

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**27 HAZİRAN 1998**

**ADANA – CEYHAN DEPREMİNİN KAYNAK MEKANİZMASI**

**84284**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ömer AKBAŞ**

**Anabilim Dalı: Jeofizik**

**Danışman: Prof. Dr. Özer KENAR**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**ŞUBAT 1999**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**27 HAZİRAN 1998**

**ADANA – CEYHAN DEPREMİNİN KAYNAK MEKANİZMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ömer AKBAŞ**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 12.01.1999**

**Tezin Savunulduğu tarih : 19.02.1999**

**Tez Danışmanı**

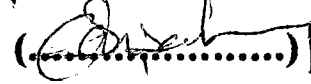
**Üye**

**Üye**

**Prof. Dr. Özer KENAR Doç. Dr. M. Fırat ÖZER Doç. Dr. İlhan OSMANŞAHİN**

  
(.....)

  
(.....)

  
(.....)

**ŞUBAT 1999**

## 27 HAZİRAN 1998 ADANA - CEYHAN DEPREMİ KAYNAK MEKANİZMASI

Ömer AKBAŞ

**Anahtar Kelimeler : Fay Düzlemi, Artçı Sarsıntılar, P- ve T- Eksenleri**

**Özet:** 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depreminden sonra bu bölgede Deprem Araştırma Dairesi tarafından 15 adet ivme ölçer istasyon kurulmuştur. Kurulan bu istasyonlardan elde edilen veriler dikkate alınarak 03 Temmuz - 06 Ağustos 1998 tarihleri arasında elde edilen artçı depremlerin P-dalgası ilk hareket yönleri kullanılarak ayrı ayrı ve birleşik fay düzlemi çözümleri yapılmıştır. Bu çalışmada Magnitüdüleri 2.5 ve 3.7 arasında değişen 16 artçı depremin fay düzlemi çözümleri ayrı ayrı yapılmıştır. Ayrıca derindeki fay düzleminin genel yönlenmesini bulmak amacıyla 16 ayrı ayrı artçı depremin birleşik fay düzlemi çözümünde yapılmıştır.

Bu çözümlerde uyumsuz veri bulunmaktadır. Bunun nedeni; a) Depremlerin magnitüdlerinin küçük olması dolayısıyla P-dalgası ilk hareket yönlerinin belirgin olmaması, b) İstasyonların azimutal dağılımlarının yeterli olmaması olarak açıklanabilir. Bu yüzden bu depremde yırtılmış olan ana fay düzlemini çözmek için iyi çözüm veren 16 artçı deprem seçilmiştir.

Ayrı ayrı yapılan fay düzlemi çözümlerinin birleştirilmesinden elde edilen birleşik fay düzlemi çözümü artçı depremler için etkin olan asal gerilme eksenlerinin konumlarını, fay ve yardımcı düzlemlerin yaklaşık olarak ortalamasını vermektedir. Fay düzlemi çözümleri genel olarak ters bileşenli sol yönlü doğrultu atımlı faylanma vermiştir. Fayın genel doğrultusu K52D ve eğimi 78GD olarak bulunmuştur. Bu çözüm arazide ölçülmüş K70D doğrultulu ve 80GD'ya eğimli fay düzlemi ile uyum içerisindedir. Ayrıca 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depreminin fay düzlemi çözümü çeşitli kuruluşlar tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen birleşik fay düzlemi çözümü çeşitli kuruluşlarca yapılan fay düzlemi çözümleri ile uyumluluk göstermektedir.

Ayrı ayrı yapılan çözümlerde kullanılan istasyon sayısı çok sınırlı olduğundan geçirilen düzlemlerin seçiminde keyfiyet oranı oldukça yüksektir. Verilerin birleştirilmesi ile elde edilen birleşik çözümde veri çokluğu nedeniyle keyfiyet tamamen kalkmaktadır. Çünkü verilerin dağılımı düzlemlerin yeteri kadar doğru olarak geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle birleşik çözüm en geçerli değerlendirme olarak kabul edilmektedir.

# **FAULT MECHANISM OF THE ADANA – CEYHAN EARTHQUAKE**

**JUNE 27, 1998**

**ÖMER AKBAŞ**

**Key Words: Fault Plane, Aftershocks, P and T axes**

**Abstract:** Fifteen strong ground motion accelerations were installed by ERD, just after the main shocks of the 1998 Adana-Ceyhan earthquake. Composite fault plane solutions of the aftershocks recorded in the period between July 3th and August 6th, 1998 were separately made by using P-wave first motion directions. Sixteen fault plane solutions were made for each aftershocks ranging from 2.5 to 3.7 in magnitude in this study. Furthermore, a composite fault plane of these sixteen different aftershocks was fulfilled to find out the general fault orientation at the depth.

There are some inconsistent data given below the causes in these solutions: a) The directions of some P-wave first motions were not certainly read. b) Azimutal distributions of the stations are not sufficient. For this reason, sixteen aftershocks giving good solutions were selected to solve the main fault plane ruptured in this earthquake.

Main fault and auxiliary planes as well as main principal stress axes causing this earthquake were roughly obtained by using the composite fault plane solution method. The results gave a left lateral strike slip fault with reverse component trending N52E the fault dips to 78SE southeastward. This solution coincides with the field data, which shows N70E striking fault with dip of 80 to SE. Focal plane solutions of this earthquake were fulfilled by different known institutes in the world. The composite fault plane solutions obtained by this study are consistent with those results.

Since the number of the stations is very limited in this each solution the orientations of these planes were probably drawn. However, the composite fault plane solutions have completely removed this difficulty. For this reason this method has been extensively used.

## **ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR**

Birleşik odak mekanizması çözümü; klasik olarak yapılan odak mekanizması çözümü, büyük bir depremin çok sayıda sismolojik istasyonlarda kaydedilen P-dalgası ilk hareket yönleri (aşağı, yukarı) kullanılarak yapılmaktadır.

Ancak, az sayıda lokal istasyonların olması durumunda elde edilen veriler odak mekanizmasını belirlemek için yeterli olmayabilir. Bu nedenle belirli bir zaman ve mekanda olmuş depremlerin P-dalgası ilk hareket yönü verilerini kullanarak birleşik odak mekanizması çözümleri yapılabilmektedir. Bir fayın üzerinde çeşitli zamanlarda meydana gelen depremlerin, önce sismik ağdaki kayıtlardan ayrı ayrı odak mekanizması çözümleri yapılmaktadır. Daha sonra tüm depremlerin odak mekanizması için kullanılan veriler sanki bir olaya aitmiş gibi alınarak projeksiyon ağı üzerine yerleştirilir ve odak parametreleri belirlenir. Elde edilen çizim tek bir kaynağın çözümü olarak alınır. Bu yöntem aynı bölgede olan depremlerin aynı basınç ve gerilme kuvvetlerinin etkisinde kalması temeline dayanır. Bu tür çalışmalar; lokal sismik ağlar ve mikrodepremler için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ayrı ayrı yapılan çözümlerde kullanılan istasyon sayısı çok sınırlı olduğundan geçirilen düzlemlerin seçiminde keyfiyet oranı oldukça yüksektir. Verilerin birleştirilmesi ile elde edilen birleşik çözümde veri çokluğu nedeniyle keyfiyet tamamen kalkmaktadır. Çünkü verilerin dağılımı düzlemlerin yeteri kadar doğru olarak geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle birleşik çözüm en geçerli değerlendirme olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışmam süresince her türlü yardımlarını ve yönlendirmeleri ile desteklerini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Özer KENAR'a ve Sayın Doç. Dr. M.Fırat ÖZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamdaki yardımları ve yönlendirmeleri ile desteklerini gördüğüm Jeofizik Müh. Bekir TÜZEL'e ve Jeofizik Yük. Müh. Adem SÓMER'e teşekkür ederim.

Verilerin elde edilmesinde yardımlarını esirgemeyen sayın Jeofizik Müh. Engin İNAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim süresince büyük bir sabırla destek ve yardımlarını hiç esirgemeyen Kimya Müh. Şeref SAYGILI'ya , Jeomorfolog Mete TEOMAN'a ve Jeofizik Yük. Müh. Göktürk ÖZMENEK'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince bütün içtenliği ile her konuda yardımcı olan Jeoloji Yük. Müh. Murat NURLU'ya teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca desteklerini gördüğüm Jeoloji Yük. Müh. Ramazan DEMİRTAŞ' a ve Jeoloji Yük. Müh. Engin ÇORUH'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca her türlü imkanı sağlayan Afet İşleri Genel Müdürü Sayın Rüçhan YILMAZ'a , Deprem Araştırma Dairesi Başkanı Sayın Atamer SEYMEN'e ve Laboratuvarlar Şube Müdürü Sayın Hüseyin GÜLER'e teşekkür ederim.

Jeofizik Yük. Müh. Serkan IRMAK'a , Jeofizik Yük. Müh. Salih KARAKISA'ya Makina Yüksek Teknikeri Metin AYDEMİR'e , Tekniker Halil ŞAHANOĞLU ve Orman Endüstri Müh. Hüseyin Gündüz'e teşekkür ederim.

Ayrıca Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığında çalışan tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen abilerim Sefer ve Cevdet AKBAŞ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince manevi desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen eşim Selma ve kızım Ekin Ceren'e sevgilerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Tezin İçereği.....	1
1.3. İnceleme Alanının Tanıtımı.....	3
BÖLÜM 2. BÖLGENİN JEOLojİSİ.....	7
2.1. Giriş.....	7
2.2. Stratigrafik Özellikler.....	7
2.3. Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu.....	10
2.4. İnceleme Alanının Tektoniği.....	11
2.4.1. Yumurtalık – Misis Fayı.....	13
2.4.2. Narlıören Fayı.....	13
2.4.3. Çiçekli Savrın Fayı.....	13
2.4.4. Göksu Fayı.....	15
BÖLÜM 3. TÜRKİYE'NİN ve İNCELEME ALANININ DEPREMSELLİĞİ.....	19
3.1 Giriş.....	19
3.2. Genel Olarak Türkiye'nin Depremselliği.....	19
3.3. Adana ve çevresinin Depremselliği.....	21

<b>BÖLÜM 4. ADANA-CEYHAN DEPREMİ SONRASI ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>25</b>
4.1. Deprem Sonrası Oluşan Yüzeysel Deformasyonlar.....	25
4.1.1. Çökmeler ve Heyelanlar.....	25
4.1.2. Sıvılaşmalar.....	27
4.1.3. Yüzey kırıkları ve çatlaklar.....	27
4.2. Deprem Oluşturduğu Hasarların İstatistiksel Analizleri.....	30
<b>BÖLÜM 5. ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>35</b>
5.1. Tarihçe.....	35
5.2. Deprem Kaynak Modelleri.....	35
5.2.1. Tek – Kuvvet Çifti.....	35
5.2.2. İkili Kuvvet Çifti.....	37
5.2.3. Sismik Dalgaların İlk Hareket Yönleri, Basınç ve Çekme Kuvvetlerinin Tanımı.....	37
5.2.4. Projeksiyon ( İzdüşüm ) Yöntemleri.....	39
5.2.5. Fay Çeşitleri Fay Düzlemi İle İlişkileri.....	39
5.3. Asal Gerilmeler ve Ana Faylanma Türleri.....	42
5.3.1. Normal Faylanma .....	42
5.3.2. Ters Faylanma.....	44
5.3.3. Doğrultu Atımlı Faylar.....	44
5.4. Odak Mekanizmasının Belirlenmesi.....	45
5.4.1. Fay Düzlemi Parametreleri.....	46
5.4.2. Cisim dalgalarından odak mekanizmasının Belirlenmesi.....	47
5.4.3. Azimut Açıları ve Episantır uzaklıklarının belirlenmesi.....	50
5.4.4. Odağı Terkediş Açılarının Hesaplanması.....	51
5.4.5. İstasyonların Schmidt Ağı ile Odak Küresi Üzerinde Yerleştirilmesi.....	53
5.4.6. Düğüm Düzlemlerinin Belirlenmesi.....	53
5.3.7. Asal Gerilme Eksenlerinin Belirlenmesi.....	55
5.4. Birleşik Odak Mekanizması Çözüm Yöntemi.....	55



<b>BÖLÜM 6. ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMÜ UYGULAMALARI.....</b>	<b>58</b>
6.1. Giriş.....	58
6.2. Veriler.....	58
6.3. 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depremi.....	63
6.4. Adana-Ceyhan Depreminin Artçı Sarsıntılarının.....	63
<b>BÖLÜM 7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>86</b>
<b>BÖLÜM 8. KAYNAKLAR.....</b>	<b>90</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>94</b>



## **SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR**

- $\phi$  : Doğrultu Açısı  
 $\delta$  : Eğim Açısı  
 $\lambda$  : Kayma Açısı  
 $\theta$  : Episantırın Enlemi  
 $\varphi$  : Episantırın Boylamı  
 $\theta'$  : İsatasyonun Enlemi  
 $\varphi'$  : İsatasyonun Boylamı  
 $I_h$  : Işının odağı terkediş açısı,  
 $h$  : Odak derinliği  
 $V_h$  : Odaktaki P-dalga hızı  
 $r_0$  : Yerin yarıçapı  
 $dT/d\Delta$  : P-dalgası için zaman-uzaklık eğrisinin eğimi  
EMSC : Euro Mediterranean Seismological Center  
USGS : United States of Geological Survey  
ERD : Earthquake Research Department

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İnceleme alanının haritası.....	2
Şekil 1.2. İnceleme alanına ait tarihsel ve aletsel dönem hasar yapıcı depremlerin dağılımı.....	4
Şekil 1.3. İnceleme alanının ve çevresinin tektonik durumu.....	6
Şekil 2.1. İnceleme alanına ait jeolojik birimler ( 1/100.000 ölçekli MTA haritalarından ve Kozlu, 1987 'den derlenmiştir).....	8
Şekil 2.2. Türkiye'nin sismotektonik haritası ( $M_s \geq 4.0$ ve 1900-1993), (Demirtaş ve Yılmaz,1996).....	12
Şekil 2.3. İnceleme alanının tektoniği .....	14
Şekil 2.4. Güveloğlu-Kızıldere köyleri arasındaki Çiçekli Savrun Fay Zonu .....	16
Şekil 2.5. İnceleme alanına ait Landsat TM uydu görüntüsünden belirlenen çizgisellikler ve çizgisellik doğrultu gül diyagramı .....	18
Şekil 3.1. Doğu Anadolu Fayı ve Bitlis Bindirme Kuşağı boyunca son 500 yılda oluşmuş büyük yıkıcı depremlerin dağılımları (Ambraseys, 1989'dan değiştirilerek, Demirtaş, 1998 ).....	22
Şekil 3.2. 1900-1998 yılları arasında Doğu Anadolu Fayı'nda meydana gelmiş $M \geq 4.0$ depremlerin dağılımları (Demirtaş, 1998).....	24
Şekil 4.1. İnceleme alanında deprem esnasında oluşan çökme ve heyelan yapıları.....	26
Şekil 4.2. İnceleme alanı içinde gözlenen sıvılaşma alanları.....	28
Şekil 4.3. İnceleme alanı içinde deprem esnasında meydana gelen sıvılaşmalar.....	29
Şekil 4.4. İnceleme alanı içinde deprem esnasında meydana gelen kırıklar .....	31
Şekil 4.5. Adana-Ceyhan depreminde meydana gelen hasarlardan görüntüler.....	32
Şekil 4.6. İstatiksel analizler.....	34
Şekil 5.1. Tek-kuvvet çifti.....	36
Şekil 5.2. İkili-kuvvet çifti .....	36
Şekil 5.3. P-dalagası ilk hareketlerinin dağılımı.....	38
Şekil 5.4. Schmidt eşit alan ağı .....	40
Şekil 5.5. Fay türleri ve bunlara ait odak mekanizması çözümleri.....	41

Şekil 5.6. Normal faylanma.....	43
Şekil 5.7. Ters faylanma.....	43
Şekil 5.8. Doğrultu atımlı faylar.....	45
Şekil 5.9. Fay düzlemi parametreleri.....	47
Şekil 5.10. Tek kuvvet çifti ve ikili kuvvet çifti kaynak modelleri.....	48
Şekil 5.11. Sismogramlar üzerinde kompresyon ve dilatasyon gösteren ilk hareketler.....	49
Şekil 5.12. Episantr uzaklığı, azimut ve odağı terkediş açısının şematik gösterilişi.....	52
Şekil 5.13. Odak mekanizması çözüm örneği.....	54
Şekil 5.14. Asal eksen parametrelerinin şematik olarak gösterilişi.....	56
Şekil 6.1. İstasyonlar ve episantr dağılımları.....	59
Şekil 6.2. Hızın Derinlikle Değişimi.....	62
Şekil 6.3. 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depremi anaşokunun odak mekanizması çözümleri.....	64
Şekil 6.4. 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depreminden sonra oluşan artçı şokların günlere göre dağılımları.....	66
Şekil 6.5. 10.07.1998 tarihli (Olay 1) depremin fay düzlemi çözümü.....	69
Şekil 6.6. 11.07.1998 tarihli (Olay 2) depremin fay düzlemi çözümü.....	70
Şekil 6.7. 11.07.1998 tarihli (Olay 3) depremin fay düzlemi çözümü.....	71
Şekil 6.8. 13.07.1998 tarihli (Olay 4) depremin fay düzlemi çözümü.....	72
Şekil 6.9. 13.07.1998 tarihli (Olay 5) depremin fay düzlemi çözümü.....	73
Şekil 6.10. 14.07.1998 tarihli (Olay 6) depremin fay düzlemi çözümü.....	74
Şekil 6.11. 15.07.1998 tarihli (Olay 7) depremin fay düzlemi çözümü.....	75
Şekil 6.12. 15.07.1998 tarihli (Olay 8) depremin fay düzlemi çözümü.....	76
Şekil 6.13. 17.07.1998 tarihli (Olay 9) depremin fay düzlemi çözümü.....	77
Şekil 6.14. 18.07.1998 tarihli (Olay 10) depremin fay düzlemi çözümü.....	78
Şekil 6.15. 18.07.1998 tarihli (Olay 11) depremin fay düzlemi çözümü.....	79
Şekil 6.16. 22.07.1998 tarihli (Olay 12) depremin fay düzlemi çözümü.....	80
Şekil 6.17. 23.07.1998 tarihli (Olay 13) depremin fay düzlemi çözümü.....	81
Şekil 6.18. 27.07.1998 tarihli (Olay 14) depremin fay düzlemi çözümü.....	82
Şekil 6.19. 31.07.1998 tarihli (Olay 15) depremin fay düzlemi çözümü.....	83

<b>Şekil 6.20. 03.08.1998 tarihli (Olay 16) depremin fay düzlemi çözümü.....</b>	<b>84</b>
<b>Şekil 6.21. Toplam 16 olayın (Depremin) birleşik fay düzlemi çözümü.....</b>	<b>85</b>



## **TABLolar LİSTESİ**

Tablo 1.1. İnceleme alanındaki tarihsel ve aletsel döneme ait hasar yapıcı depremler.....	3
Tablo 6.1. İvme kayıtçuları istasyonlarının listesi.....	62
Tablo 6.2. Adana-Ceyhan depreminden sonra oluşan artçı sarsıntılar.....	60
Tablo 6.3. Adana-Ceyhan depreminden sonra oluşan artçı sarsıntılar.....	61
Tablo 6.4. Kullanılan kabuk hız modeli.....	62
Tablo 6.5. Çalışmada kullanılan depremler.....	65
Tablo 6.6. Odak mekanizması çözümleri.....	68



## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

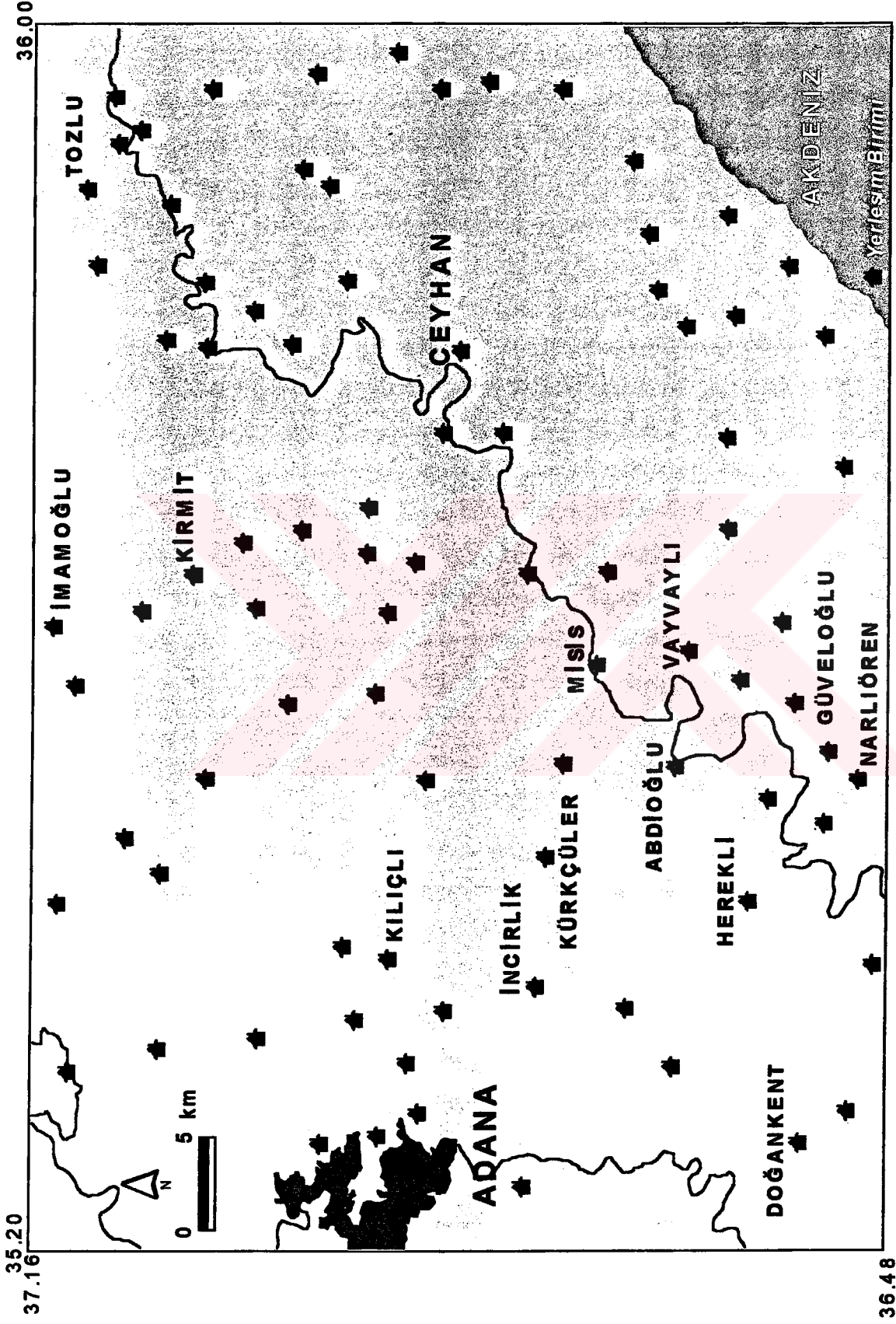
Çalışma alanı coğrafik olarak Türkiye'nin 35°20' - 36°00' doğu boylamları ve 36°48' - 37°16' kuzey enlemleri arasındaki 4900 km<sup>2</sup> lik bölgeyi kapsar (Şekil 1.1).

