çeşitli söylentiler ve iddialar ortaya çıkar. Bunların önlenmesi için gerek afet bölgesi içinde, gerekse afet bölgesi ile dış dünya arasında gerçek bilgilerin iletilmesi zorunlu olmaktadır. Ulaşım ve iletişimin sağlanmasında, afetzedeler, PTT örgütü, Devlet Demir Yolları ve Karayolları ile askeri birlikler görevlendirilir. Kopan telefon ve telgraf direkleri onarılır. Yeni yollar açılır, var olan yolların kardan kapanmaları engellenir. Özellikle sel baskınlarında çok bozulan karayolları ile ulaşım yerine, hava ulaşımı sağlanır. İletişim sistemi yeniden düzenlenene kadar telsiz telefonlar ve helikopterler önemli görevler üstlenirler.

**F.,Güvenlik :**

Emniyet ve güvenliğin sağlanmasında yerel emniyet ve jandarma kuvvetleri yükümlüdür. Yağma ve talanın önlenmesi, hırsızlıkların engellenmesi, sahipsiz malların güvenlik altına alınması, ölenlerin kimliklerinin

saptanması, ölümlerin kaldırılıp, gömülmesi, gıdaların ve diğer yardım malzemelerinin korunması ve uygun dağıtım ile kamu düzeninin kurulup, korunması bu güçlerce ve vali ve eşgüdüm komitesinin emir ve denetiminde yürütülür. Afetlerde, yardımın henüz ulaşmadığı ilk günlerde, yerel halk içinden spontan liderler çıkar. Bunların etkinliği büyüktür ve bu etkinlikten kurtarma ve yardım çalışmalarının örgütlenmesinde, düzen ve emniyetin sağlanmasında, afetzedelerle ilişki kurup geliştirmede ve afetzede toplumun yeniden örgütlenmesinde mutlak yararlanılmalıdır.

### **G. Koruyucu Sağlık Hizmetleri - Çevre :**

Koruyucu hekimlik ve çevre sağlığı hizmetleri sağlık hizmetlerinin en önemlilerindedir. Bunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir :

1. Temiz ve yeterli su sağlanması ilk önceliktir. Bu çabada afet öncesi durum temel alınmalıdır. Suyun niteliğinin zaten yetersiz olduğu uzak yerleşim bölgelerine, nitelikli su sağlamak amacıyla su temizleme ve klorlama araçları taşınması akılcı değildir. Kırsal bölgede su, etrafta bulunan çeşitli su kaynakları nedeniyle zaten büyük sorun olmamakta, en büyük sorunlar, kentsel bölgeler için çıkmaktadır(10). İçme, yemek ve temel temizlik için 15 - 20 lt/kişi/gün su sağlanmalıdır. Mutfak ve hastane için sağlanan su bunun dışındadır. Kentsel bölgede öncelik, mevcut şebeke ve depoların tekrar kullanılabilir düzeye getirilmesidir. Gerekli onarımlar yapılır, çökme ve kanalizasyonla karışma olan yerlerde yeni şebeke düşenir. Suyun basıncı ve klorlama artırılır. Şebeke kullanılmayacak düzeyde ise yeni su kaynakları aranır. Bunlar çeşitli yeraltı suları ve kuyular olmalıdır. Yüzeysel su kaynaklarının kontaminasyonu çok daha kolay olduğundan, bunların kullanılması en son olarak düşünülmelidir. Herhangi bir kaynaktan su almadan önce, bu kaynaktaki suyun miktar ve kalitesi incelenmeli, kirlenme odaklarından uzaklığı, seviyesi araştırılmalıdır. Su kirli ise, filtrasyon ve klorlama yapmak gerekir. Su şebekesinin kontamine olduğu düşünülüyorsa su borularının dezenfeksiyonu için şebekeye 1 saat boyunca 100 mg/litre oranında klor verilir. Bu su kullanılmaz, akıtılır. Daha sonra, suda 0.7-1 ppm klor bulunacak şekilde klorlama yapılır. Klorlama merkezi olarak yapılamıyorsa ferdi klorlamaya gidilmelidir.