İnceleme alanına ait tarihsel ve aletsel döneme ait hasar yapıcı deprem kayıtlarına bakacak olursak (Taplo-1.1 , Şekil 1.2) ; bu depremlerin fay zonlarına yakın bölgelerde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Özellikle depreme neden olduğu düşünülen Göksu Fayı üzerinde tarihsel dönemde iki, aletsel dönemde bir deprem oluşmuştur. Buralardaki büyük deprem yoğunlaşması fay zonunun aktif olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı ; Bölgedeki artçı sarsıntuların ivme kayıtlarından P-dalgasının ilk hareket yönleri kullanılarak ayrı ayrı ve birleşik odak mekanizması çözümlerini yapmaktır. Ayrıca asal gerilme eksenlerinin konumlarını belirleyerek bölgenin tektoniğini araştırmaktır.

### **1.2. Tezin İçeriği**

Birinci bölümde tezin amacı, içeriği ve çalışma alanının tanıtımından bahsedilmiştir. İkinci bölümde bölgenin jeolojisinden, Türkiye'nin genel tektoniğinden ve inceleme alanının tektoniğinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde Türkiye'nin ve inceleme alanının depremselliği anlatılmıştır. Dördüncü bölümde Adana-Ceyhan depremi sonrası çalışmalara yer verilmiştir. Beşinci bölümde depremlerin odak mekanizması çözüm yöntemlerinden bahsedilmiştir. Altıncı bölümde çalışmada kullanılan veriler tanıtılarak, depremlerin ayrı ayrı odak mekanizması ve birleşik odak mekanizması uygulamaları yapılmıştır. Yedinci bölümde çalışmanın sonuçlar ve önerilerine yer verilmiştir. Sekizinci bölümde ise kaynaklar yer almaktadır.



Şekil 1.1 İnceleme alanının haritası



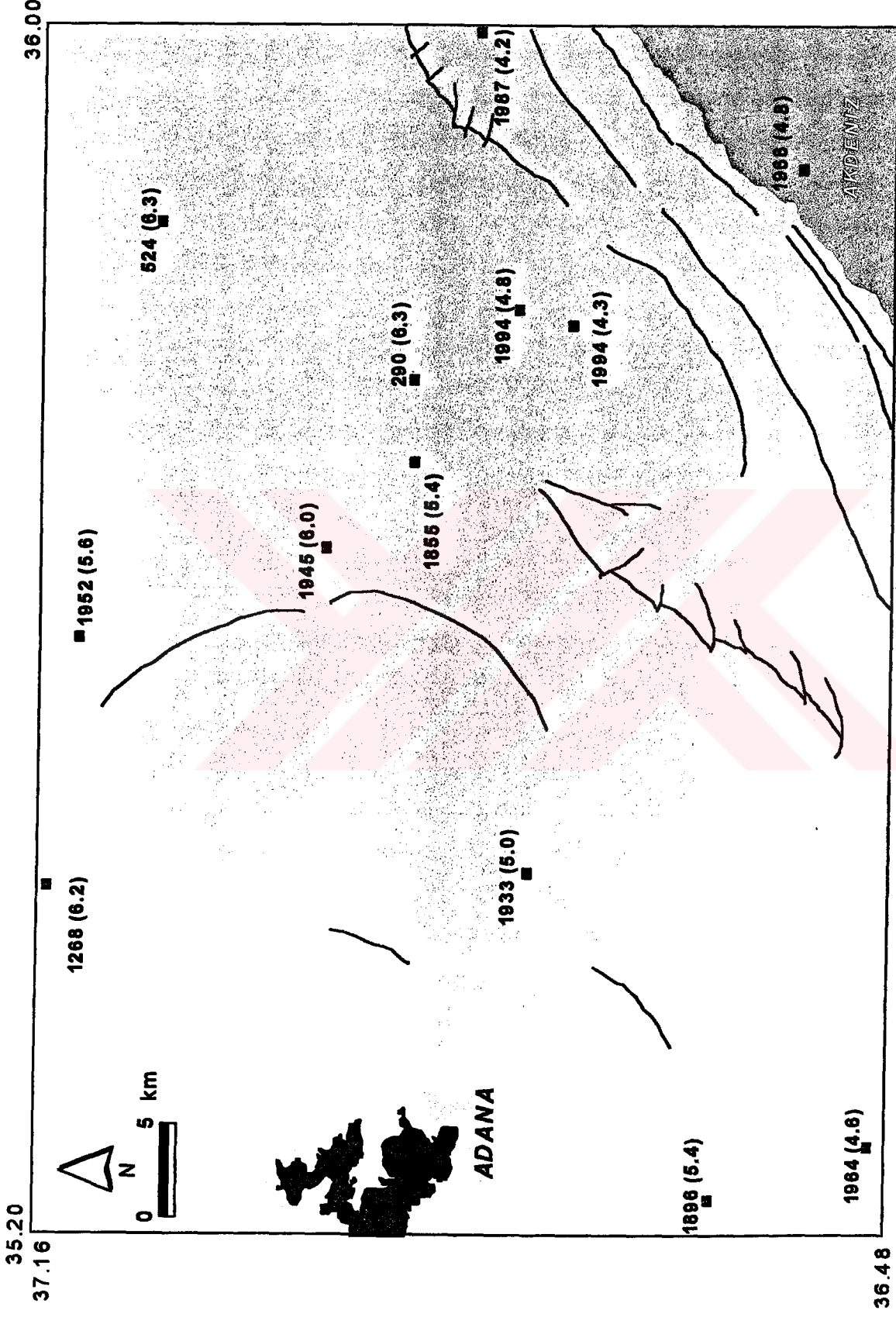
Tablo 1.1 İnceleme alanındaki tarihsel ve aletsel döneme ait depremler (Ergin ve diğ., 1967, Gencoğlu ve diğ., 1990 ve Kandilli katalogundan derlenmiştir, 1998).

Tarih	Enlem	Boylam	Magnitüd	Derinlik (km)
290	37.06	35.80	6.3	-
524	37.20	35.90	6.3	-
1268	37.27	35.50	6.2	-
1855	37.06	35.75	5.4	-
1896	36.90	35.30	5.4	-
1933	37.00	35.50	5.0	30
1945	37.11	35.70	6.0	60
1952	37.25	35.65	5.6	70
1964	36.81	35.33	4.6	4
1966	36.84	35.92	4.8	58
1987	37.02	36.02	4.2	10
1994	36.97	35.83	4.3	17
1994	37.00	35.84	4.8	26

### 1.3. İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı; Ecemiş Fayı'nın doğusu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun batısı arasında kalan, dar ölçekte ise doğrultu atımlı sol yönlü Kozan Fayı ile Yumurtalık Bindirmesi arasında kalan Misis – Andırın Basenini de içeren bölgedir (Şekil 1.3).

İnceleme alanı içinde en önemli yerleşim merkezi Adana ilidir. Ceyhan, Misis, İmamoğlu ilçeleriyle Vayvaylı, Herekli, Narlıören, İncirlik, Abdioğlu, Tozlu, Kılıçlı, Doğankent, Kürkcüler, Güveloğlu ve Kirit belde ve köyleride diğer önemli yerleşim merkezleridir (Şekil 1.1).

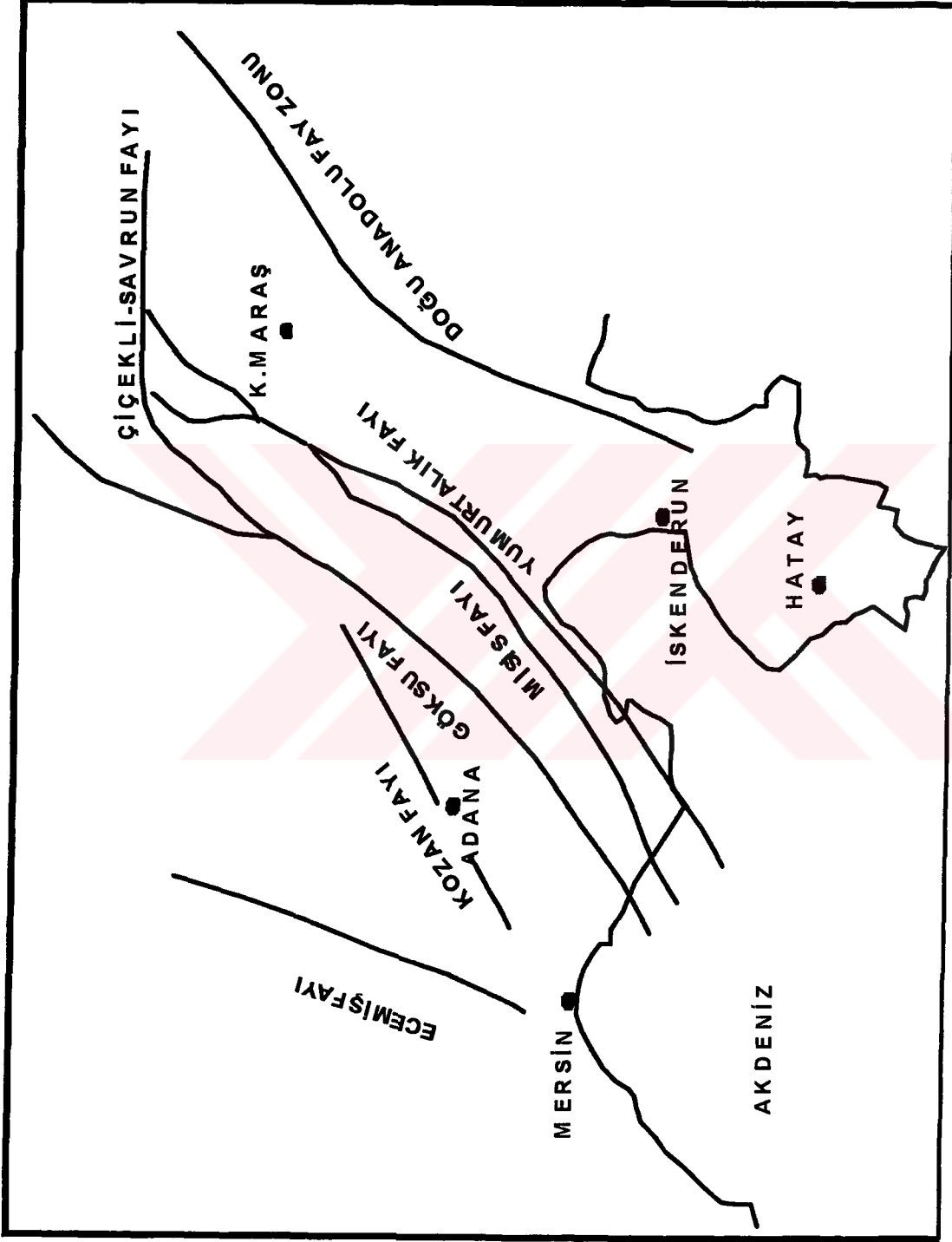


Şekil 1.2. İnceleme alanında tarihsel ve aletsel döneme ait hasar yapıcı depremlerin episantr dağılımları

Morfolojik olarak inceleme alanının kuzeybatısı ile güneydoğusundaki topoğrafik açıdan yüksek alanların arasında kuzeydoğu–güneybatı uzanımlı Adana ve Ceyhan yerleşim alanlarının bulunduğu ovalar yer almaktadır. Önemli yükseltileri Cebelinur (780m), Harami dağı (614m), Kızılkaya (544m) ve Camdan dağı (335m) dir. Adana il merkezinden geçen Seyhan Nehri ile Ceyhan ilçesinden geçen Ceyhan Nehri önemli akarsuları oluşturmaktadır.

İnceleme alanı tipik Akdeniz ikliminin etkisi altında olup kışlar ılık, yazları sıcaktır. Yıllık yağış ortalaması 600 mm. sıcaklık ortalaması ise 20°C dir. Ulaşım ağı açısından oldukça gelişmiş olan inceleme alanında tarım ve endüstri bölgenin en önemli geçim kaynağıdır.





Şekil 1.3 İnceleme alanının ve çevresinin tektonik durumu

## BÖLÜM 2. BÖLGENİN JEOLJİSİ

### 2.1 Giriş

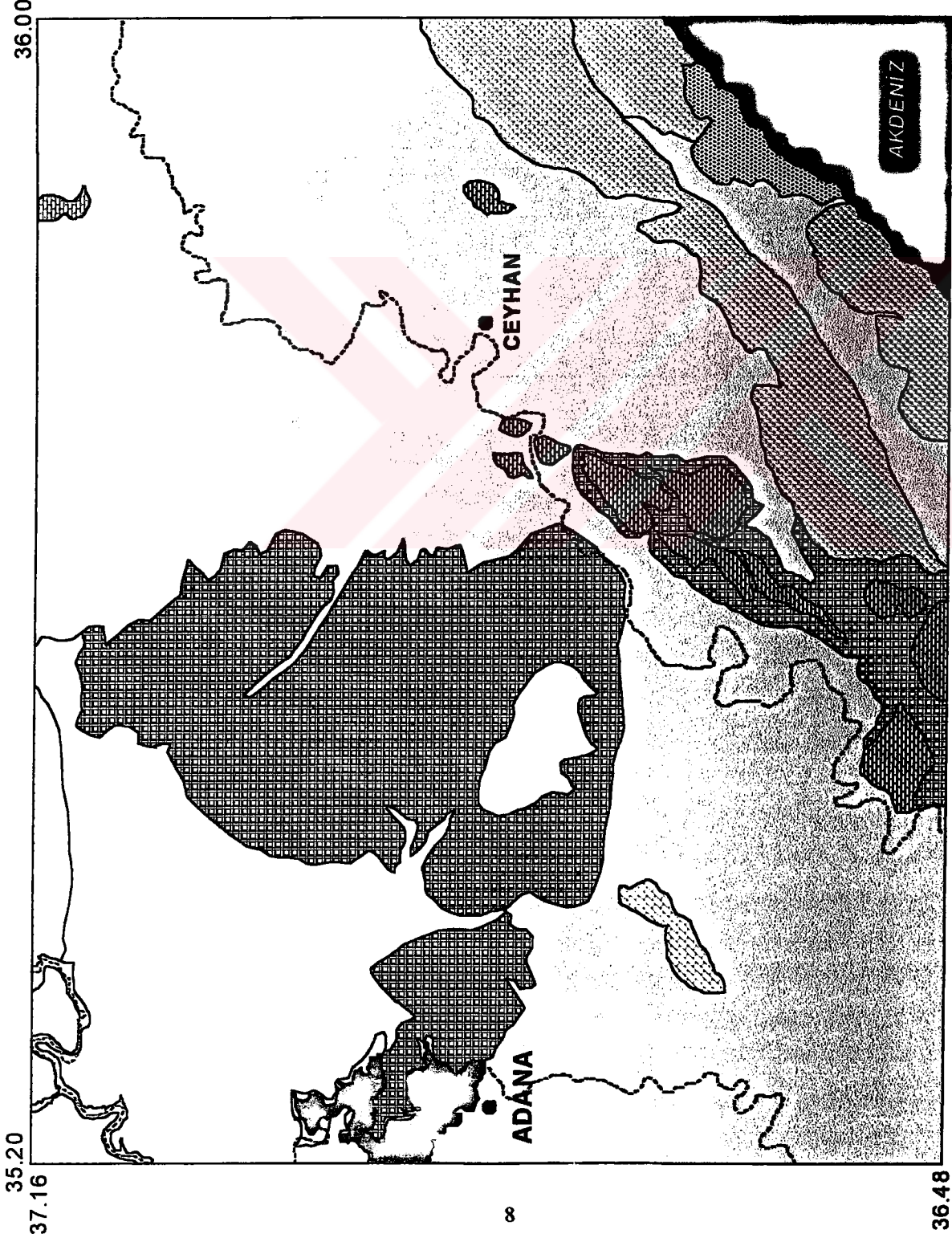
İnceleme alanının genel jeolojik özellikleri literatür bilgileri, uydu görüntüleri ve arazi çalışmaları destekli olarak incelenmiştir.

### 2.2 Stratigrafik özellikler

İnceleme alanı genel olarak Üst Kretase, Oligo-Miyosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı kayalar ile andezit ve traverten türünde kayaları içermektedir (Şekil 2.1 ).

Üst Kretase: Üst Kretase yaşlı kayalar inceleme alanının güneydoğusunda Harami dağ, Cebelinur dağı, Kürt dağı ve Dededağ boyunca büyük bloklar halinde gözlenirler. Volkanosedimanter bir istif sunan birim mangenezli kireçtaşı içeren tuf, volkanik kumtaşı, killi kireçtaşı ve aglomeralarla temsil edilmektedir. Topoğrafik açıdan yüksek eğimli alanlarda gözlenen Üst Kretase yaşlı kayaların dokunağı genellikle tektoniktir. Genellikle bloklar halinde gözlenen birimde kireçtaşları bol çatlaklı kırılmalı bir yapıya sahiptir. Üst Kretase yaşlı birime inceleme alanının değişik yerlerinde (Anavarza köyünün batısı, Ceyhanın doğu ve batısındaki tepelerde) rastlamak mümkündür. Bilgin ve diğ. (1981), tarafından birimin yaşı Üst Kretase (Maestrihtiyen) olarak verilmiştir.

Oligo-Miyosen: İnceleme alanının güneydoğusunda gözlenen birim olistostromal karakterde olup farklı yaşta blokların biraraya gelmesinden oluşmuştur. Matris türbiditlerden oluşma bol planktonik fosilli kırıntılı bir istiftir. Genelde olistostrom çakıltaşlarıyla sarılmış irili ufaklı bloklar istifin değişik seviyelerinde dağınık halde bulunurlar. Orta eğimli alanlarda gözlenen birim Ayhan ve Bilgin (1988)' e göre yakın çevreden çeşitli sedimanter ve ofiyolitik kayaların aşınarak dar ve uzun bir havzada hızlı bir şekilde depolanmasıyla oluşmuştur.



Şekil 2.1 İnceleme alanına ait jeolojik birimler ( 1/ 100.00 ölçekli MTA haritalarından ve Kozlu, 1987'den derlenmiştir.)



Miyosen: Schmidt (1961) tarafından, Güvenç formasyonu olarak adlandırılan bu birim inceleme alanının kuzey kesimlerinde ve güneyde Alihoca köyü yakınlarında gözlenir. Gri renkli çakıtaşı ve kumtaşından oluşan birim orta eğimli topoğrafyaya sahip alanlarda gözlenir. Orta kalın tabakalı yer yerde çapraz tabakalı bir yapı sunar. Yetiş (1987)' e göre Güvenç formasyonu Burdigaliyen-Serravaliyen zaman aralığında çökelmiştir.

Pliyosen: Schmidt (1961) tarafından, tanımlanan Handere formasyonu inceleme alanında Pliyosen zaman aralığını ifade etmektedir. Handere formasyonu Adana ilinin kuzeyinde oldukça geniş bir alanda çoğunlukla orta eğimli topoğrafik bölgelerde yüzeylenmektedir. Başlıca kumtaşı, silttaşı, marn, çamurtaşı ve çakıllı kumtaşlarından oluşan birimin toplam kalınlığı Yetiş (1988)' e göre 700 m. civarındadır. Tabaka kalınlıkları orta kalınlıkta olup çapraz tabakalanmalar gözlenir. Handere formasyonunun üst dokunağı Adana baseninde yaygın gözlenen traverten ve yer yerde genç alüvyonlarla örtülmüş durumdadır.

Traverten (Taraça-Kaliçi): Adana ilinin doğusunda dar bir şerit halinde topoğrafyaya uyumlu olarak yüzeylenen travertenler ayrıca inceleme alanında Cebelinur dağları çevresinde Üst Kretase yaşlı blokların etrafında da gözlenirler. Acar (1987)' a göre, Pleyistosen sonu Kuvaterner başında  $CaCO_3$ ' lı suların uygun zemin üzerinde toplanması ve altta sızma olanağı bulduğu ve kurak mevsimlerde kireçli suların yüzeye çıkması, yüzeyde sızma olanağı bulamayan sularla birlikte buharlaşarak  $CaCO_3$ ' tın çökmesi bu tür kayaçların oluşmasını sağlamıştır ki güneye doğru olan hafif eğimleri alttaki topoğrafya ya uygun şekilde tortulanmasının bir sonucudur.

Alüvyon: İnceleme alanında Adana ve Misis-Andırın Basenini oluşturan eski alüvyonlar ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyonlar bulunmaktadır. Eski alüvyonlar genellikle bitkisel toprak ile örtülü bulunmaktadır. Yeni alüvyonlar ise dere boylarında gelişmiş olup genellikle kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum ve mil malzemesinden oluşmaktadır.

### 2.3 Türkiyenin Genel Tektonik Durumu

Anadolu, dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu deprem kuşağı, Azor takım adalarından başlayıp, uzakdoğuda Endonezya'ya kadar uzanır ve genel anlamda Avrasya, Afrika ve Hint-Avusturalya levhalarının göreceli hareketlerinden oluşan depremleri içeren aktif bir kuşaktır. Yapılan çalışmalar, Afrika levhasının Avrasya levhasına göre göreceli olarak kuzeye doğru hareket ettiğini ve Avrasya levhasının altına daldığını ortaya koymuştur (McKenzie 1970).

Ülkemiz ve çevresi bu önemli deprem kuşağının Akdeniz bölgesindeki en hareketli kısmını teşkil eder. Anadolu, bu kuşağın genel nitelikleri yanısıra kendine has birtakım jeolojik özelliklerini de içermektedir. Kuzeyde Avrasya, güneyde Afrika-Arabistan levhaları arasında kalan ülkemizin jeolojisi, bu iki levhanın sürekli hareketlerine ve bu levhalar arasında yer almış olan eski ve yeni Tetis okyanusunun jeotektonik evrimine bağlı olarak gelişmiştir. Permo-Trias'ta başlayan Pontit (Kuzey ve Kuzeybatı Anadolu Sıradağları), Anatolid (İç Anadolu Sıradağları), Torid (Toroslar Güney ve Doğu Anadolu Sıradağları) ve Güneydoğu Anadolu dizilerinin (Güneydoğu Anadolu Sıradağları) oluşumunu kapsayan eski tektonik dönem (Paleotektonik) orta-üst Miyosen'de sona ermiş, Avrasya-Arap levhalarının yaklaşması ve yaklaşık 15 milyon yıl önce Bitlis Bindirme Kuşağı boyunca çarpışması ile yeni tektonik dönem (neotektonik) başlamıştır. Kısaca, Arap levhası Bitlis Bindirme Kuşağı boyunca Avrasya'ya çarpmıştır. Arap levhasının kuzeye doğru hareketi ve Avrasya'ya çarpması sonucu, Doğu Anadolu kuzey-güney yönünde sıkışmış ve tüm Anadolu levhası üzerinde neotektonik devre başlamıştır.

Bugün Anadolu'da gözlediğimiz tüm genç ve etkin tektonik hareketler, Kırık kuşakları ve deprem etkinliği 15 milyon yıl önce başlayan ve günümüzde de devam eden çarpışma mekanizmasının ürünüdür. Bu mekanizmanın doğurduğu basınç ve gerilme, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay kuşaklarının oluşmasına yol açmıştır. Böylece Anadolu levhası bu fay kuşakları boyunca batıya doğru yanal kayma hareketlerine



başlamıştır. Afrika levhasının bir parçası durumunda olan Arap levhası, Avrasya levhasına doğru kuzeye hareket etmekte ve doğu Anadolu'yu sıkıştırılmaktadır. Böylece Anadolu levhası bu sıkıştırmanın etkisi ile Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki kaymanın getirdiği kolaylıkla batıya doğru hareket etmektedir (Şengör 1979). Batıya doğru olan bu kaçış, Ege'de Yunan makaslama kuşağının engellenmesi ile D-B doğrultulu basınç ve bunun karşılanmasına yönelik K-G yönlü genişleme (extension) rejimini doğurmuştur. Anadolu Miyosen'den bu yana (12 milyon yıl) gelişen üç ana neotektonik bölgeye ayrılmıştır (Şengör 1979).

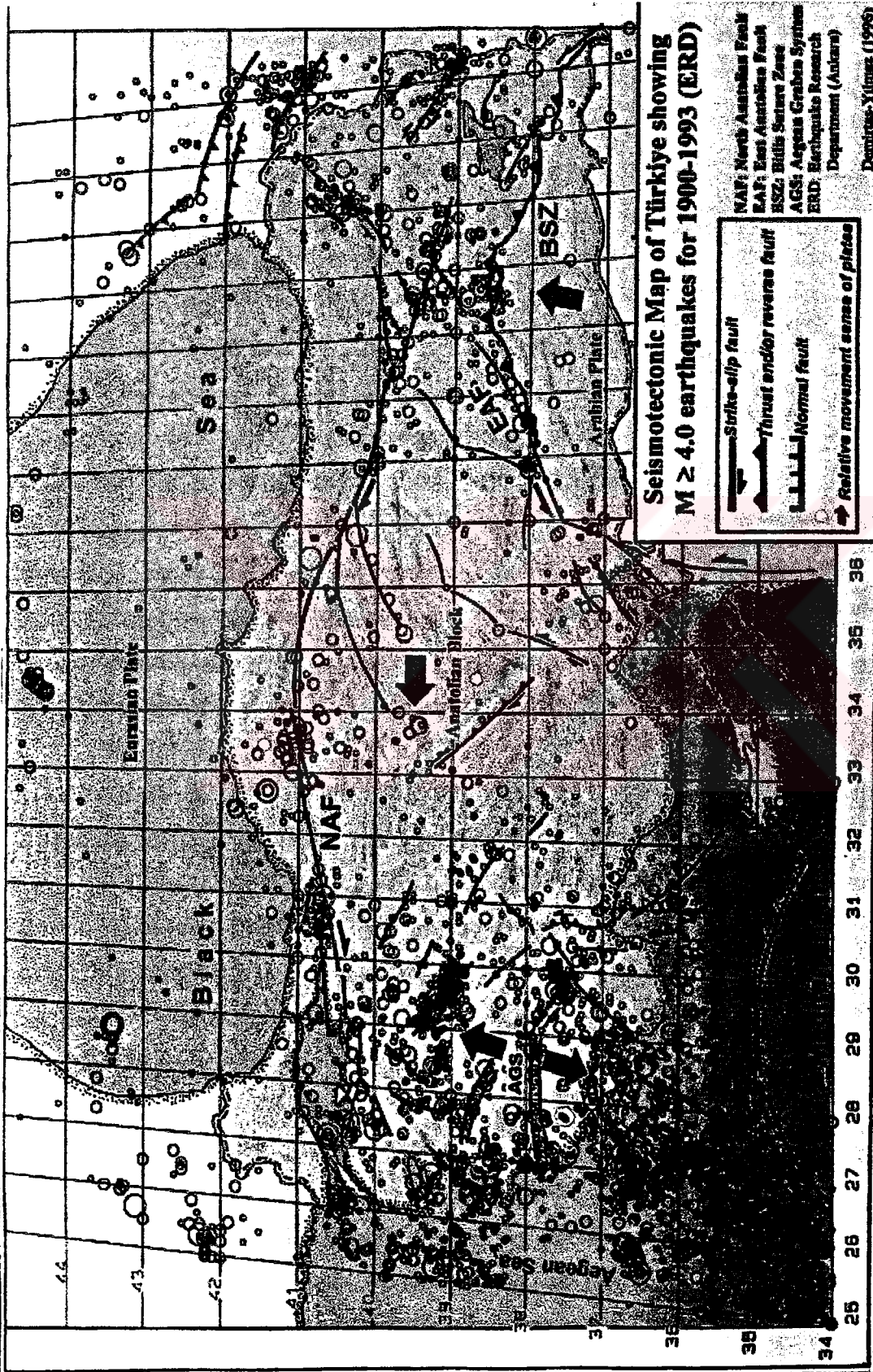
1. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi
2. Batı Anadolu Açılma Bölgesi (Ege Grabenler Bölgesi)
3. Orta Anadolu Ovalar Bölgesi

Bu yeni tektonik sürecin sonucu olarak, Anadolu'nun depremselliği artmış, etkin faylar ve deprem kuşakları oluşmuştur. Yukarıda sözü edilen bu bölgeler, günümüzde depremselliğin kaynağı diri fayları, bindirmeleri ve çöküntü havzalarını içermektedir (Kalafat 1998).

1900-1995 yılları arasında magnitüdü  $M_s \geq 4.0$  depremlerin episantırları, yeniden gözden geçirilip haritalanarak diri faylar ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Bu depremlerin episantırları, ana tektonik hatlar boyunca yoğunlaşmışlardır (Şekil 2.2), (Demirtaş ve Yılmaz 1996).

## 2.4 İnceleme Alanının Tektoniği

İnceleme alanı tektonik özellikleri açısından oldukça karmaşık bir bölgede yer almaktadır. Batıda Ecemiş Fayı'nın, doğuda ise Bitlis Bindirmesi ve Doğu Anadolu Fay Zon'larının devamları niteliğindeki fay zonları arasında tektonik açıdan bir geçiş zonunda bulunmaktadır (Şekil 1.3). Böylece hem Güneydoğu Anadolu' nun hemde



Şekil 2.2 Türkiye'nin sismotektonik haritası ( $M_s \geq 4.0$  ve 1900-1993), (Demirtaş ve Yılmaz, 1996).

Doğu Torosların tektonik özelliklerini taşımaktadır. Uydu görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalar ve arazi değerlendirmeleri sonucunda tektonik harita oluşturulmuş ve genellikle kırık tektoniğinin egemen olduğu saptanmıştır (Şekil 2.3). İnceleme alanı içinde gözlenen en önemli tektonik yapılar; Yumurtalık Bindirmesi, Narlıören Fayı, Çiçekli-Savrun Fayı ve Göksu Fayı'dır.

#### **2.4.1 Yumurtalık – Misis Fayı**

Kozlu (1987)' ya göre, Yumurtalık Bindirmesi inceleme alanı içinde KD-GB doğrultusunda İskenderun Baseni ile Misis-Andırın Basenini ayırarak şekilde gelişmiştir. Fayın bindirme karakterine dönüşüm yaşı Üst Pliyosen öncesidir. Bu fay Üst Pliyosen sonrası bölgede etkin olan gerilmeli tektonikle tekrar aktivite kazanmıştır.

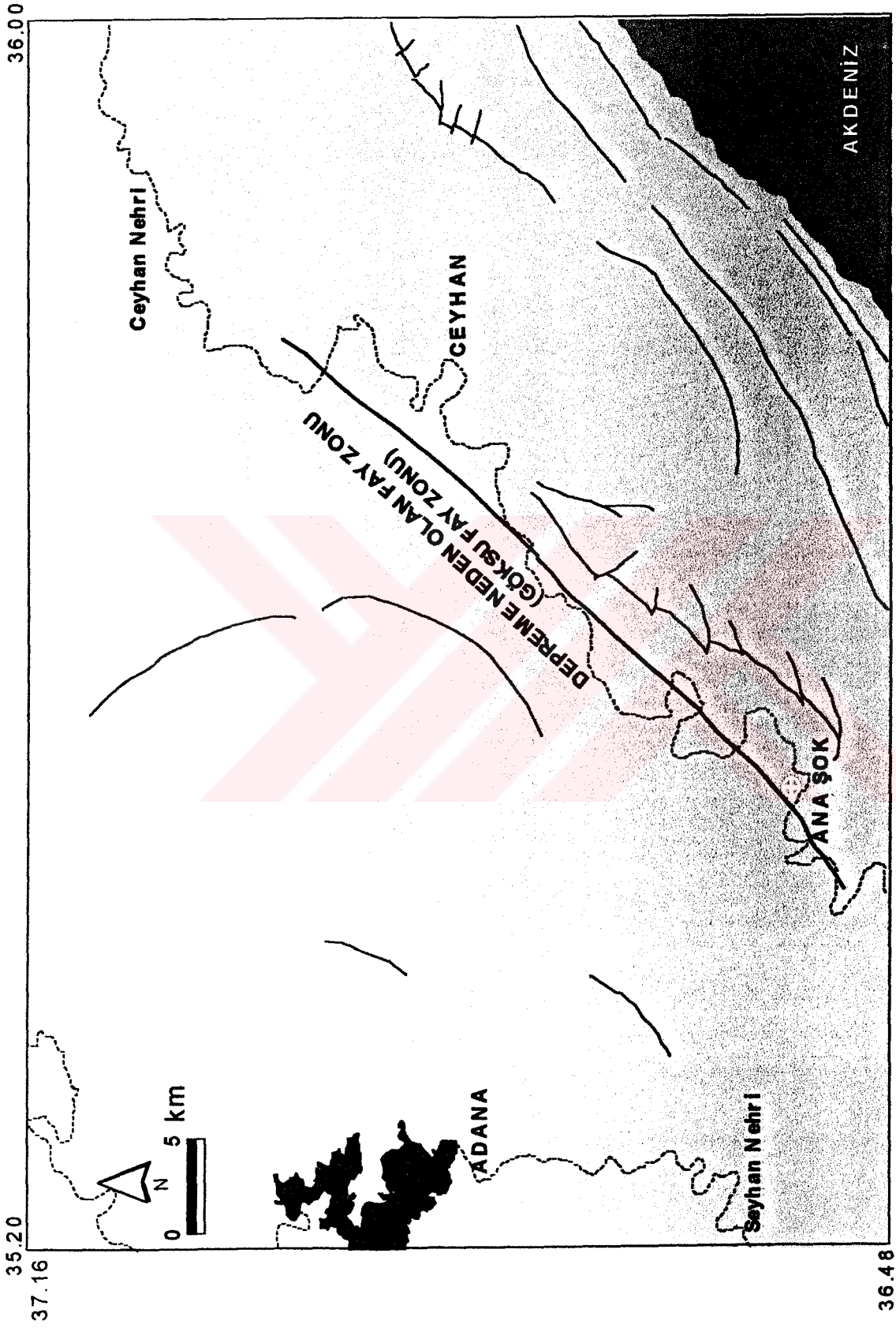
#### **2.4.2 Narlıören Fayı**

Ters fay karakterinde olup Yumurtalık Fayı'na paralel olarak uzanmaktadır. İnceleme alanının güneydoğusunda Ayvalık Köyü'nün batısından başlayarak Narlıören, Kurtpınar, Sarımaz köyleri boyunca devam eder.

#### **2.4.3 Çiçekli-Savrun Fayı**

Kozlu (1987)' ya göre, bu fayın başlangıç yaşı Alt Miyosen veya hemen öncesi olup hala aktiftir. Bu tektonik hattın, Üst Eosen-Alt Oligosen esnasında muhtemelen sürüklenme hattı olduğunu ve daha sonrada doğrultu atımlı fay sistemine dönüştüğünü belirtmiş ve bu fayın Üst Miyosen esnasında ve sonrasındaki hareketin Misis-Andırın Baseni'nin bugünkü konumunu almasına neden olduğunu da söylemiştir. İnceleme alanı içinde bu fayın izlerine Misis'in güneydoğusundaki Cebelinur sıradağları boyunca rastlamaktayız. Fay zonunu genellikle KD-GB doğrultulu oblik (eğim atımlı normal, çok





Şekil 2.3 İnceleme alanının tektoniği

az sol doğrultu atım bileşenine sahip) faylar oluşturmaktadır. Kızıldere – Güveloğlu köyleri arasında çok belirgin olan fay düzlemleri Üst Kretase yaşlı bloklardaki KB yönünde eğim atıma sahip olmalarıyla arazide rahatça tanınırlar (Şekil 2.4).

Bu fay yaklaşık D-B doğrultulu sol yönlü faylar ile ötelenmiş durumdadır. Misis-Andırın baseninin doğu kenarını oluşturan Çiçekli-Savrun Fayı, inceleme alanı içinde Ceyhan'dan itibaren kuzeydoğuya doğru olan devamlılığı alüvyon örtü nedeniyle izlenememiştir.

#### 2.4.4 Göksu Fayı

Kozlu (1987)' ya göre Orta Eosenin hemen sonrası harekete geçen bu fay KD-GB doğrultusunda genellikle sol yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde olup inceleme alanı içinde alüvyon örtü altında devam etmektedir. İnceleme alanı dışında normal faylarında gözleendiği bu faya dar açı ile birleşen birçok tali fayın olduğu Kozlu (1987) tarafından saptanmıştır. Misis-Ceyhan depreminin episantur koordinatları ve odak çözümlenmeleri depreme bu fayın neden olduğunu göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında; Kozlu (1987)' ya göre Güneydoğu Anadolu'da kuzey güney yönlü sıkışma tektoniği ile oluşmuş egemen doğu-batı gidişli sürüklenme ve bindirme yapıları inceleme alanı ve yakın çevresinde KD-GB yönlü olarak doğrultu atımlı fay zonlarına dönüştüğü ve Toros kuşağına Göksu Fayı ile bağlanmıştır. Söz konusu bu tektonik hatların Göksu Fayı zonundan başlamak üzere güneydoğu yönünde gençleşmektedir. Üst Eosen tektoniği ile yükselerek aşınma alanı durumuna gelmiş Adana ve İskenderun bölgesi, Alt Langiyende yine sıkışmalı tektonik rejimle 'doğrultu atımlı fay basenleri' olarak açıldığı saptanmıştır.

İnceleme alanına ait Landsat TM uydu görüntüsü üzerinde yapılan çizgisellik analizleri sonucunda (Şekil 2.5); genellikle çizgiselliklerin K50D doğrultusunda yoğunlaştığı ikincil yoğunlaşmanında K20B doğrultusunda geliştiği belirlenmiştir. Bu



**Şekil 2.4 Güveoğlu-Kızıldere köyleri arasındaki Çiçekli Savrun Fay Zonu.**

yoğunlaşmalar özellikle bölgede etkin olan fay sistemleri ile uyumludur. Çizgisellik analizlerinde, makaslama zonlarında, iki maksimum doğrultu arasındaki dar açının açılı ortayı en büyük gerilme doğrultusunu vermektedir. Buradan hareket ederek inceleme alanımız için yapılan hesaplamada maksimum gerilme için K15D doğrultusu elde edilmiştir. Bu doğrultuda yaklaşık olarak depreme neden olan gerilmelerin doğrultusuna paralellik göstermektedir (Nurlu 1998).







Şekil 2.5 İnceleme alanına ait Landsat TM uydü görüntüsünden belirlenen çizgisellikler ve çizgisellik doğruktu gül diyagramı



## **BÖLÜM 3. TÜRKİYE’NİN VE İNCELEME ALANININ DEPREMSELLİĞİ**

### **3.1 Giriş**

Yerküremizin ve yerküremiz üzerindeki birçok bölgenin depremselliği (Sismisitesi) pek çok sayıda sismoloğun yıllardan beri uğraşısı olmuştur. Bu ilgi ve uğraşlar gittikçe artan bir yoğunluk kazanarak devam etmektedir. Bu ilginin nedenleri arasında, depremlerin insan hayatı üzerindeki toplumsal ve ekonomik etkilerinin daha iyi anlaşılması şüphesiz başta gelir. Depremsellik (Sismisite) kelimesi literatürde geniş ölçüde kullanılmakla birlikte, genel olarak depremlerin zaman ve uzaydaki dağılımları ile ilgili olarak kullanılmıştır (Alptekin 1978).

İlk depremsellik çalışmaları büyük bir olasılıkla Oldham ve Montessus de Ballore tarafından 1911 lerde yapılmıştır (Purcaru 1975, Richter 1958). Bu araştırmacılar depremlerin tarihsel oluşumlarını, depremlerin zaman ve uzay içerisindeki büyüklüklerini belirten episantr haritaları ile ifade etmişlerdir. Bu çalışmalardan sonra depremsellik üzerine araştırmalar süratle ilerlemiş ve depremler hakkındaki bilgilerimizde büyük ölçüde artış kaydedilmiştir (Alptekin 1978).