Suyun sağlanması kadar, dağıtım ve depolanması da önemlidir. Su dağıtım şebekesi yoksa, dağıtımda tankerlerden yararlanılır. En çok 24 saatlik su depo edilmelidir. Depo için, plastik veya çelik bidonlar kullanılabilir. Su depolanan yerler, alglerin üremesini engellemek için güneşten,

kontaminasyonun önlenmesi için toz, böcek ve kuşlardan korunmalıdır. Su depolarından belli aralarla numuneler alarak, serbest klor ölçümü ve bakteriyolojik muayene yapılması uygun olur. Deprem sırasında su sistemleri özellikle kentsel bölgelerde sıklıkla bakteriyolojik veya kimyasal kontaminasyona maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle laboratuvar olanaklarının biran önce kurulup suda kimyasal ve bakteriyolojik analizlerin yapılması gerekir.

2. Tuvaletler, yerleşim yerleri ve su kaynaklarından uzak, sineklere kapalı, koku çıkmayacak ve kolayca temizlenebilecek şekilde yapılmalıdır. Her 100 işiye 5 tuvalet hesaplanmalıdır. Afet yerlerinde daha çok kuru tip hela çukurları kullanılmaktadır. Kanalizasyon bulunan yerlerde, kanalizasyonun onarılması işlemlerine hemen başlanması önem taşır. Vektörlerin tuvatlere ulaşması engellenmelidir.

3. Çöpler ağız kapalı bidonlarda saklanır, sık olarak toplanır, yakılarak ya da gömülerek imha edilir. 2 x 2 x 1 metre boyutlarında bir çukur 200 kişinin çöpüne 7 - 10 gün süre için yeterli olur. Hayvan leşleri de aynı şekilde imha edilmeli, köpek ve yaban hayvanlarının ulaşamayacağı derinliğe gömülmelidir. Bu kolay bir iş değildir. Örneğin 1983 Erzurum depreminde 7483 büyükbaş, 22864 küçükbaş hayvan ölmüştür. Atık suların yüzeyde akıp gitmelerine izin verilmez. Özellikle mutfak, hastane gibi yerlerin atık sularının toprağa açılacak süzme kuyularında toplanması sağlanır.

4. Afetlerden sonra fare, sinek ve böcek, bit, pire ve diğer vektörlerin kontrolü önemlidir. Özellikle sellerden sonra vektör üreme yerlerinin artmasına bağlı olarak sıtma salgınları görüldüğü bildirilmiştir (11). Bu nedenle afet öncesi gerekli insektisid ve rodentisitlerin depo edilmiş olması gerekir. Afet açık çöpler, hayvan leşleri, su birikintileri, patlamış lağımalar, etrafa dağılmış besin maddeleri temiz olmayan insanlar vektör üremesi için uygun ortam oluştururlar. İnsektisid uygulaması ile birlikte çevre temizliği, drenaj bataklıklarının doldurulması gibi çalışmalarla, bulaşıcı hastalıklara yol açabilecek vektörlerin kontrolü erkenden başlatılmalıdır. Afetzedelere banyo veya duş, çamaşır yıkama yerleri ve dezenfeksiyon istasyonlarının sağlanması da önemli hizmetler arasındadır.

Depremın ikinci haftasından sonra köpek ısırıklarının arttığı bildirilmiştir. Bu nedenle, başıboş gezen köpekler yok edilmelidirler. Afetlerden sonra akrep ve yılan sokmaları artmaktadır. Afetzedeler bu konularda uyarılmalı, gerekli serumlar hazır bulundurulmalıdır.

5. Ölülerin gömülmesi genellikle sorun oluşturmaktadır. Enkaz atından çıkartılan cesetlerin tanımlanması, kayıt edilmesi, üzerlerinden çıkan kıymetli eşyanın yakınlarına verilmesi, dini törenin yapılıp, cesetlerin gömülmesi, ayrı bir organizasyonu gerektirir. Bu işleri afetten önce de imam, ölü yıkayıcısı, mezarıcı olarak çalışan kişilerin yapması uygundur. Cesetlerin ortak bir mezara gömülmesi pratikse de, pek çok kişi tarafından kabul edilen bir yöntem değildir. Kimin nereye gömüldüğü iyice belirlenmelidir. Ölülerle uğraşan kişilerin bulaşıcı hastalıklara karşı özenle korunması, lastik eldiven, önlük ve çizme giymeleri uygun olur.

Yukarıda belirtilen çevre sağlığı konularında yararlandığımız ve Dünya Sağlık Örgütünce yayınlanmış bulunan bir rehber kitap daha detaylı bilgiler içermektedir (12).