### **3.2 Genel olarak Türkiyen’in Depremselliği**

Alp-Himalaya orojenik kuşağı Azor takım adalarından başlayıp uzak doğuda Endonezya’ya kadar uzanmaktadır. Dünya üzerindeki en önemli doğrultu atımlı faylardan biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Bitlis Bindirme Zonu, ayrıca Kafkaslar’da işaretlenen bindirmeler inceleme alanındaki başlıca aktif kırık kuşakları oluştururlar.

Kuzey Anadolu Fay Zonu Karlıova üçlü bitişmesinden batıya doğru 1200 km uzunlukta olan sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Sismik bakımından çok aktif olan Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde çok sayıda tarihsel ve yıkıcı depremler meydana

gelmiştir. Büyük depremler için bulunan fay düzlemi çözümleri ve saha gözlemleri fayın 31D° ile 41D° boylamları arasındaki kısmında sağ yönlü doğrultu atımlı hareketleri açık bir şekilde göstermektedir. 31D° boylamının batısında fay iki hatta muhtemel olarak üç kola ayrılır. Bu bölgede odak mekanizmaları normal ve sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmalar göstermektedir (McKenzie 1972). Kuzey Anadolu Fayı'nın doğu uzanımı batı uzanımından daha karmaşıktır. Yakın geçmişte meydana gelen yıkıcı depremlerin odak mekanizmaları ve saha gözlemleri (Örneğin, 24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi) sağ yönlü doğrultu atımlı hareketlerin Karlıova'nın doğusunda da devam ettiğini göstermektedir (Osmanşahin ve diğ. 1986). Bu bölgedeki faylanmalar çok karmaşık olup tektoniğin iyi anlaşılabilmesi için ayrıntılı sismolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Kener 1996).

Doğu Anadolu Fay Zonu Karlıova'dan İskenderun körfezine kadar uzanan yaklaşık 550 km uzunluğunda sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Her ne kadar günümüzde çok aktif görünmüyorsa da tarihsel veriler bu fayın son 2000 yılda sismik bakımdan çok aktif olduğunu göstermektedir.

Pasinler (Erzurum-Pasinler) Fayı Erzurum-Pasinler Hafzası'ndan Kafkasya'ya doğru uzanan sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Pasinler Fayı Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzeydoğuya doğru bir uzanımı gibi düşünülebilir (Nowroozi 1972). Yakın geçmişte meydana gelen yıkıcı depremler (Örneğin 30 Ekim 1983 Depremi) fayın sismik bakımdan aktif olduğunu kanıtlamaktadır (Osmanşahin ve diğ. 1986).

1900-1995 yılları arasında magnitüdü  $M_s \geq 4.0$  depremlerin episantırları, yeniden gözden geçirilip haritalanarak diri faylar ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Bu depremlerin episantırları, ana tektonik hatlar boyunca yoğunlaşmışlardır (Şekil 2.2), (Demirtaş ve Yılmaz 1996).

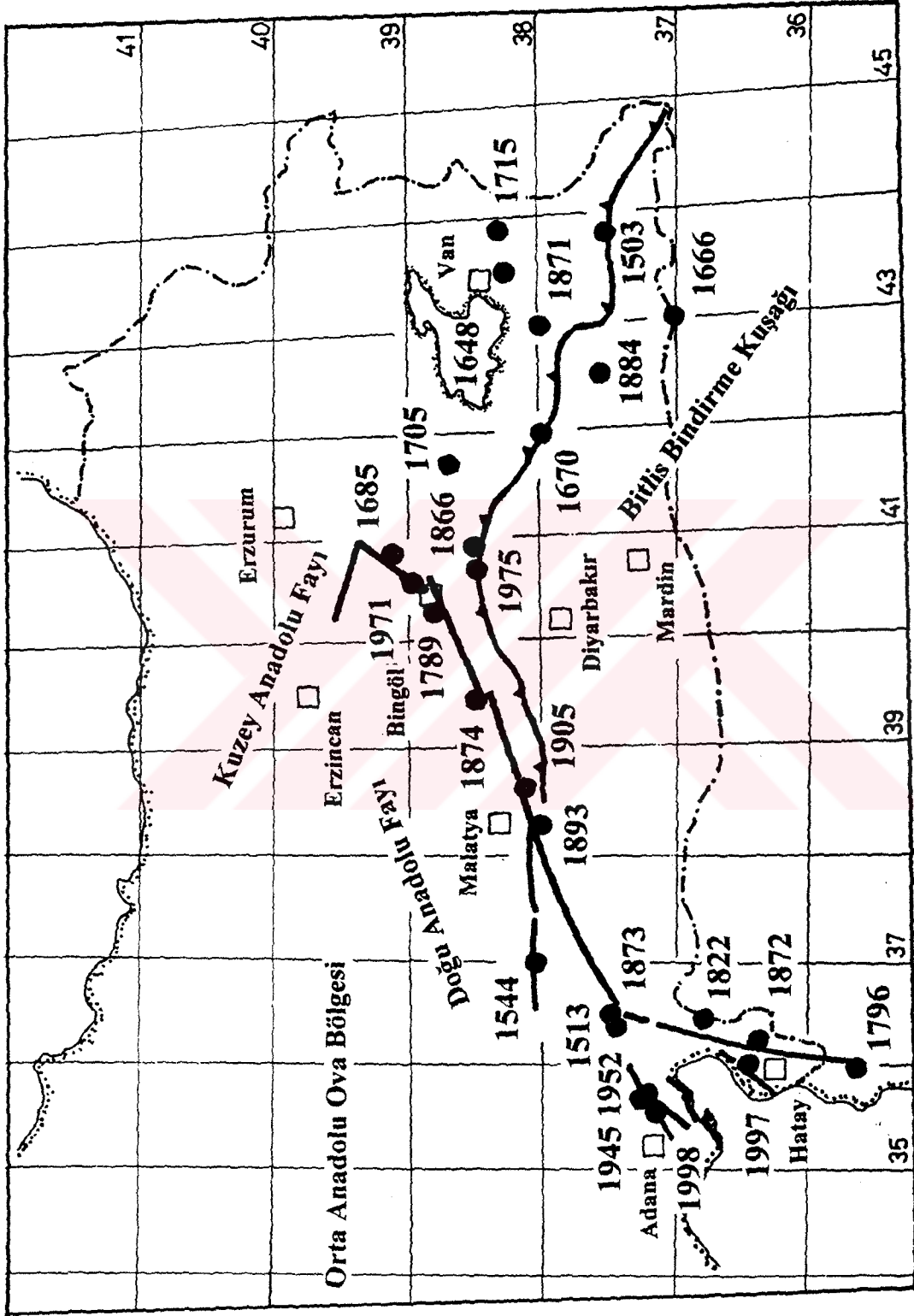
### 3.3 Adana ve Çevresinin Depremselliği

Şekil 3.1 Doğu Anadolu Fay Zonu ve Bitlis Bindirme Kuşağı üzerinde son 500 yıl içerisinde meydana gelmiş tarihsel yıkıcı depremleri göstermektedir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda ilk deprem serisi 1544 yılında sona ermiştir (Ambraseys 1989). Bu seriden 1513 depremi, Adana ve Malatya'yı tamamen yıkmıştır. 1544 depremi, Zitun ve Malatya'yı yıkmış ve Gaziantep ve Elbistan'da ağır hasarlara neden olmuştur.

Doğu Anadolu Fay Zonun'da ikinci büyük deprem serisi, yaklaşık 250 yıllık bir suskunluk döneminden sonra 1789 yılında başlamış ve 1905 yılında sona ermiştir (Ambraseys 1989). Bunlar sırasıyla, 1789 Palu, 1796 Latakya, 1822 Aafrine, 1872 Hatay, 1874, 1875 Hazar Gölü ve 1893 Malatya depremleridir.

Adana-Ceyhan-Maraş yörelerinde M.S. 290, 517, 524, 561, 1114, 1514 ve 1855 yıllarında şiddetleri V ile IX arasında değişen birkaç büyük deprem meydana gelmiştir (Ergin vd., 1967). Diğer taraftan bu fayın kuzeydoğu devamında Türkoğlu civarında en son 1874 (I=VIII), Hazar Gölü civarında en son 1866 (I=VIII), Antakya ili ve civarında en son 1822 (I=IX) ve 1873 yıllarında yıkıcı büyük depremler meydana gelmiştir (Ergin 1971), (Şekil 3.1).

Son yüzyıl içerisinde 1971 Bingöl depremi dışında Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca önemli büyük bir deprem görünmemektedir. Diğer tarafta, 20 Mart 1945 (Ms=6.1) ve 22 Ekim 1952 (Ms=5.2) Ceyhan-Misis depremleri, 27 Haziran 1988 deprem kırığının hemen kuzeydoğusunda meydana gelmiştir. 1945 ve 1952 depremlerinin dış merkez koordinatları, 37°4' K 35°8' D ve 37°1' K 35°9' D olarak verilmiştir. 1945 depremi, Ceyhan ve Misis civarındaki köylerde 2500 evin yıkılmasına ve Adana ile Kozan'da bazı hasarlara neden olmuştur. Depremde 13 kişi hayatını yitirmiş ve 93 kişi yaralanmıştır. Deprem şiddeti I=VIII olarak belirlenmiştir. 1952 depremi, 564 ev, 11 okul ve 4 caminin tamamen, 318 evin kısmen yıkılmasına neden

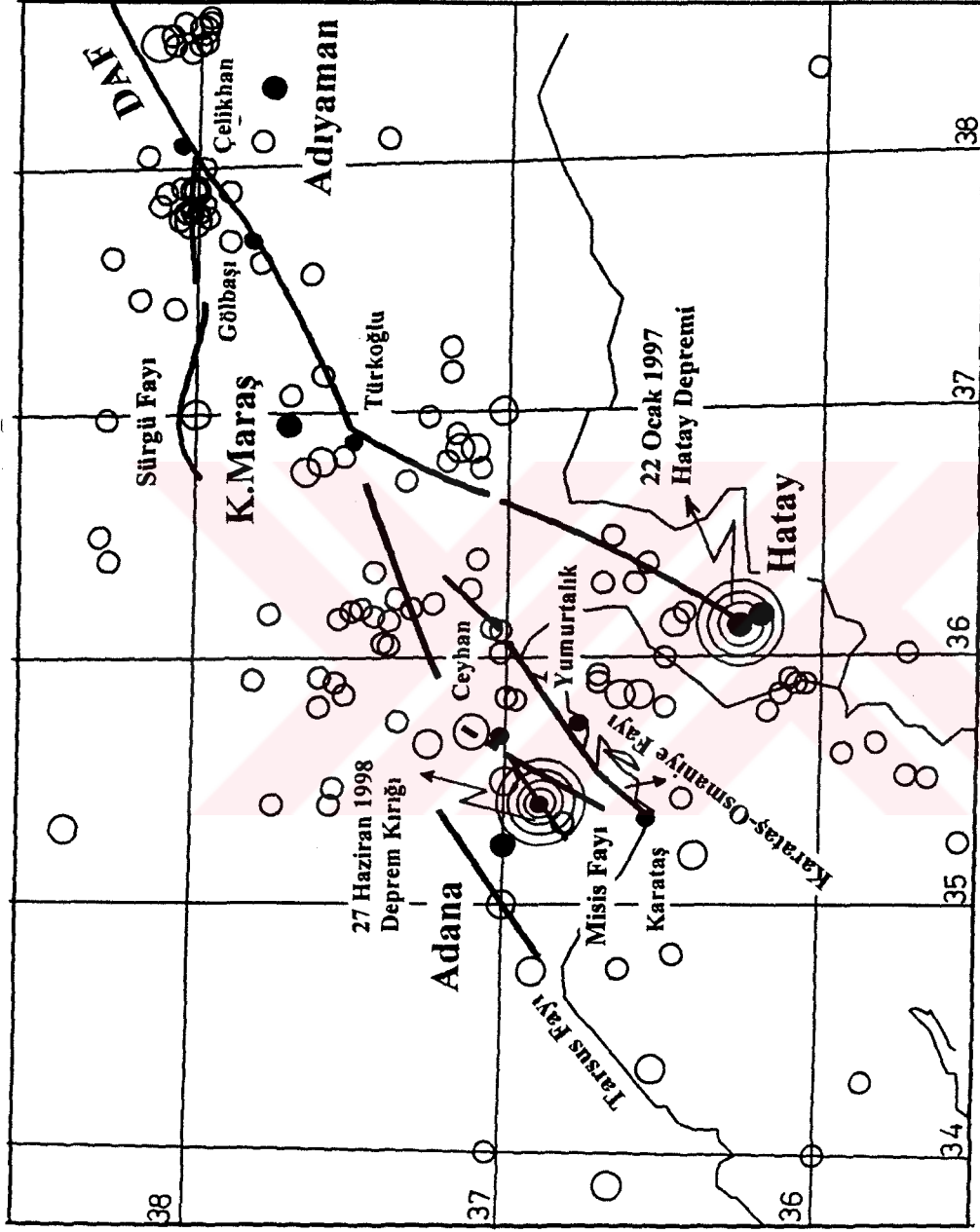


Şekil 3.1 Doğu Anadolu Fay Zonu ve Bitlis bindirme Kuşağı boyunca son 500 yılda oluşmuş büyük yıkıcı depremlerin dağılımları (Ambraseys, 1989'dan değiştirilmiştir Demirtaş, 1998)

olmuştur. Depremde 10 kişi hayatını yitirmiştir. Depremin maksimum şiddeti I=VII olarak belirlenmiştir (Ambraseys 1988).

Bitlis Bindirme Kuşağı üzerinde 1975 Lice depremi dışında 200-300 yıldır önemli sayılabilecek bir depremin olmaması, bu kuşağın da oldukça yüksek deprem potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu kuşak boyunca, 1503 Hakkari, 1648 Van, 1666 Musul, 1670 Hizan, 1705 Bitlis, 1715 Van, 1866 Kulp, 1871 Hakkari ve 1884 Siirt depremleri meydana gelmiştir (Ambraseys 1989), (Şekil 3.1).

Yukarıda bahsettiğimiz tarihsel depremler, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun 200-300 yıl suskun kaldığını ve bu süre içerisinde enerji birikimine sebep olduğunu göstermektedir. Biriken bu enerjinin, iki yüzyıl önce Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca depremlerin bir kümelenme ( Earthquake Cluster) göstererek birkaç büyük depremlerin çeşitli parçalarında birbirlerine yakın tarihlerde hızlı bir şekilde boşaldığına işaret etmektedir. Örneğin; 22 Ocak 1997 Hatay depremi (MI=5.5) ve 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis depremleri (Şekil 3.2) tarih olarak birbirlerine oldukça yakın olması ve yukarıdaki tarihsel depremler, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun diğer komşu parçalarında büyük hasar yapıcı depremlerin oluşma potansiyellerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Demirtaş 1998).



Şekil 3.2 1900 – 1998 yılları arasında Doğu Anadolu Fay Zonu'nda meydana gelmiş  $M \geq 4.0$  depremlerin dağılımları, 22 Ocak 1997 Hatay ve 27 Haziran 1998 Ceyhan – Misis depremlerinin dış – merkezleri (Demirtaş, 1998)

## **BÖLÜM 4. ADANA-CEYHAN DEPREMİ SONRASI ÇALIŞMALAR**

### **4.1 Deprem Sonrası Oluşan Yüzeysel Deformasyonlar**

27.06.1998 Depreminden üç gün sonra yapılan arazi gözlemleri sonucunda depremin neden olduğu deformasyonlardan çökme ve heyelan, sıvılaşma ve yüzey kırığı ve çatlak olaylarına rastlanılmıştır.

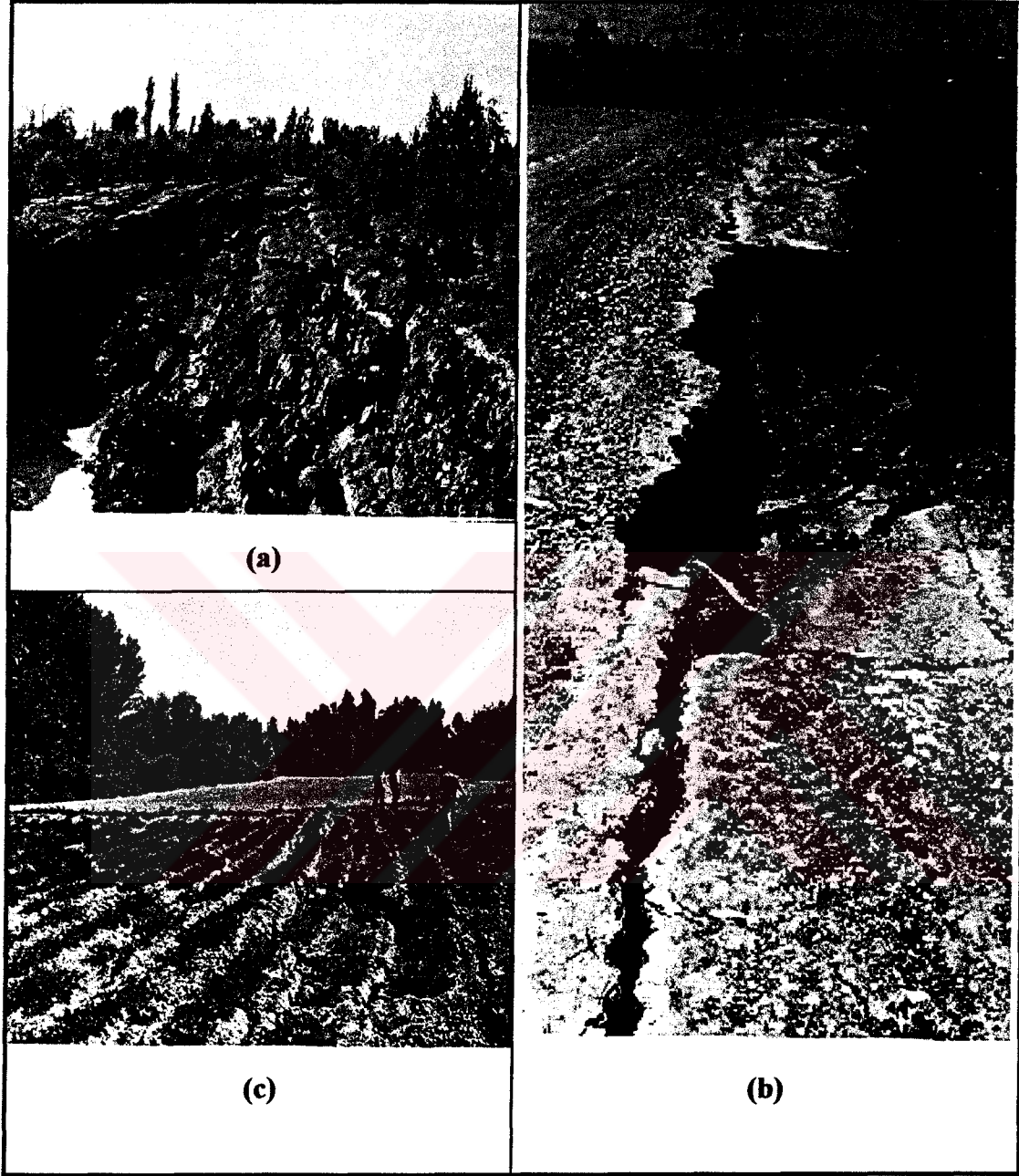
#### **4.1.1 Çökme ve Heyelanlar**

Deprem esnasında özellikle Ceyhan Nehri boyunca nehre yakın kesimlerde nehir yatağının konumuna ve eğimine bağlı olarak çökme ve heyelanlar gelişmiştir. Belirlenen en büyük çökme ve heyelan yapısı Misis ilçesinin güneybatısında Abdioğlu köyü civarında olmuştur. Ceyhan Nehri kıyısındaki tarlalarda yaklaşık 1.5 metreye varan çökme ve heyelan olayları belirlenmiştir (Şekil 4.1). Çökme yapıları kademeli olarak nehrin uzantısına paralel ve nehre doğru gelişmişlerdir. Kimi yerde açıklıklar 50 cm. yi bulmuştur. Bir diğer çökme yapısında Nacarlı köyüne ait Ziyaret mevkiinde gözlenmiştir. Buradaki çökme yapıları da nehrin doğrultusuyla uyumlu vadi yönünde gelişmiştir.

İnceleme alanının güney kesimlerinde Ceyhan Nehri boyunca Kütüklü ve Güveloğlu köylerine ait nehre yakın tarlalarda nehrin konumuna bağlı olarak 2-10 cm. açıklıklı, yaklaşık 30 cm. düşey atımlı çökme ve heyelan yapıları gelişmiştir (Şekil 4.1). Bir diğer ilginç çökme ve heyelan olayıda inceleme alanının kuzeyinde Karamezar köyü civarında gözlenmiştir (Şekil 4.1). Yine nehre paralel şekilde kademeli olarak gelişen çökme ve heyelan yapıları yaklaşık 10 cm. açıklığında gözlenmektedir.

Genel olarak bakıldığında; çökme ve heyelan yapıları Ceyhan Nehri ve kenarlarındaki alüvyon zeminler üzerinde gelişmişlerdir. Diğer bir deyişle depreme neden olan Göksu Fayı boyunca gelişen çökme yapıları Ceyhan Nehir yatağı ile paralel şekilde meydana gelmişlerdir.





**Şekil 4.1** İnceleme alanında deprem esnasında oluşan çökme/heyelan yapıları  
a) Abdioğlu köyü, b) Güveloğlu köyü ve c) Karamezar köyü.



#### 4.1.2 Sıvılaşmalar

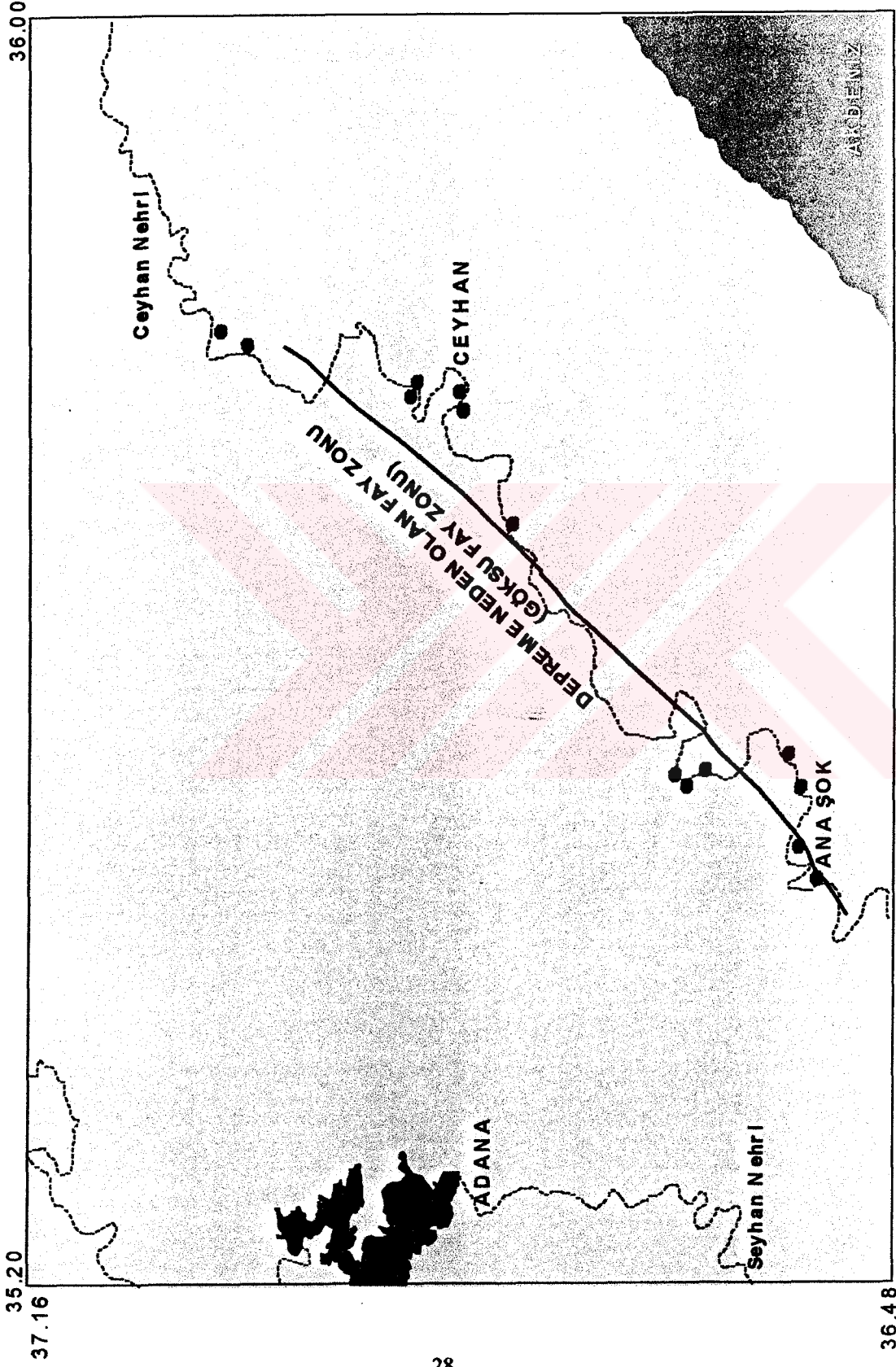
Ülkemizde meydana gelen depremlerde çok sık rastlanmayan sıvılaşmalara Misis-Ceyhan depreminde yaygın bir şekilde rastlanılmıştır (şekil 4.2). Ceyhan nehrinin bulunduğu alan ince taneli tutturulmamış çakıl, kum ve mil malzemesinden alüvyon ile kaplıdır. Nehir yatağına yakın yerlerde yeraltı su seviyesi de yüzeye yakındır. Böylece zeminin su ile doygun olduğu bu kesimlerde deprem esnasında sıvılaşma olayının gözlenmesini beklemek gerekir. Çevrede depreme tanık olan insanlarla yapılan görüşmelerde deprem anında sıvılaşma gözlenen alanlarda 10 metre yüksekliğinde kum fişkirmalarından bahsetmişlerdir.

İnceleme alanında en büyük sıvılaşma olayı Karamezar köyünün hemen kuzeyindeki Karaçalılık mevkiinde gözlenmiştir. Yaklaşık 4 km<sup>2</sup> lik alanda etkili olan sıvılaşma herhangi bir mühendislik yapısı olmadığından zarara neden olmamıştır. Ceyhan ilçesine girişte gözlenen diğer bir sıvılaşmada nehrin her iki tarafında gözlenmiş olup (şekil 4.3) yaklaşık 100 metre devamlılığında, 3 farklı dizilim halindedir. Konumları yaklaşık K-G olarak belirlenmiştir. Sıvılaşmaların sıkça gözlendiği bir diğer alanda Vayvaylı, Abdioğlu ve Kütüklü arasındaki Ceyhan Nehri boyuncadır. Güveloğlu tarafındaki sıvılaşma alanlarındaki kum volkanlarının (şekil 4.3) doğrultusu K23D olarak saptanmıştır.

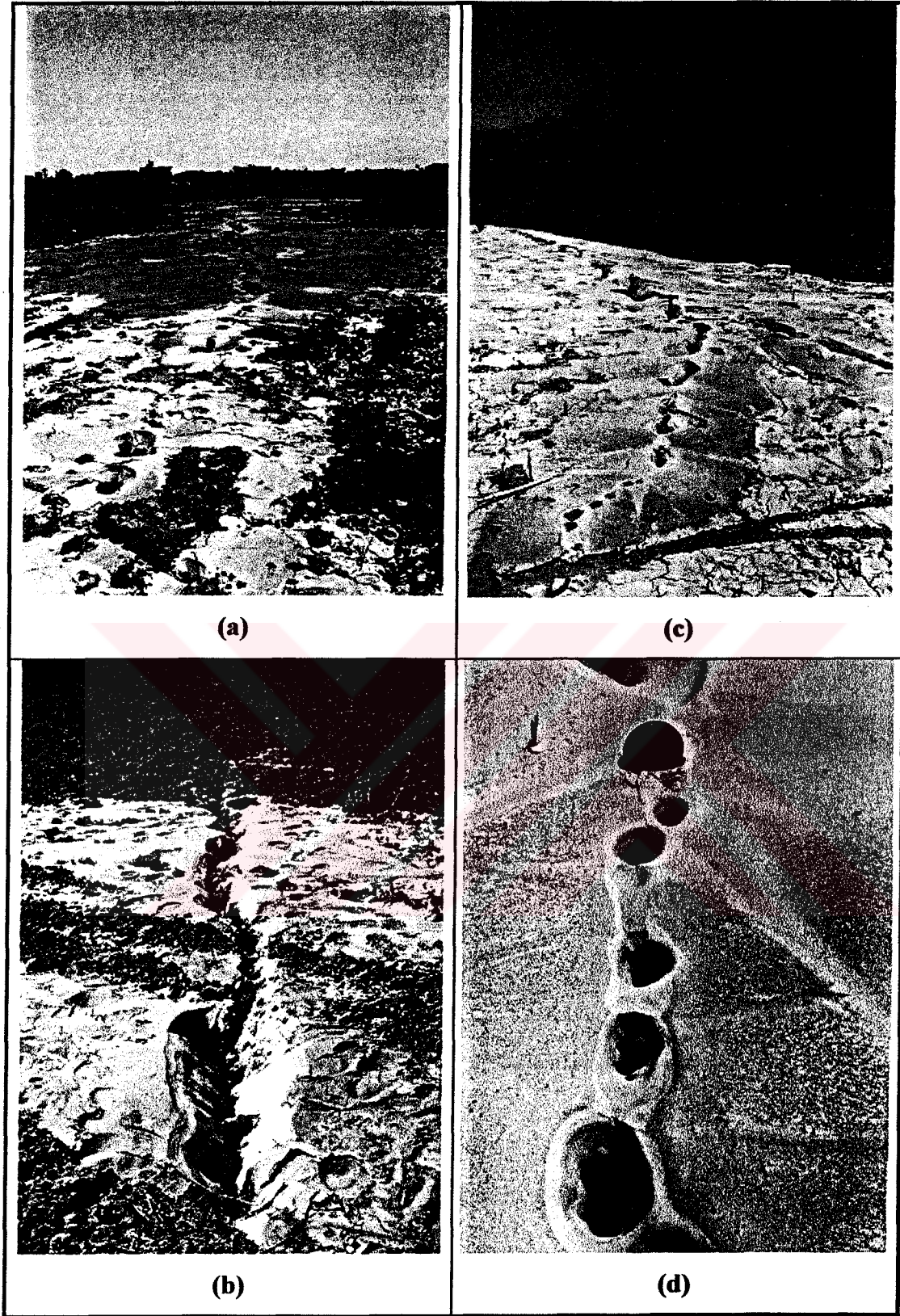
Genel olarak sıvılaşma olayları inceleme alanı içinde Göksu Fayı'nın devamı niteliğindeki fay boyunca meydana gelmiştir. Bu tip sıvılaşmaların gözlendiği alanların mühendislik jeolojisi açasından incelenerek potansiyel sıvılaşma alanlarının belirlenmesi için veri tabanlarının geliştirilmesi lazımdır (Nurlu 1998).

#### 4.1.3Yüzey kırıkları ve Çatlaklar

Adana ve Misis-Andırın Basen'lerinin kalın bir alüvyonla kaplı olması, depremin odak derinliğinin 23 km. civarında olmasından dolayı arazide (kaya-toprak zeminde)



Şekil 4.2 İnceleme alanı içinde gözlenen sıvılaşma alanları



**Şekil 4.3** Deprem esnasında meydana gelen sıvılaşmalar a) Ceyhan ilçesi girişi, b) Ceyhan ilçesi girişi c) Güveloğlu köyü ve d) Güveloğlundaki sıvılaşmada gözlenen kum volkan çıkış yerleri.



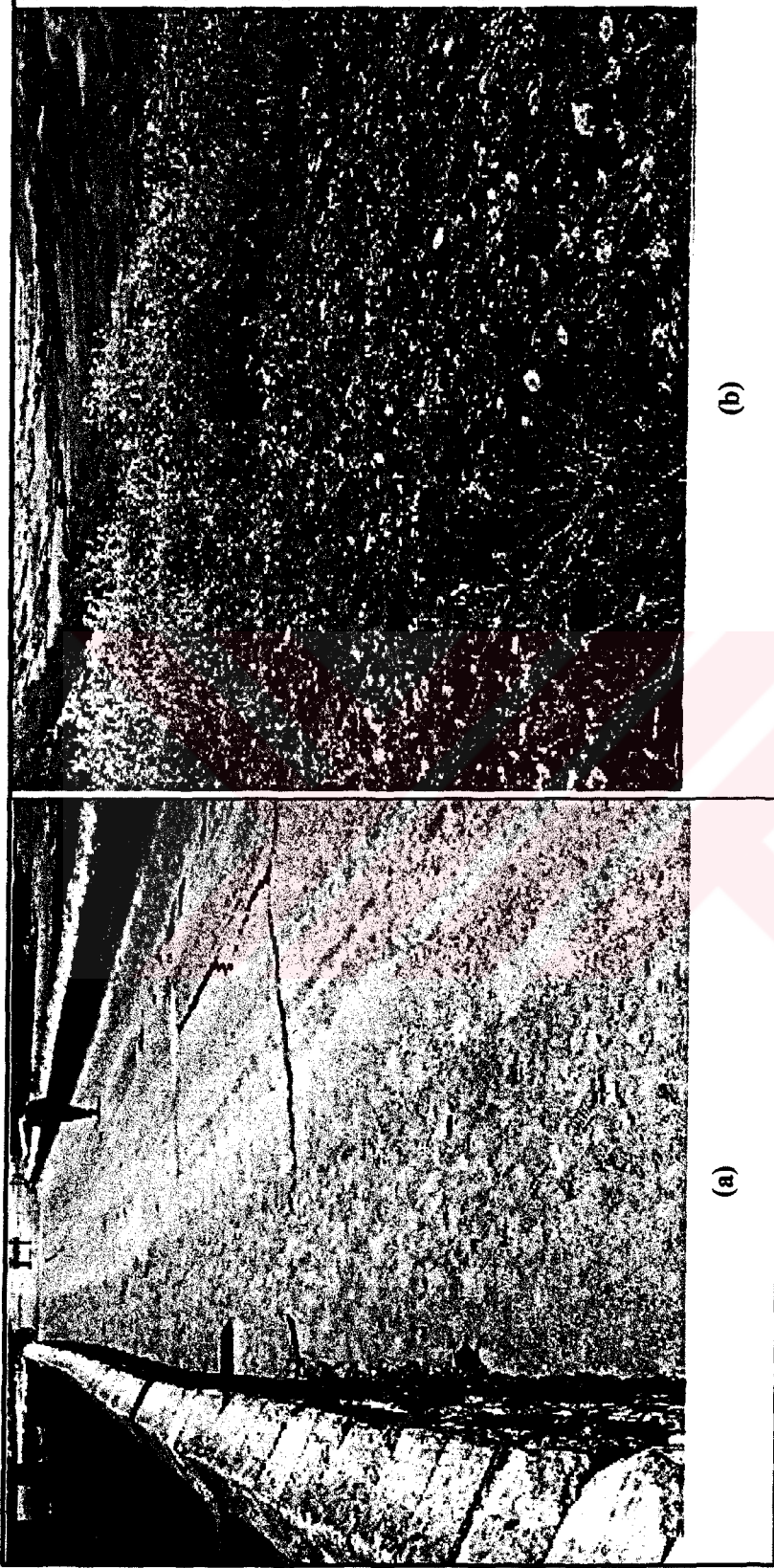
depremi karakterize edebilecek bir yüzey kırığına rastlanılmamıştır. Ancak bazı mühendislik yapıları (su kanalı, yol, köprü gibi) üzerinde bazı kırık izlerine rastlanılmıştır. Örneğin Misis köprüsü üzerindeki kırık sistemi (Şekil 4.4) bunlardan biridir. Burada hem normal fay hemde doğrultu atımlı fayı karakterize edebilecek yapılar gelişmiştir. Bir diğer ilginç kırık sistemide Adana ilinin kuzeydoğusundaki Kızılkaş köyünde gözlenmiştir (Şekil 4.4). Yaklaşık K18D doğrultusunda olan bu yüzey kırığı sert zemin sayılabilecek bir alanda gelişmiştir. Kademeli olarak ilerleyen kırığın toplam uzunluğu 800 metre civarında, KB yönünde yaklaşık 3 cm. lik düşey atıma ve 1 cm. lik sol yönlü yanal atıma sahip bu kırık oblik bir fay görünümündedir. Deprem esnasında ikincil fayların hareketine bağlı olarak geliştiği düşünülen bu kırığın yakınlarında da sol yönlü doğrultu atımlı bir fay belirlenmiştir.

Ayrıca deprem sırasında Cebelinur dağlarında Üst Kretase yaşlı kireçtaşlarında kaya düşmeleride gözlenmiştir. Nacarli köyünün doğusundaki normal faylı bölgelerde üç noktada deprem etkisiyle blok düşmeleri meydana gelmiş ancak aşağıda bulunan köylere zararları olmamıştır.

#### **4.2 Deprem Oluşturduğu Hasarların İstatiksel Analizi**

14.08.1998 tarihli verilere göre deprem sonucunda 8958 konut birimi ağır/yıkık hasar, 15856 konut birimi orta hasar ve 40873 konut birimi hafif hasar görmüştür (Şekil 4.5). Yalnızca yapılarda meydana gelen hasarın yol açtığı ekonomik kayıp 57.2 trilyon TL. olarak tahmin edilmektedir.

Adana-Ceyhan depreminin meydana getirdiği hasarlar yerleşim birimi bazında ele alınarak istatiksel açıdan ele alınmıştır. İnşaat mühendisliği açısından hasar analizlerinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Deprem sonrası yapılan hasar tesbit çalışmalarında konut birimi bazında ağır, orta ve hafif hasar olarak sonuçlar elde edilmiştir.



**Şekil 4.4 İnceleme alanı içinde deorem esnasında meydana gelen kırıklar a) Misis köprüsünde gözlenen kırıklar, b) Kızılkaş köyünde meydana gelen yüzey kırığı.**



**Şekil 4.5 Adana – Ceyhan depremde meydana gelen hasarlardan görüntüler.**



Hasar analizinde kullanılan hasar indeksi'nin hesaplanmasında;

$$HI = [(AH*4)+(OH*3)+(HH*2)+(HK)] / TK$$

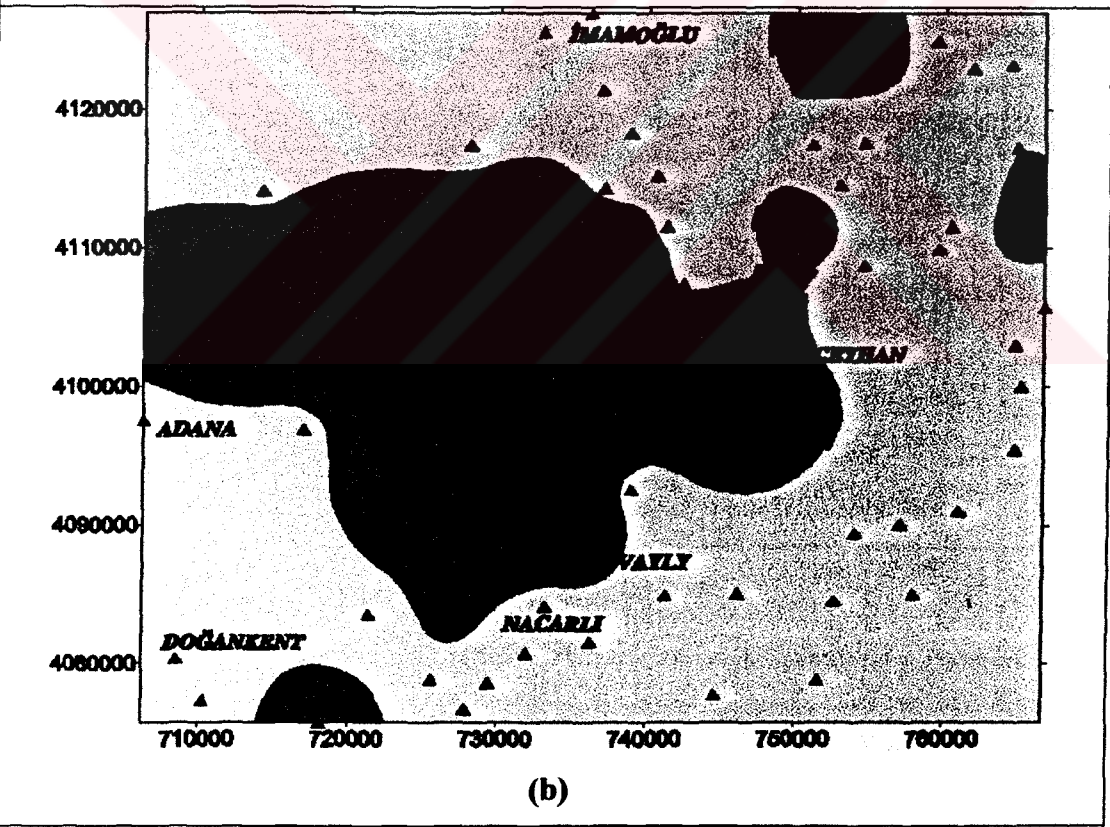
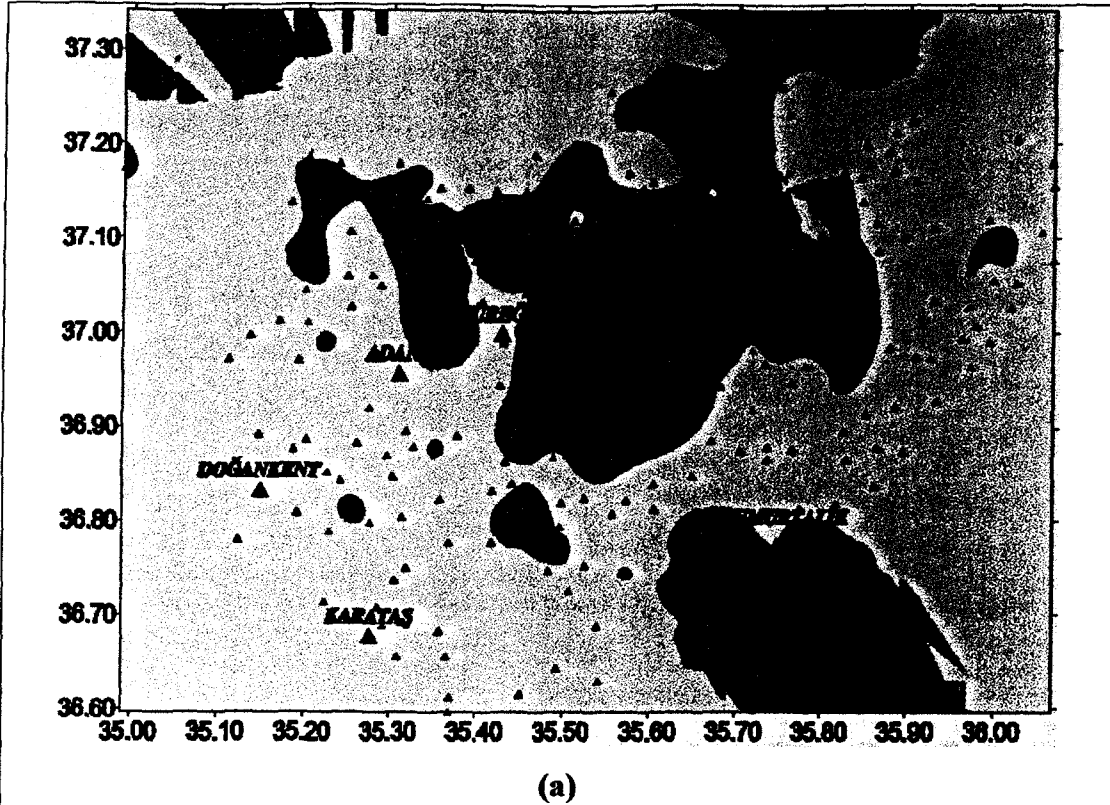
formülü (İnan ve diğ., 1993) kullanılmıştır.