6. Koruyucu hizmetlerin bir diğer önemli bölümü aşılama hizmetleridir. Afetlerden sonra kural olarak tifo veya kolera salgınlarının görüldüğü doğru değildir. Bu hastalıkların endemik olarak bulunduğu yerlerde bile bu tür salgınlar nadiren görülür (13). Önlenmeleri için yapılması gereken ise çevre sağlığına dikkat etmektir. Bu nedenle başka yerde daha yararlı olabilecek personeli aşılama kampanyaları ile meşgul etmek yanlış bir davranıştır. Üstelik, hepatit B'nin yaygınlaşması kolaylaştırılmış olacaktır. Koruma değeri düşük ve koruma süresi kısa olan ve sadece bireysel korunma sağlayan kolera ve tifo aşılarının salgınların önlenmesinde işlevi yoktur. Zaten aşılar yapılıp kandaki antikor düzeyi yükselene kadar tehlike geçmiş olmaktadır. Aşılama yerine vektör kontrolü, gıda ve su sağlığı, kişisel hijyen, sağlık eğitimi ve surveyans hizmetlerine ağırlık verilmelidir.

Çeşitli afetlerdeki gözlemler afetlerde «yeni» hastalıkların görülmediğini, olsa olsa bölgede zaten endemik olarak bulunan hastalıkların insidanslarının arttığını ortaya koymuştur (14). Bu hastalıklar influenza, besin zehirlenmeleri, shigellosis ve viral hepatit gibi hastalıklardır. Bölgede zaten var olan hastalıkların artma nedeni :

— Vektör üreme yerlerinin artması veya besin ve suyun kontaminasyonu gibi fizik faktörler,

— Toplu ve kalabalık yaşama bağlı olarak hijyen koşullarının bozulması ve bulaşmanın kolaylaşması,

— Rutin sağlık hizmetlerinin aksamasıdır. Bu nedenle, aşılama izlenecek en uygun strateji bölgede uygulanan rutin aşılama sürecinin sürdürülmesidir. Bu aşılar içinde insanların biraraya gelmesi nedeniyle bulaş-

ma artabileceğinden kızamık ve yaralanmalar nedeniyle de tetanoz aşısı önem taşır.

Nüfus hareketleri, yeni enfeksiyon ajanlarının bölgeye girmesi ve toplumun bağışıklık düzeyinin düşmesi ile nadir de olsa bölge dışı hastalık salgınları görülme olasılığı vardır. Bunların saptanabilmesi için etkin bir epidemiyolojik sürveyans yürütülmelidir.

7. Koruyucu hizmetlerin en önemli ögesi epidemiyolojik sürveyans hizmetleridir. Poliklinik ve hastanede görülen olguların ve yaralanmaların yaş, cins, yerleşim yerine göre ve tanıları açısından sınıflandırılması, hastaneye yatanlar, yatak işgal oranları, günlük morbidite, mortalite verilerinin toplanıp değerlendirilmesi, bulaşıcı hastalık söylentilerinin yerine giderek incelenmesi, gerekli laboratuvar hizmetlerinin kurulması, suların ve gıdaların denetlenmesi, çıkabilecek sindirim sistemi enfeksiyonlarına ve gıda zehirlenmelerine müdahale edilmesi, risk altındaki kişi ve yerlerin belirlenmesi, basına ve yetkililere saatlik ve günlük bilgi sağlanması, daha uçta çalışan görevlilere bilgi vermesi bu hizmetler içindedir (15). Sürveyans hizmeti içine 24 saat çalışan bir acil bulaşıcı hastalık ihbar sistemi kurulması da girer. Bu amaçla telsiz telefonlar, harita ve grafikler, varsa bilgisayarlar kullanarak bulaşıcı hastalık artışları yakından izlenir. Anlaşıldığı gibi, sürveyans merkezinde çalışanlar afet sırasında bir «beyin» gibi görev yapmaktadır.

Afet ve kurtarma çalışmalarının genel değerlendirimi de bu bölümün işidir. Bu amaçla bazı indikatörler geliştirilmiştir (16). Tablo II'de verilen bu indikatörlerden amaç, hizmetlerin çeşitli aşamalarının değerlendirilmesidir. Afet sırasındaki mortalite istatistikleri, yapıların dayanıklılığı, nüfus yoğunluğu, afetin şiddeti, afetin gece ya da gündüz olması, önceden haber alınıp alınmaması için iyi bir indikatör iken, afet sonrası ölümler, afet öncesi hazırlıklar, afet sonrasındaki hizmetlerde ve tıbbi bakım konusunda iyi fikir verir. Yaralılar ve morbidite ile ilgili istatistikler ne tür tıbbi malzeme ve ilaç, kaç yatak, ne tür hizmet götürülmesi gerektiği konularında ip uçları sağlar.