Burada; HI: Hasar İndeksi, AH: Ağır Hasar, OH: Orta Hasar, HH: Hafif Hasar, HK: Hasarsız Konut ve TK: Toplam Konut'u göstermektedir.

Yerleşim yerindeki konutlar hasar görmemişse hasar indeksi değeri 1' e, konutların tamamı hasar gördüyse hasar indeksi değeri 4' e eşit olacaktır. Toplam konutun hesaplanmasında da istatikselsel yaklaşıma gidilmiştir. Devlet İstatistik Enstitüsü yetkilileriyle yapılan sözlü görüşmeler sonucunda Adana civarında toplam nüfusun "4.9" değerine bölünmesiyle tahmini olarak konut sayısının elde edileceği varsayımı yapılmıştır. Son nüfus durumunun saptanmasında da bir önceki nüfusun "1.115" değeri ile çarpılması yöntemi kullanılmıştır.

Tüm bu yaklaşımlar sonucunda bölgesel ölçekte ve inceleme alanı için hasar indeksi değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.6). Ancak bu hesaplama tamamen istatikselsel bir yaklaşım olup; hasar analizlerinde mühendislik özelliklerinin dikkate alınmasıyla elde edilecek hasar dağılımları daha kesin sonuçlara ulaşmamızı ve sismik şiddet haritalarının güvenilir olmasını sağlayacaktır.

Yukarıdaki formüller kullanılarak, mevcut veri tabanımıza uygun olarak, yerleşim bazında hasar indeksi değerleri bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede grid ağının oluşturulmasında "Kriking" metodu kullanılmıştır. Elde edilen grid değerleri 4 eşit parçaya ayrılarak çalışılan alanlar için tahmini hasar dağılımları belirlenmiştir.



				▲
<i>Hasarsız-Az Hasar</i>	<i>Düşük Hasar</i>	<i>Orta Hasar</i>	<i>Yüksek Hasar</i>	<i>Yerleşim Birimi</i>

Şekil 4.6 İstatiksel analizlerle a) Bölgesel ölçekte ve b) İnceleme alanı için yapılan hasar indeksi dağılımları.

## **BÖLÜM 5. ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ**

### **5.1 Tarihçe**

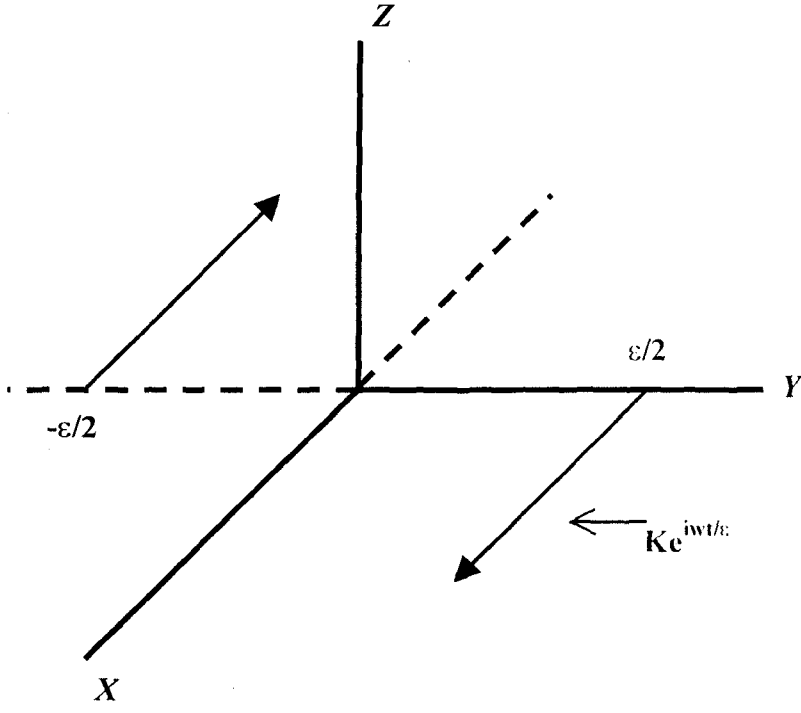
Odak mekanizma çalışmaları; 1906 San Francisco Depremi'nin çalışması olarak 1910'lu yıllarda başlar. Bu tarihlerde Japon Prof. Shida P-dalgası ilk hareketlerinin episantır etrafında azimutal ve sistematik bir dağılım gösterdiğini açıklamıştır. Kawasumi (1937), Byerly (1955), Honda (1957, 1962), Stauder (1962) ve Sykes (1967) gibi araştırmacılar depremlerin odak mekanizmaları konusunda birçok araştırmalar yapmışlardır.

### **5.2 Deprem Kaynak Modelleri**

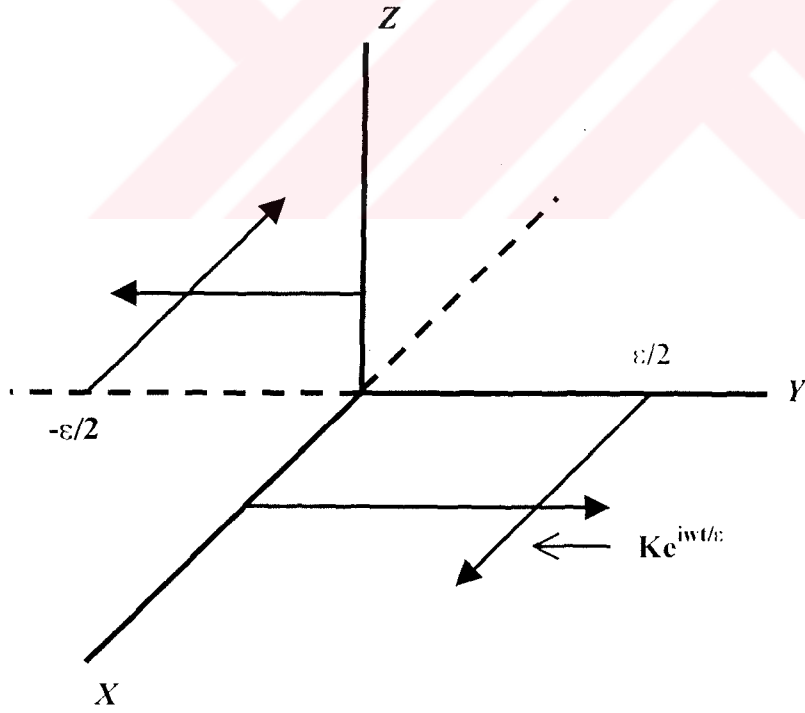
Depremlerde odak mekanizmasının fiziği oldukça karmaşıktır. Bu nedenle deprem odağındaki yer değiştirme basit matematik modellerle gösterilmeye çalışılmıştır. En basit model bir noktaya etki eden bir kuvvettir. Böyle bir nokta kaynaktan türetilen çeşitli kaynak modelleri vardır.

#### **5.2.1 Tek – Kuvvet Çifti**

Tek – kuvvet çifti veya basit kuvvet çifti birbirine eşit fakat ters yönlü iki kuvvettten oluşur ve momenti sıfırdan farklıdır. Şekil 5.1' de görüldüğü gibi, birbirine eşit ve zıt yönlü  $Ke^{i\omega t/\epsilon}$  şeklindeki iki periyodik kuvvetin X eksenini doğrultusunda ve Y eksenini üzerindeki  $\epsilon/2$  ve  $-\epsilon/2$  noktalarına etkidiği düşünülür.



Şekil 5.1 Tek kuvvet Çifti



Şekil 5.2 İkili Kuvvet çifti

### 5.2.2 İkili Kuvvet Çifti

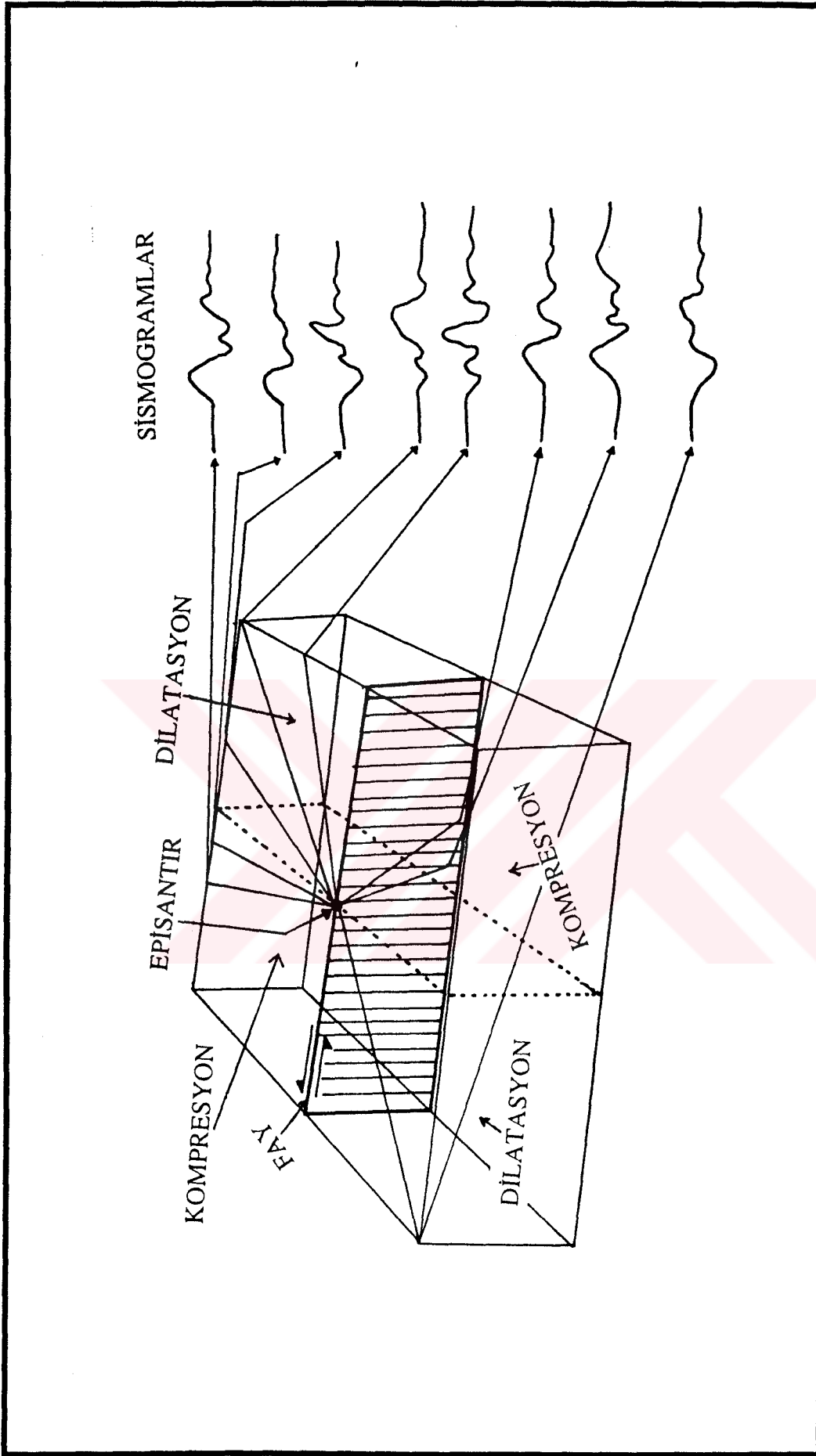
İkili kuvvet çifti yukarıda tarif edilen tek kuvvet çiftinden türetilir. Deprem odağında Şekil 5.2' de görüldüğü gibi iki kuvvet çiftinin etki ettiği düşünülür. Bu iki kuvvet çifti birbirinin aynısıdır. Ancak birbirlerine karşı koyacak yönde etki olduğundan kuvvet sisteminin momenti sıfırdır. Bu kuvvet sistemi Honda Tip – 2 kuvvet sistemi veya ikili kuvvet çifti olarak bilinir.

### 5.2.3 Sismik Dalgaların İlk Hareket Yönleri, Basınç ve Çekme Kuvvetlerinin Tanımı

Sismogramlarda görülen (Şekil 5.3) sismik dalgaların ilk hareket yönleri, depremin odağına ait bilgiler verir (Burada P ve S dalgaları ilk hareket yönlerinden bahsedilecektir). P-dalgası ilk hareketinin yukarı doğru olması, odaktaki sıkışmaya (kompresyona), ilk hareketin aşağı doğru olması genişlemeye (dilatasyona) neden olduğunu gösterir. Diğer bir ifadeyle odaktan istasyona doğru olan hareket ( + ) pozitif, ve istasyondan odağa doğru olan hareket ( - ) negatiftir.

İstasyonlarda kaydedilen bir depreme ait P-dalgalarının ilk hareket yönleri ve genlikleri episantra göre simetriktir. Genlikler; kompresyon ve dilatasyonların bulunduğu alanları ayıran düzlemler boyunca sıfırdır. Bu düzlemlere düğüm düzlemleri denir. Düğüm düzlemleri birbirine diktir. Düğüm düzlemlerinden biri fay düzlemi diğeri ise yardımcı düzlem olarak isimlendirilir.

S-dalgası genliklerinin azimutal dağılımı P-dalgası genliğinden 45° farklıdır. S-dalgası ilk hareket yönleri de P-dalgasında olduğu gibi odağa göre simetriktir.



Şekil 5.3 Kompresyon ve dilatasyon bölgelerinde P-dalgası ilk hareketlerinin dağılımı



Odak mekanizması çözümünde P–dalgasının ilk hareket yönü S–dalgasının ilk hareket yönünden daha çok kullanılır. Çünkü sismogramlarda S–dalgasının ilk hareket yönünü belirlemek daha zordur.

#### **5.2.4. Projeksiyon ( İzdüşüm ) Yöntemleri**

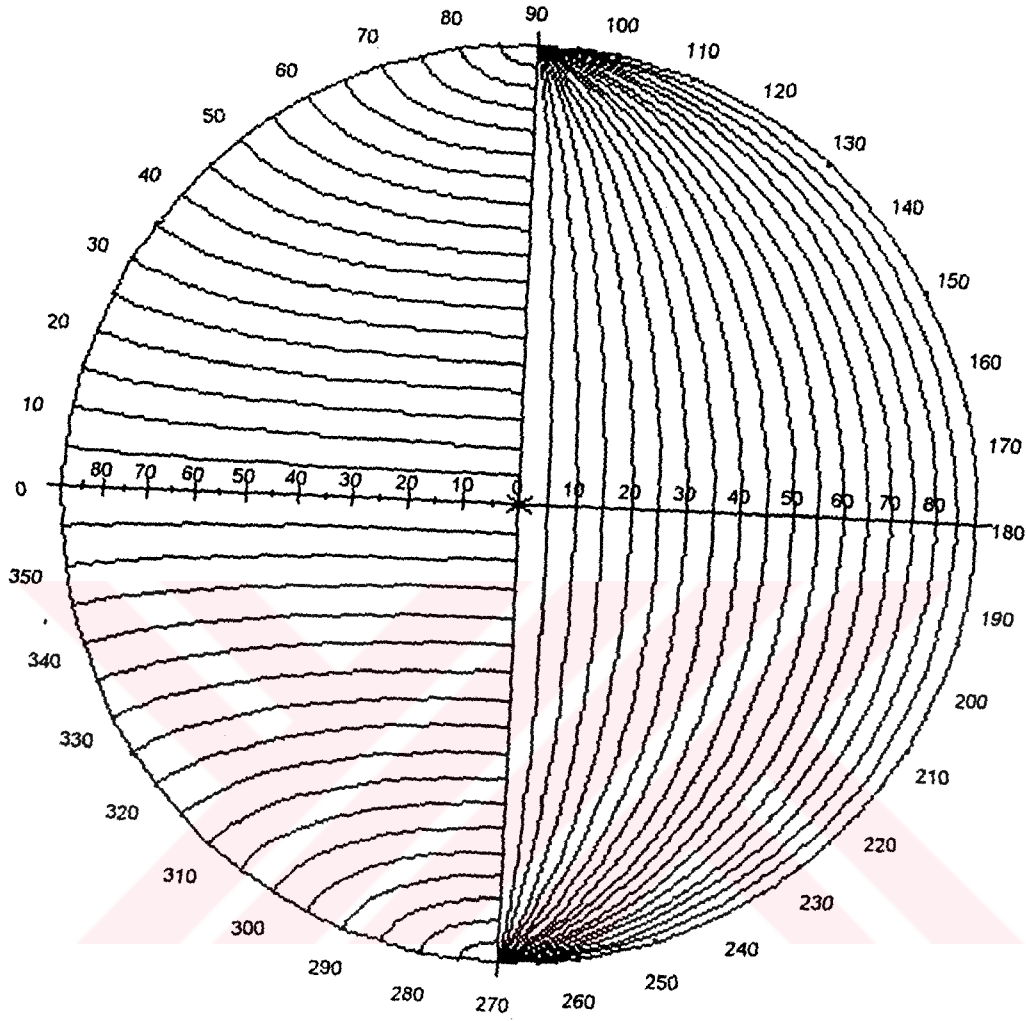
Projeksiyon ağları üç boyutlu çizimi iki boyutlu çizime dönüştürmek için kullanılır. Çünkü üç boyutlu veriyi çizmek ve yorumlamak çok zordur. Fay düzlemi ve yardımcı düzlemin konumları, episantır etrafında azimutal olarak dağılmış çok sayıda istasyonda P – dalgası ilk hareketlerinin istasyon konumlarına göre izdüşüm ağı üzerine yerleştirilmesi ile belirlenir.

Odak mekanizması çözümünde çeşitli izdüşüm yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlardan biri Wulff Ağı olarak da bilinen denilen stereografik izdüşüm ağıdır. Bu yöntemde odağı çevrelediği varsayılan bir odak küresi düşünülür. Depremin odağı bu birimlik odak küresinin merkezindedir. Bir istasyondaki ilk hareket stereografik izdüşüm ağına istasyonun episantıra göre azimutu ve odağı terkediş açısı ile yerleştirilir.

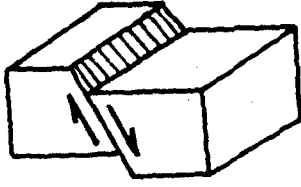
İkinci izdüşüm yöntemi ise Schmidt eşit alan yöntemidir (Şekil 5.4). Bu izdüşümde her bir derecelik dilimin alanı eşittir. Odak mekanizması çözümlerinde bu yöntem daha çok kullanılmaktadır.

#### **5.2.5 Fay Çeşitleri Fay Düzlemi İle İlişkileri**

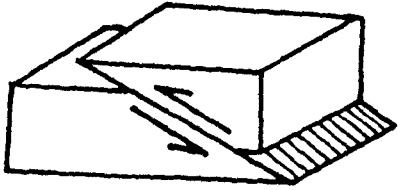
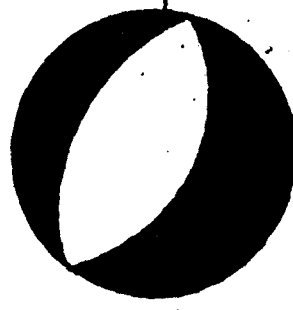
Fay çeşitleri ve bunlara ait fay düzlemi çözümleri (Şekil 5.5)'te verilmektedir.



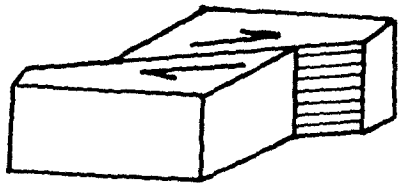
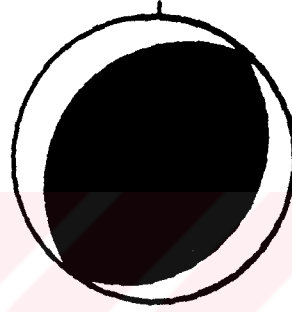
Şekil 5.4 Schmidt eşit alan ağı



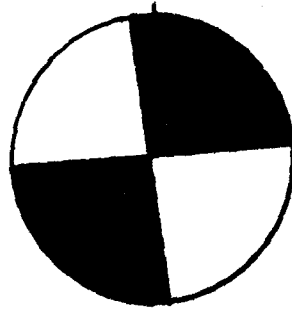
A



B



C



Şekil 5.5 Fay türleri ve bunlara ait odak mekanizması çözümleri

- A) Normal fay ve buna ait odak mekanizması çözümü
- B) Ters fay ve buna ait odak mekanizması çözümü
- C) Doğrultu atımlı fay ve buna ait odak mekanizması çözümü

### 5.3. Asal Gerilmeler ve Ana Faylanma Türleri

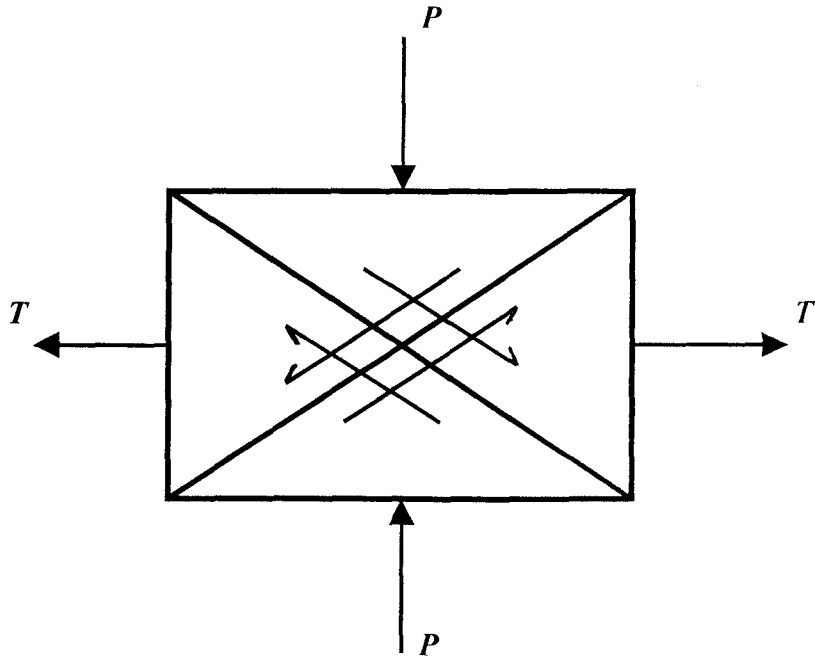
Depremın odak bölgesindeki gerilme tiplerine göre odakta birbirinden farklı karekterde yerdeğıştirmeler meydana gelebilir. Gerilme bileşenleri üç eksende incelenebilir. Bunlardan ilk ikisi “Maksimum basınç” ve “Maksimum tansiyon” eksenleridir. Üçüncüsü “Orta gerilme eksenı” olup ilk ikisine diktir. Bu üç eksen ortogonal bir sistem oluştururlar.

Odak mekanizması terminolojide maksimum basınç eksenı P, maksimum tansiyon eksenı T ve orta gerilme eksenı B ile gösterilir. B’ye bazen sıfır vektörü ( Null vektör ) de denir. P ve T eksenleri fay düzlemi ile buna dik olan yardımcı düzlem ile  $\pm 45^\circ$  lik açılar yaparlar. B eksenı fay düzlemi ile yardımcı düzlemin arakesitidir. Elastik bir cismin üç eksenli gerilmeye uğraması halinde maksimum ve minumum gerilmelerle  $\pm 45^\circ$  lik açılar yapan ve arakesitleri orta gerilme eksenini veren düzlemler üzerinde kayma gerilmesinin değeri maksimum olur. Cismin kayma direnci aşıldığı zaman bu düzlemlerden birisi üzerinde kayma meydana gelir. Maksimum ve minumum gerilme eksenlerinin orta gerilme eksenı etrafında dönmesiyle kayma düzleminin eğimi ve hareketin tipi değışir.

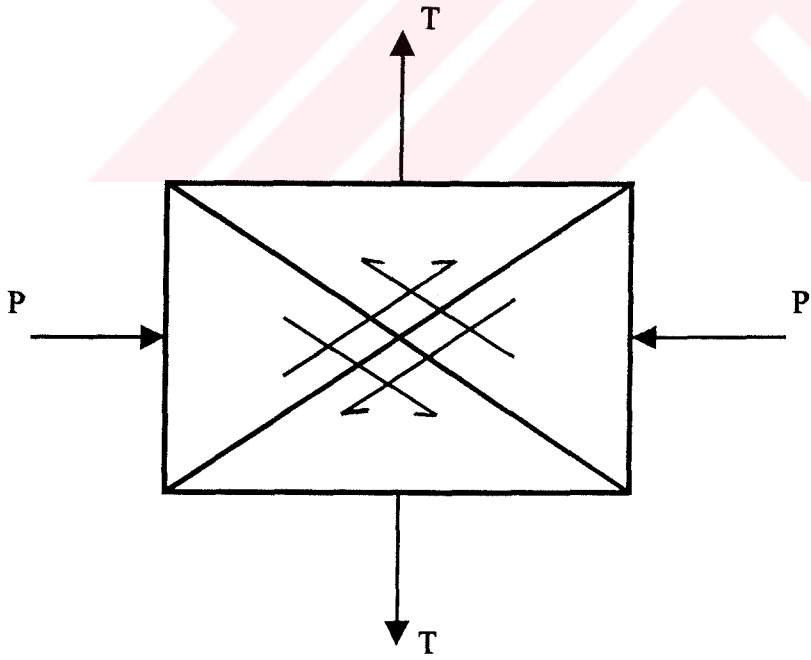
Jeolojide tanımlanan ana fay tipleri, asal gerilmelerin durumuna bağılı olarak aşığıdaki şekillerde açıklanabilir.

#### 5.3.1. Normal Faylanma

P ekseninin düşey, T ve B eksenlerinin yatay olmaları halinde (Şekil 5.6)’ de görülen tipte bir hareket meydana gelir; yani kayma düzleminin üstünde kalan blok eğim aşığı hareket eder. Bu tür faylanmaya normal faylanma denir.



Şekil 5.6 Normal faylanma



Şekil 5.7 Ters faylanma

### 5.3.2 Ters Faylanma

P ve B eksenlerinin yatay, T ekseninin dişey olması halinde (Şekil 5.7)' de görülen tipte bir hareket meydana gelir; yani kayma düzleminin üstünde kalan blok eğim yukarı hareket eder. P ve T eksenleri B eksenini etrafında döndürülürse eğimi değişir. Küçük açılı fay düzlemleri halinde bindirme fayları ( Şaryaj ) meydana gelir.

### 5.3.3 Doğrultu Atımlı Faylanma

P ve T eksenlerinin yatay, B ekseninin dişey olması halinde (Şekil 5.8)' de görülen tipte bir hareket olur. Bu tür faylanmaya doğrultu atımlı faylanma denir. Doğrultu atımlı faylanma faya yüzünü dönmüş bir gözlemciye göre sağ yönlü ( Dextral ) veya sol yönlü ( Sinistral ) olabilir.

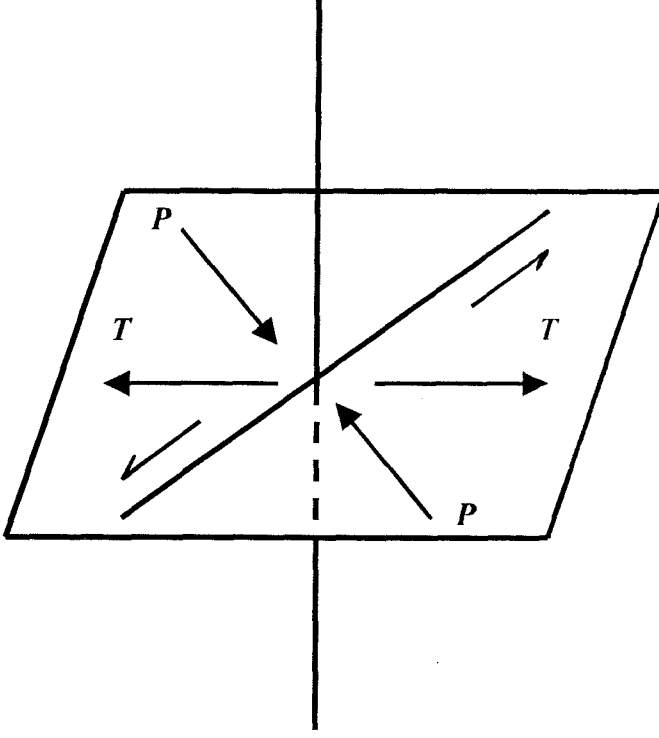
Arazide gözlenen faylanmalar bu üç ana fay türüne tam olarak uymazlar. Arazide raslanan faylarda genellikle hareketin hem eğim yönünde, hemde doğrultu yönünde bileşenleri vardır. Böyle faylara oblik faylar denir.

Ana fay tiplerini ayırt eden değiştirgenlerden biriside kayma açısı ( Slip angle ) dir. Buna "tekmil atımın eğim açısı" da denir. Kayma açısı, kayma vektörünün yatayla yaptığı açı olup,

$$\cos\lambda = \sin\delta \sin\phi$$

Bağıntısından hesaplanır. Burada  $\phi$  Fay düzlemi ile yardımcı düzlemin ( Fay düzlemine dik düzlem ) doğrultuları veya eğimleri arasındaki açı,  $\delta$  ise yardımcı düzlemin eğim açısıdır.





Şekil 5.8 Doğrultu atımlı faylanma

#### 5.4. Odak Mekanizmasının Belirlenmesi

Deprem odak mekanizmasının bilinmesi için, deprem odağında etkin kuvvet sisteminin, deprem sırasında oluşan fay düzleminin doğrultu ve eğiminin, hareket (kayma) vektörünün geometrisinin (azimutu ve dalımı) ve odağın dinamik değişirgenlerinin (asal gerilme eksenlerinin durumu) saptanması gerekir.

Elastik Rebound Teorisinde anlatılan ve faylanma ile boşalan deformasyon enerjisinin önemli bir kısmı deprem dalgaları halinde yer içinde yayılır. Bu nedenle deprem dalgaları odak mekanizması ile ilgili önemli bilgiler taşır.

Bir deprem sonucu iki tür elastik dalga meydana gelir:

a-Cisim dalgaları

b-Yüzey dalgaları

Deprem dalgalarının dinamik özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi deprem odağındaki hareketin mekanizmasıdır. Bu nedenle hem cisim dalgaları, hem de yüzey dalgaları depremlerin odak mekanizmasının saptanmasında kullanılır. Ancak dalgaların yayılma özelliklerine göre kullanılan yöntemler değişir.

#### 5.4.1 Fay Düzlemi Parametreleri

Fay düzlemi parametreleri Projeksiyon açısı yardımıyla odak küresi üzerinden açı olarak ölçülür. (Şekil 5.9).

Bu parametreler:

**$\phi$  (Doğrultusu):** Kuzeyden itibaren saat yönünde ölçülen açıdır.

Bu açının değeri  $0^\circ \leq \phi < 360^\circ$  arasında değişmektedir.

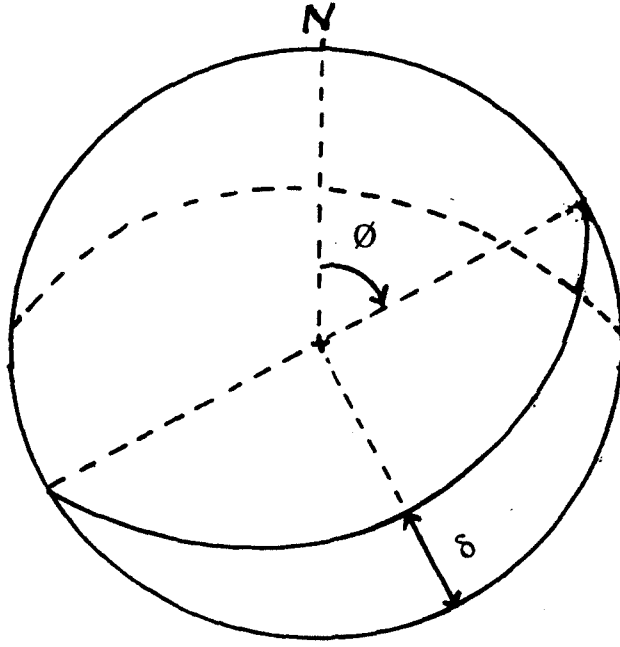
**$\delta$  (Eğim açısı):** Taban bloğunun yatayla yaptığı açıdır.

Eğim açısının değeri  $0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$  arasındadır.

**$\lambda$  (Kayma açısı):** Doğrultu ile kayma arasındaki açıdır.

Kayma açısının değeri  $-180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$  arasında değişir. Kayma açısı ters faylar için pozitif, normal faylar için negatiftir.

Fay düzlemi çözümünde birbirine dik iki düzlem belirlenir. Bunlardan biri fay düzlemi diğeri ise yardımcı düzlemdir. Bu düzlemlerden hangisinin fay düzlemi olduğuna karar vermek için kabuk deformasyonu, artçı sarsıntuların dağılımı ve bu bölgenin tektonik yapısı gibi parametrelerin de araştırılması gerekir.



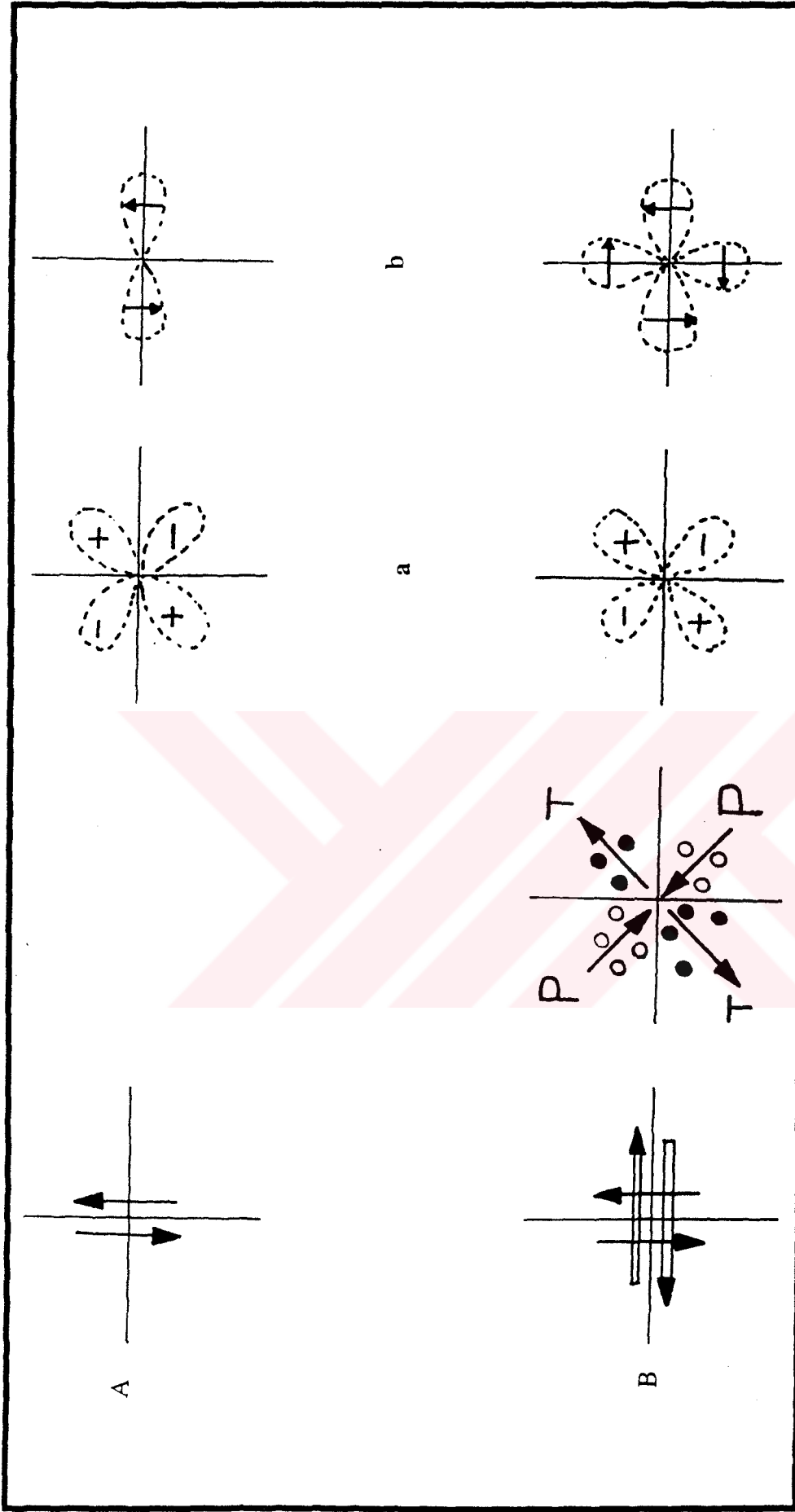
Şekil 5.9 Fay düzlemi Parametreleri

$\phi$ : Fayın doğrultu açısı

$\delta$ : Fayın eğim açısı

#### 5.4.2 Cisim dalgalarından odak mekanizmasının Saptanması

Cisim dalgaları boyuna dalgalar (P) ve enine dalgalar (S) olmak üzere ikiye ayrılırlar P dalgalarının genlikleri odaktaki hareketin mekanizmasına bağlı olarak simetrik bir dağılım gösterirler. Odağı çevrelediği kabul edilen bir küreyi dört kadrana ayıran düzlemler üzerinde P dalgası genliği sıfırdır. Bu düzlemlere “Düğüm Düzlemleri” denir.



Şekil 5.10 Tek kuvvet çifti ve ikili kuvvet çifti kaynak modelleri

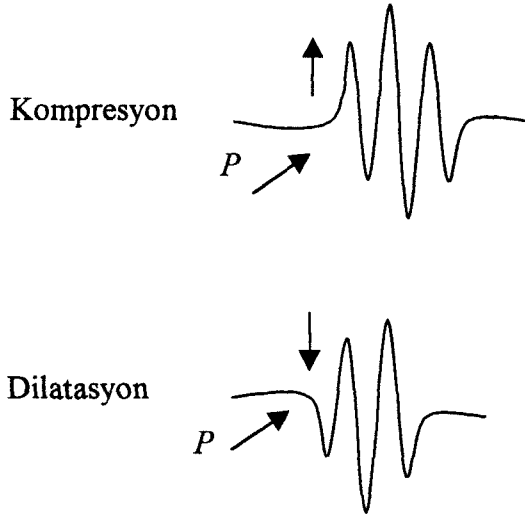
- A) Tek kuvvet çifti ve buna ait a) P-dalgası yayılımı b) S-dalgası yayılımı  
 B) İkili kuvvet çifti ve buna ait a) P-dalgası yayılımı b) S-dalgası yayılımı  
 (+, ●): Kompresyon, (-, °): Dilatasyon, T: Gerilme eksenini, P: Basınç eksenini

Odaktaki etken kuvvet sisteminin türüne göre P ve S dalgalarının genlikleri odak çevresinde farklı bir dağılım gösterirler (Şekil 5.10) Sismograf istasyonlarında ölçülen genlikler birçok değişirgene bağlı olduğundan genliklerden yararlanarak odak mekanizması tayini nisbeten güçtür.

Buna karşılık P ve S dalgalarının tanecik hareketleri (Particle motions) yer içinde yayılırlarken değişikliğe uğramazlar. P dalgaları diğer dalga türlerinden daha hızlı yayıldıklarından sismogramlarda görülen ilk hareketler P dalgalarına aittir.