## **TABLO - II : DOĞAL AFETLERDE SAĞLIKLA İLGİLİ ÖLÇÜTLER**

### **ÖLÜMLER**

AFETE BAĞLI ÖLÜMLER/AFET BÖLGESİ NÜFUSU

AFETE BAĞLI BELLİ BİR YAŞ GRUBUNDAKİ ÖLÜMLER/O YAŞ GRUBU NÜFUSU

ÖLÜM/YIKILAN EV SAYISI

AFET SONRASI ÖLÜMLER/AFET BÖLGESİ NÜFUSU

### **YARALILAR**

ÖLÜM/YARALI SAYISI

YARALI SAYISI/AFET BÖLGESİ NÜFUSU

YARALILARIN YARA CİNSİNE GÖRE DAĞILIMI

### **MORBİDİTE**

BAŞVURU SAYISI/SAĞ KALAN NÜFUS

BAŞVURULARIN ZAMAN DAĞILIMI

ŞİKAYET TÜRLERİNİN DAĞILIMI

BULAŞICI HASTALIK İNSİDANSI

YATAK İŞGAL ORANI VE HASTANEDE KALIŞ SÜRESİ



## H. Tıbbi Bakım - Tedavi Hizmetleri :

Tıbbi hizmetler afet sırasında en çok hatalar yapılan ve en düzensiz götürülen hizmetlerden biri olmaktadır. Aslında afetlerde ölümler ilk birkaç saatte olmakta, yaralanan sayısı da görece olarak az bulunmaktadır. Afetten 5-6 gün sonra afetzedelerde görülen hastalıklar, afet öncesi görüntüyü vermektedir (17). Yukarıda sayılan tüm nedenlerle dışarıdan sağlanan tıbbi yardım hemen her zaman geç olmaktadır. Sık afet geçiren bölgelerde ilk yardım bilenlerin sayısının artırılması bu nedenle önemlidir. Bunun yanında, yanlış türde yardım sağlanmaktadır. Afet bölgesinde genellikle cerrah yığılımı olur. Oysa cerrahlar bölgeye ulaştığında ilk 5 gün dolmuş, yaralılar çevre hastanelere taşınmış, sahra hastane ve polikliniklerine bölgenin afet öncesi hastalıkları başvurmaya başlamışlardır. Cerrah yerine bir çocuk hekimi, bir kadın-doğumcu, (çünkü afet nedeni ile doğumlar durmamaktadır) bir dahiliyeci ve özellikle yeterli sayıda hemşire ve sağlık memuru çok daha yararlı olmaktadır. En etkin tıbbi bakım sağlama yöntemi ise afet riski olan bölgelerdeki sağlık personeline ve vatandaşa gerekli eğitimin önceden yapılması ve hazırlıkların gerçekleştirilmesidir. Başka ülkelerdeki ve ülkemizdeki afetlerden elde edilen deneyimlere göre ölümler yaralanmalar ve tıbbi bakımla ilgili önemli konular şunlardır :

1. Ölümlerin büyük çoğunluğu ilk birkaç saatte, yardım ve kurtarma çalışmaları başlatılmadan olmaktadır.
2. Her 100 yıkılan bina için yaklaşık 10 ölüm olmaktadır. Ölümler deprem merkezinde daha fazla, periferde daha azdır (18).
3. Ölümlerin bir kısmı travma, bir kısmı ise toprak damın çökmesi sonucu havasızlık nedeniyle olmaktadır.
4. En çok ölüm riski altında olanlar 5-9 yaş çocuklar ile 60 yaşın üzerindeki yaşlılardır. Annelerin daha küçük çocukları kurtardıkları anlaşılmaktadır. 20-39 yaş grubu en az risk altındadır (19).
5. Deprem kış mevsiminde veya gece olmuşsa ölüm daha fazla olacaktır. Deprem bölgesine girildikçe ve zaman geçip bilgi toplandıkça ölü sayısı artar.
6. Ortalama olarak bir ölü için 3 yaralı bulunmaktadır.
7. Yaralıların % 80'i ayaktan tedavi edilebilir, % 20'si ise hastahane bakımı gerektirir.

8. Yaraların cinsi sağlanacak hizmet açısından önem taşır. Başka ülkelerin deneyimlerine göre yaralanmaların büyük kısmını travma ve kırıklar oluşturmaktadır. Kırıklar arasında da en çok klavikula kırıkları, daha sonra da sırasıyla alt ekstremitte, üst ekstremitte, belkemiği ve pelvis kırıkları saptanmaktadır (20). Ekstremitelerin ezilmesi ile ortaya çıkan ve ekstremitede şişme, anüri ve şok tablosu ile seyreden Crush (Ezilme) Sendromu da sık olarak görülür. Diğer yaralanma türleri yanıklar, köpek ısırıkları, akrep ve yılan sokmaları şeklindedir. Soğuk bölgelerde donma olaylarına da rastlanmaktadır.

9. İlk deprem şokundan sonra birkaç bin kişi acil tıbbi yardıma gereksinim duyar. Bu durumda hastalar üçe ayrılmalıdır (Triage) :

- Ümitsiz
- Yardım edilirse yaşama şansı var
- Yardım edilmese de iyileşir.

Afetlerde en çok zaman ve ilaç tüketen poliklinik ve hastahaneleri doluranlar bu sonuncu grup olmaktadır. Oysa tıbbi yardıma **öncelikle** ve en çok gereksinimi olan ikinci gruptur. Hastalar acil yardımdan ne ölçüde yararlanacaklarına göre sınıflandırılmalı, prognozun önemli derecede etkilenmeyeceği durumlara öncelik verilmemelidir.

10. Afetten 5-6 gün sonra afet öncesi hastalıklar ortaya çıkmakta, bu dönemde rutin ilk basamak sağlık hizmetleri önem kazanmaktadır. Bu amaçla deprem bölgesinde pratisyen hekimlerin görev aldığı ve ayakta tanı ve tedavi, basit laboratuvar işlemleri, küçük cerrahi müdahale, enjeksiyon ve pansuman, basit doğum ve aile planlaması hizmetleri, intravenöz mayi, ağızdan şeker-tuz eriyiği (AŞTE-ORS) ve aşılama hizmetleri sağlayacak ufak poliklinik birimleri kurulur. Bu amaçla çadırlardan veya ayakta kalmış binalardan yararlanılır. Yeni bir sağlık örgütlenmesi kurmak yerine eski örgütlenme şeklinin (Sağlık Ocakları) güçlendirilmesine çalışılmalıdır.

11. Uluslararası bir anketin ortaya koyduğuna göre en çok kullanılan ilaç Aspirindir (21). Pansuman malzemesi ikinci derece önem taşımaktadır. Antibiyotikler tahmin edildikleri kadar kullanılmamaktadırlar. AŞTE poşetleri ağızdan demir preparatları ve vitamin A kapsülleri yararlı olmaktadır.

12. Kan ve kan ürünlerine fazla gereksinim duyulmaz. Ülkemizde ise bunun tersi bir kağı mevcuttur. Bu nedenle 1983 Erzurum depremi sonrasında tüm yurttan toplanan binlerce şişe kan telef olmuştur.

13. Sabun ve su gerek tıbbi personel gerek afetzedeler için en önemli sağlık malzemeleri arasındadır.

14. Hekim hizmeti kadar, belki de daha önemlisi, hemşirelik ve hasta bakım hizmetleridir. Hastahanelerde bile akut tıbbi yardım en çok ilk 10 gün için gerekli olmakta geri kalan süre yatak bakımı ile geçmektedir.

15. Sağlık Ocaklarında muayene edilen ve daha önceden belirlenmiş bölge hastanelerine sevki gereken hastalar için bir hasta nakil sistemi kurulmalıdır. Burada helikopterlerden de yararlanılabilir. Sevk yapılan ikinci basamak tedavi kurumlarında daha önce yapılmış planlara göre kapasite artırılır, gerekirse diğer resmi ve özel binalardan yararlanılır. Hasta tedavi hizmetleri, gelenlere yer açmak üzere hızlandırılır.

16. Gerek sağlık ocaklarında, gerek hastahanelerde güvenilir morbidite, mortalite ve malzeme sarf kayıtları tutulması çok önemlidir. Gelecekteki depremlere hazırlanmak ancak bu verilerin varlığında olasıdır.

17. Bölgeye tıp öğrencileri gibi gönüllü fakat deneyimsiz sağlık personelinin sokulması genellikle sakıncalı olmaktadır. Ne yapacağını bilmeyen, karışıklığa neden olan ve zaten sınırlı bulunan yer, yatak, gıda gibi kaynaklara gereksinim gösteren bu kişiler olay yerine herşey olup bittikten sonra ulaşabildikleri gibi yararlı da olamamaktadırlar. Aynı şey gönüllü ülke dışı doktor yardımı için söylenebilir. Ülkenin dilini, hastalık örüntüsünü, hastaların özelliklerini bilmeyen ve daha çok propoganda amacıyla gönderilen bu doktorlara «tıbbi turist» denmektedir.

Gönüllü kuruluşlar içinde Kızılay önemli görevler üstlenmiştir. Çadır, battanlye, glyim eşyası, mutfak malzemesi, gıda, kan ve kan ürünleri, ambulans, ilaç, elbise sağlanması gibi yardımlar yanında 25 yataklı sahara hastaneleri kurar, poliklinik hizmetleri sağlar, para yardımında bulunur. Afetler konusunda oldukça deneyimli olan bu kuruluşun Kızılhaç, Kızılaslan, Kızılhaçlar Birliği, Güneş Dernekleri Birliği gibi uluslararası kuruluşlarla da ilişkisi vardır. 1976 Muradiye depreminde Kızılay bölgeye bir hafta içinde 65 vagon ve 25 nakliye uçağı dolusu gıda, çadır ve ilaç yollayabilmiştir.

Uluslararası yardım kuruluşları ve Birleşmiş Milletler bünyesinde kurulmuş bulunan United Nations Disaster Relief Office (Birleşmiş Milletler Afet Yardım Bürosu) önemli katkılarda bulunmaktadır. Ancak afet yardımları konusunda uzmanlaşmış bu kuruluşlar dışında sağlanan uluslararası yardım genellikle yetersiz olmaktadır. Şekil III'te 1976 Guatemala depreminde sağlanan uluslararası ilaç yardımı görülmektedir (22). İlaçların %

## 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 yayınlanmamış olması,
  - d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması,
  - e) Şekillerin aydınlatma kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması,
  - f) Fotoğrafların net ve klişe 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 elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak 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 yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayımlanacak yazılara, «Kamu Kurum ve Kuruluşlarında Ödenecek Telif ve İşlenme 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 yayınlanması Genel Müdürlüğümüz bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
8. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısıtlanmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
10. Yayınlanmayacak 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.

90'ı genellikle sınıflandırılmamıştır. Bunların ivedi olarak sınıflandırılması mümkün olmadığından işe yarayamamaktadırlar. Sınıflandırmış ilaçlar arasında da gerçekten acil olarak yararlanılabilecekleri düşük orandadırlar. Uluslararası yardım olarak doğum kontrol hapları, hipertansiyon ilaçları ve çeşitli hormon ilaçlarının, süresi dolmuş antibiyotiklerin sık olarak yollandığı bilinmektedir. Uluslararası gıda yardımının yararsızlığı beslenme bölümünde belirtilmişti. Giysi yardımı da genellikle verimsiz olmakta, yardım malzemesi arasında naylon iç açmaşırıları, topuklu ayakkabılar ve diğer kullanılamayacak malzeme sık olarak bulunmaktadır.

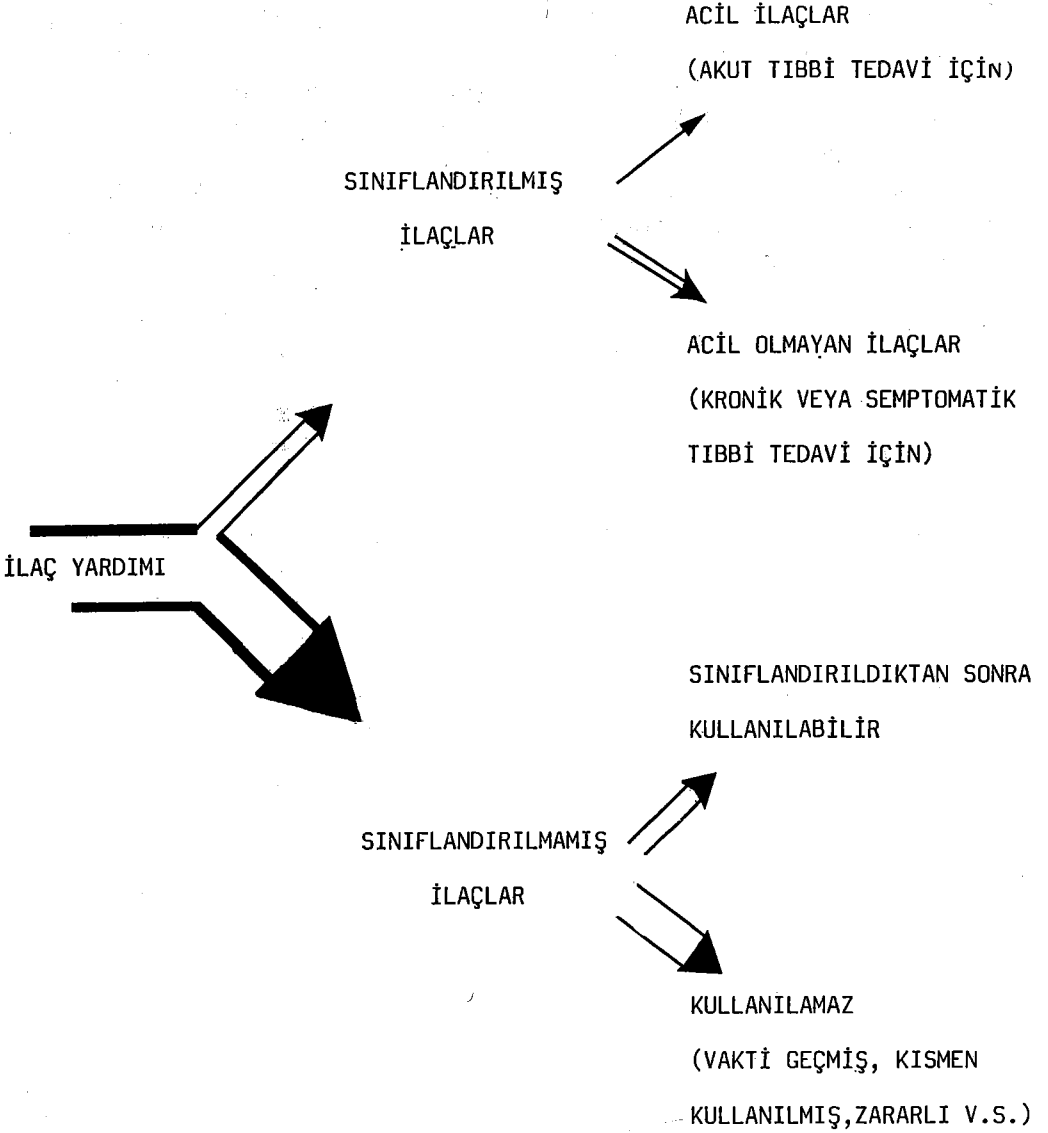
Uluslararası yardımda en büyük sorun gümrük kapıları, havaalanları ve limanlarda çıkmaktadır. Çeşitli bürokratik işlemler yardımı geciktirmekte, düzensizlik ve telaş yardımın yanlış yerlere gitmesine neden olmaktadır. Yardım malzemesinin havaalanlarında depo edilmesi ve nakli de sorun olmaktadır. Ayrıca yolsuzluklar, dağıtım sorunları ve diğer nedenlerle yardımın pek azı afetzedelere ulaşmaktadır.

## V. ÜÇÜNCÜL KORUMA

Üçüncül korunmada afetzedelerin önce yakınlarının yanına veya geçici yerleşim yerlerine taşınıp, yerleştirilmesi, bir yandan da yıkıntının kaldırılıp, yeni binalar inşa edilmesi en önemli rehabilitasyon hizmetidir. Toplumun afet sonrasında büyük bir psikolojik ve sosyo-ekonomik yıkıntı içinde olduğu unutulmamalıdır. Devletin ve gönüllü kuruluşların destekleri en çok bu dönem gerekli olmaktadır. Eğitim ve sağlık hizmetleri iş bulma, burs sağlama, yiyecek ve yakacak sağlama, kredi verme, toplumun yeniden örgütlenmesini sağlama, geçici iskan sağlama ve eski bölgeye yerleştikten sonra başlatılan rehabilitasyon çalışmaları ilk akla gelen desteklerdendir.

Depremin uzun dönemdeki sağlık etkileri bilinmemektedir. Ancak depremi yaşayan kişilerin psikolojik yıkımlarının hayli fazla olduğu ve yıllar boyu sürdüğü, kimsesiz kalmış pek çok yaşlı ve küçük çocuğun bakımı ve korunmasının sorun olduğu, ağır sosyal ve ekonomik yaralar kaldığı da bir gerçektir. Deprem sonrası sağlık hizmetleri en azından eski düzeyine getirilmelidir. Dış yardımın bir kısmı amaçla kullanılabilir. Muradiye depreminden sonra yabancı bir ülke tarafından bölgede kurulan ve donatılan bir sağlık Ocağı önemli hizmetler sağlamıştır. Deprem sonrası yıkıntı her şeye yeniden, bu sefer daha sağlıklı ve düzenli bir şekilde başlamak için bir fırsat olarak da değerlendirilebilir ve böylece gelecekteki afetlerin yıkımları en aza indirgenebilir.

**ŞEKİL-III : AFET SIRASINDA YARDIM OLARAK GELEN İLAÇLARIN  
ÖZELLİKLERİ**



Afet sonrasında vatandaşın bu kez de devlet örgütlerince yaratılan ikinci bir afetle karşılaşması sık olarak görülmektedir. Afetzedeler için yapılan binalarda kötü malzeme kullanıldığı için bir süre sonra çökmeler görülmekte, zaten bu binalar vatandaşın adet ve geleneklerine göre ve iklim koşullarına uygun olarak yapılmadığından çoğunlukla kullanılmamaktadır. Vatandaşın depremden çökmüş olan evini tamir edip içine girmeyi yeğlemektedir. 1976 Muradiye - Çaldıran depreminde yapılan binaların hemen hepsinin izolasyonu yetersizdi. Hayvancılıkla geçinen vatandaşın evinin yanına bir ahır yapılması gerektiği düşünülmemiştir. Isınma, ekmek ve yemek yapmak için yaşamsal önemi olan tandırlara yer ayrılmadığından bazı evlerde vatandaş evin bir odasına yarıya kadar toprakla doldurmuş, ortasına tandır kuyusu açmıştı. Afet anında olduğu gibi, afet sonrasında da genellikle bir başıbozukluk ve düzensizliğin sürdüğü bir gerçektir. Tüm bu aksaklıkların önlenmesi içinse afet öncesi hazırlıkların planlı ve bilimsel bir şekilde yapılması gerekmektedir.

## K A Y N A K Ç A

1. Bayındırlık ve İskan Bkn., Yapı Malzemesi ve Deprem Araştırma Genel Müdürlüğü, **Deprem**. Ankara, 1984, S. 5.
2. İbid., S. 39.
3. Bayülke, N., **Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar**. İmar ve İskan Bkn. Deprem Araştırma Enstitüsü Başk., Ankara, 1978, S. 20.
4. Sav, H., **Deprem Paneli**. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını No. 17, Ankara, 1984, S. 20.
6. Bayındırlık ve İskan Bkn., Op. Cit., S. 27.
7. Lechat, M. F., The epidemiology of disasters, Proceedings of the Royal Society of Medicine. June, 1976, S. 421.
8. Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısı İle Alınacak Tedbirler İle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun, No. 7269.
9. Protein-Calorrie Advisory Group of the United Nations System, A. **Guide to Food and Health Relief Operations for Disasters**. United Nations, New York, 1977, S. 69.
10. Pan American Health Organisation, **Environmental Health Management after Natural Disaster**. PAHO Scientific Publication No. 430, Washington, 1982, S. 53.
11. Pan American Health Organisation, **Emergency Vector Control after Natural Disaster**. PAHO Scientific Publication No. 419, Washington 1982, S. 17.
12. Assar, M., **Guide to Sanitation in Natural Disasters**. World Health Organisation, Geneva, 1971.
13. Instituto Superio di Sanita, Communicable disease survillance in disasters, Weekly Epidemiological Record, 26.12.1980, WHO, Geneva, S. 401-408.
14. Goyet C. V., Lechat, M. F., Health aspects in natural disasters, Tropical Doctor. October 1976, S. 152.
15. Pan American Health Organisation, **Epidemiologic Surveillance after Natural Disaster**. PAHO Scientific Publication No. 420, Washington, 1982, S. 23.
16. Lechat, M. F., Disasters and public health, Bulletin of the World Health Organisation. Januar 1979, S. 11.
17. Goyet, C. V., et al, Earthquake in Guatemala: Epidemiologic evaluation of the relief effort, Bulletin of the Pan American Health Organisation. Vol X, No. 2, 1976, S. 95.
18. Oktay Ergünay, Deprem Araştırma Dairesi Başkanı, kişisel yazışma.
19. Goyet, C. V., et al. Op. Cit.
20. İbid.
21. Lechat, M. F., Op. Cit.
22. Goyet, C. V., et al. Op. Cit.