P-dalgasının ilk hareketlerinden yararlanılarak odak mekanizmasının Elastik Rebound Teorisinde Tarif edildiği gibi bir faylanma olduğu ve bu faylanma hareketinin Şekil 10 deki gibi iki kuvvet çifti ile gösterilebileceği kabul edilebilir. P dalgası ilk hareketlerinden yararlanılarak odaktaki faylanmanın türü ve geometrisi saptanmaya çalışılır.

Pratikte sismometrelerin polarizasyonu o şekilde ayarlanır ki sismogram üzerindeki yukarı doğru bir ilk hareket odaktaki bir kompresyona, aşağı doğru bir ilk hareket ise dilatasyona tekabül eder (Şekil 5.11)



Şekil 5.11. Sismogramlar üzerinde kompresyon ve dilatasyon gösteren ilk hareketler

Fay düzlemi yönteminde ilk problem yeryüzündeki sismograf istasyonlarının odak küresi üzerindeki yerlerinin saptanmasıdır. Daha sonraki iş, odak küresi üzerindeki kompresyon ve dilatasyonları uygun bir projeksiyon kullanılarak bir düzlem üzerinde göstermektir.

Depremin kaydedildiği tüm sismograf istasyonlarındaki P-dalgası ilk hareketi (aşağı –yukarı veya dilatasyon-kompresyon) belirlenir. Daha sonra depremin istasyonlar için azimut açıları, episantr ve odağı terkediş açıları hesaplanır.

### 5.4.3 Azimut Açıları ve Episantr Uzaklıklarının Belirlenmesi

Azimut açıları ve episantr uzaklıkları için çeşitli formüller geliştirilmiştir. Episantrın enlem ve boylamı  $\theta$ ,  $\phi$  ; istasyonununkiler  $\theta'$ ,  $\phi'$  olsun Sismograf istasyonunun episantra uzaklığı,

$$\begin{aligned} \cos\Delta &= AA' + BB' + CC' \\ 2(1 - \cos\Delta) &= (A - A')^2 + (B - B')^2 + (C - C')^2 \\ 2(1 + \cos\Delta) &= (A + A')^2 + (B + B')^2 + (C + C')^2 \end{aligned}$$

bağıntılardan hesaplanabilir. Burada  $\Delta$  episantr ile istasyonun yerin merkezinden gören açıdır. Bu formüllerde;

$$A = \sin\theta \cos\phi$$

$$A' = \sin\theta' \cos\phi'$$

$$B = \sin\theta \sin\phi$$

$$B' = \sin\theta' \sin\phi'$$

$$C = \cos\theta$$

$$C' = \cos\theta'$$

İle verilen doğrultman kosinüsleridir. Yukarıdaki formüllerle  $20^\circ$ - $160^\circ$  arasındaki uzaklıklar 0.1 den daha küçük bir hata ile hesaplanabilir. Daha küçük uzaklıklar için



$$\Delta^2 = (\theta - \theta')^2 - (\varphi - \varphi')^2 - \sin^2 \frac{1}{2}(\theta + \theta')$$

formülü kullanılabilir.

Azimutu (Z), yani istasyon ve episanırdan geçen büyük dairenin kuzeyle yaptığı açığı;

$$-\sin \Delta \sin Z = DA' + EB'$$

$$-\sin \Delta \cos Z = GA' + HB' + KC'$$

bağıntılarından yararlanarak,

$$\tan Z = DA' + EB' / GA' + HB' + KC'$$

formülünden hesaplayabiliriz. Burada;

$$D = \sin \varphi$$

$$G = \cos \varphi \cos \theta$$

$$K = -\sin \theta$$

$$E = -\cos \varphi$$

$$H = \cos \theta \sin \varphi$$

dir.

#### 5.4.4 Odağı Terkediş Açılarının Hesaplanması

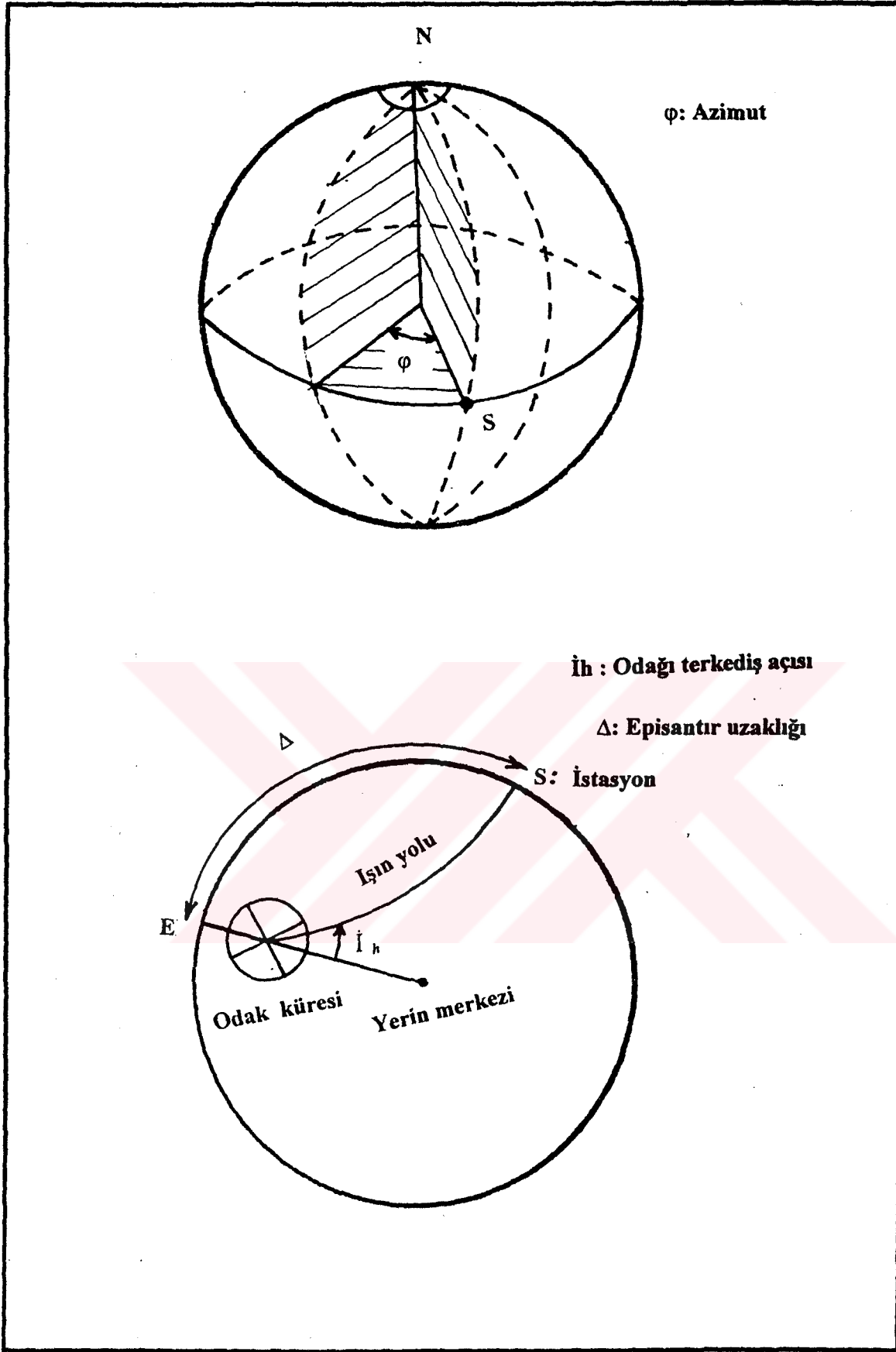
Işığın odağı terkediş açısı Şekil 5.12'de şematik olarak gösterilmekte ve

$$I_h = \arcsin \left[ \frac{V_h}{r_0} / (r_0 - h) \left( \frac{dT}{d\Delta} \right) \right]$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada;

$I_h$  : Işığın odağı terkediş açısı,

$h$  : Odak derinliği (km),



Şekil 5.12 Episantr uzaklığı, Azimut ve odağı terkediş açısının şematik gösterilişi

$V_h$  : Odaktaki P-dalga hızı (km/sn)

$r_0$  : Yerin yarıçapı (km)

$dT/d\Delta$  :P-dalgası için zaman-uzaklık eğrisinin eğimi (sn/km)'dir (Şekil 5.12).

#### 5.4.5 İstasyonların Schmidt Ağı ile Odak Küresi Üzerinde Yerleştirilmesi

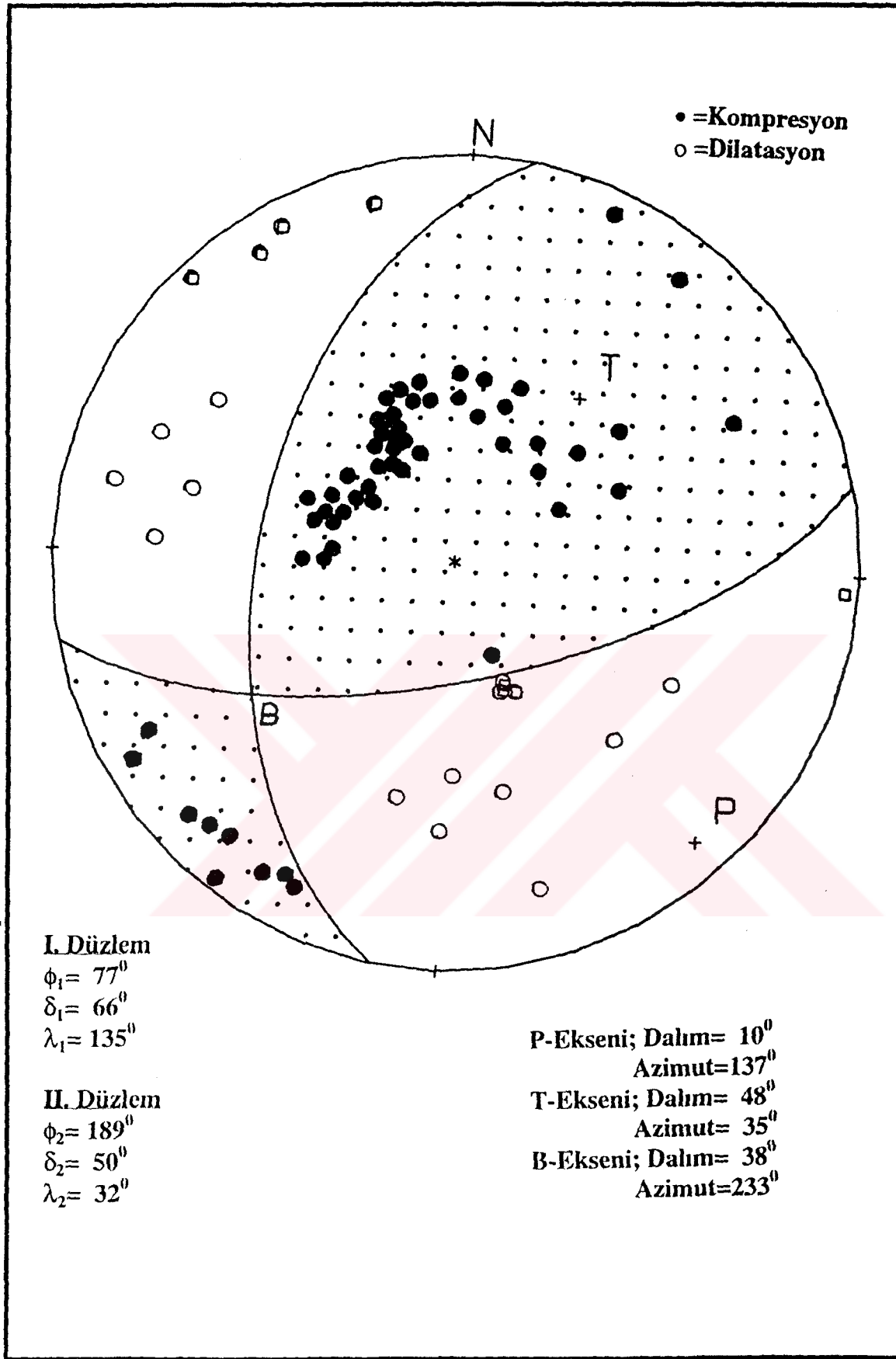
$I_h$  açısı ve azimut açısı hesaplandıktan sonra bir projeksiyon sistemi kullanılarak odak küresi üzerindeki kompresyon ve dilatasyon bilgilerini ayırmaktır. Bu amaçla çeşitli projeksiyon sistemleri kullanılmıştır. Bunalar arasında en çok kullanılan Schmidt eşit alan yöntemidir. İstasyonların Schmidt ağı kullanılarak odak küresinin alt yarım küresi üzerine izdüşülerek işaretlenir (Şekil 5.13).

#### 5.4.6 Düğüm Düzlemlerinin Belirlenmesi

Her bir istasyonda gözlenen hareket odak küresi üzerine yerleştirilirken odağı terkediş açıları ( $i_h$ ) ve azimutları ( $\theta$ ) kullanılır.

$I_h$  açıları düşeyden olan açı olduğundan projeksiyon ağının merkezinden dışarıya doğru ölçülerek  $\theta$  açıları kuzeyden doğuya doğru olduğundan ağın dışından ölçülerek istasyonun odak küresi üzerindeki yeri bulunur. Tüm istasyonlar için bu işlem yapıldıktan sonra düğüm düzlemleri kompresyon ve dilatasyonları birbirlerinden en iyi şekilde ayıracak şekilde çizilir.

Bunun için önce düzlemlerden birisi çizilir. Daha sonra bu düzlemin kutbu işaretlenir. İkinci düzlem birinci düzlemin kutbundan geçmek koşuluyla tekrar kompresyon ve dilatasyonları ayıracak şekilde geçirilir. Böylece her iki düzlemin birbirlerine dik olması sağlanmış olur.



Şekil 5.13 Odak mekanizması çözüm örneği

#### 5.4.7 Asal Gerilme Eksenlerinin Belirlenmesi

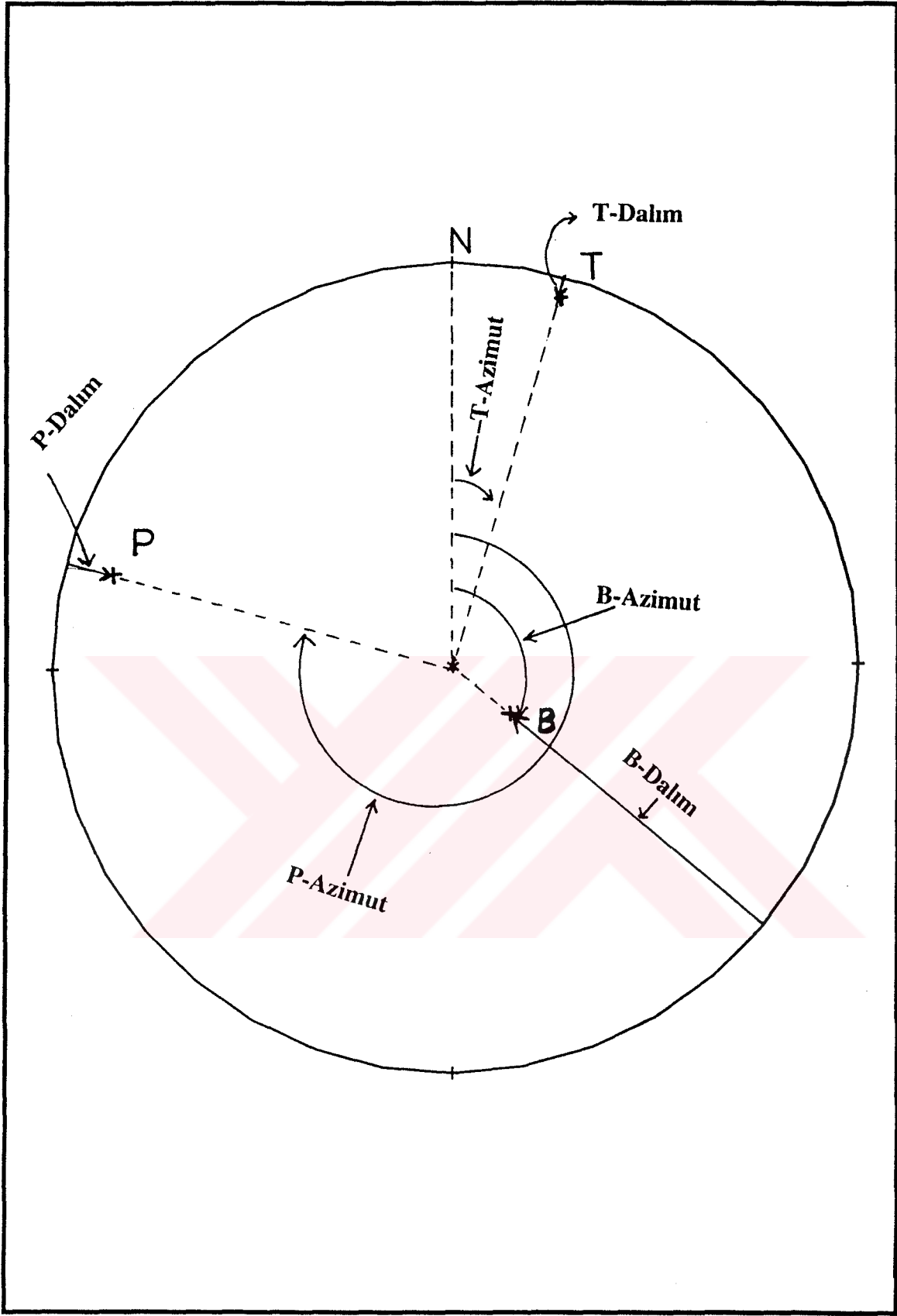
Asal gerilme eksenleri Şekil 5.13'de gösterilmiştir. P, en büyük basınç eksenini olup dilatasyon alanında, T, en büyük gerilme (çekme) eksenini olup kompresyon alanında ve B, orta gerilme eksenini de düğüm düzlemlerinin kesim noktasında bulunur. P ve T eksenleri düğüm düzlemleri ile  $45^\circ$  lik açı yaparlar. P, T ve B eksenleri ise birbirleriyle  $90^\circ$  lik açı yaparlar.

Schmidt ağı ile asal eksen parametreleri (azimutları ve dalımları) ölçülerek belirlenir. Çözümü yapılan örnek deprem için bu değerler Şekil 5.14'de gösterilmektedir.

#### 5.5 Birleşik Odak Mekanizması Çözüm Yöntemi

Birleşik odak mekanizması çözümü; klasik olarak yapılan odak mekanizması çözümü, büyük bir depremin çok sayıda sismolojik istasyonlarda kaydedilen P-dalgası ilk hareket yönleri (aşağı, yukarı) kullanılarak yapılmaktadır.

Ancak, az sayıda lokal istasyonların olması durumunda elde edilen veriler odak mekanizmasını belirlemek için yeterli olmayabilir. Bu nedenle belirli bir zaman ve mekanda olmuş depremlerin P-dalgası ilk hareket yönü verilerini kullanarak birleşik odak mekanizması çözümleri yapılabilmektedir. Bir fayın üzerinde çeşitli zamanlarda meydana gelen depremlerin, önce sismik ağdaki kayıtlardan ayrı ayrı odak mekanizması çözümleri yapılmaktadır. Daha sonra tüm depremlerin odak mekanizması için kullanılan veriler sanki bir olaya aitmiş gibi alınarak projeksiyon ağı üzerine yerleştirilir ve odak parametreleri belirlenir. Elde edilen çizim tek bir kaynağın çözümü olarak alınır. Bu yöntem aynı bölgede olan depremlerin aynı basınç ve gerilme kuvvetlerinin etkisinde kalması temeline dayanır. Bu tür çalışmalar; lokal sismik ağlar ve mikrodepremler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Brillinger ve diğ. 1980, Evans ve diğ. 1985).



Şekil 5. 14 Asal eksen parametrelerinin şematik olarak gösterilişi



Birleşik odak mekanizması çözümlerinde, çözüme katılacak depremlerin lokasyon olarak çok fazla saçılma göstermemesi ve gereğinden uzun bir süreye yayılmaması gerekir. Çünkü veriler uzun bir zaman aralığında toplanır ise, bu zaman dilimi içerisinde asal gerilme eksenlerinde dönme olabileceğinden uygun bir fay düzlemi elde etmek olanaksız hale gelir. Benzer durum, lokasyon dağılımı için de geçerlidir. Birbirlerinden çok uzakta oluşan depremlerde asal gerilme eksenlerinin konumları da farklı olabilir. Bu durum daha çok öncü depremlerde gözlenir.

Birleşik odak mekanizması çözümlerinde Suetsugu (1996) tarafından, kodlanan bir bilgisayar programı kullanılmıştır.



## **BÖLÜM 6. ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMÜ UYGULAMALARI**

### **6.1 Giriş**

Ayrı ayrı ve birleşik odak mekanizması çözümleri 27 Haziran 1998’de oluşan Adana-Ceyhan depreminin artçı sarsıntılarının ivme kayıtlarından yararlanılarak yapılmıştır.

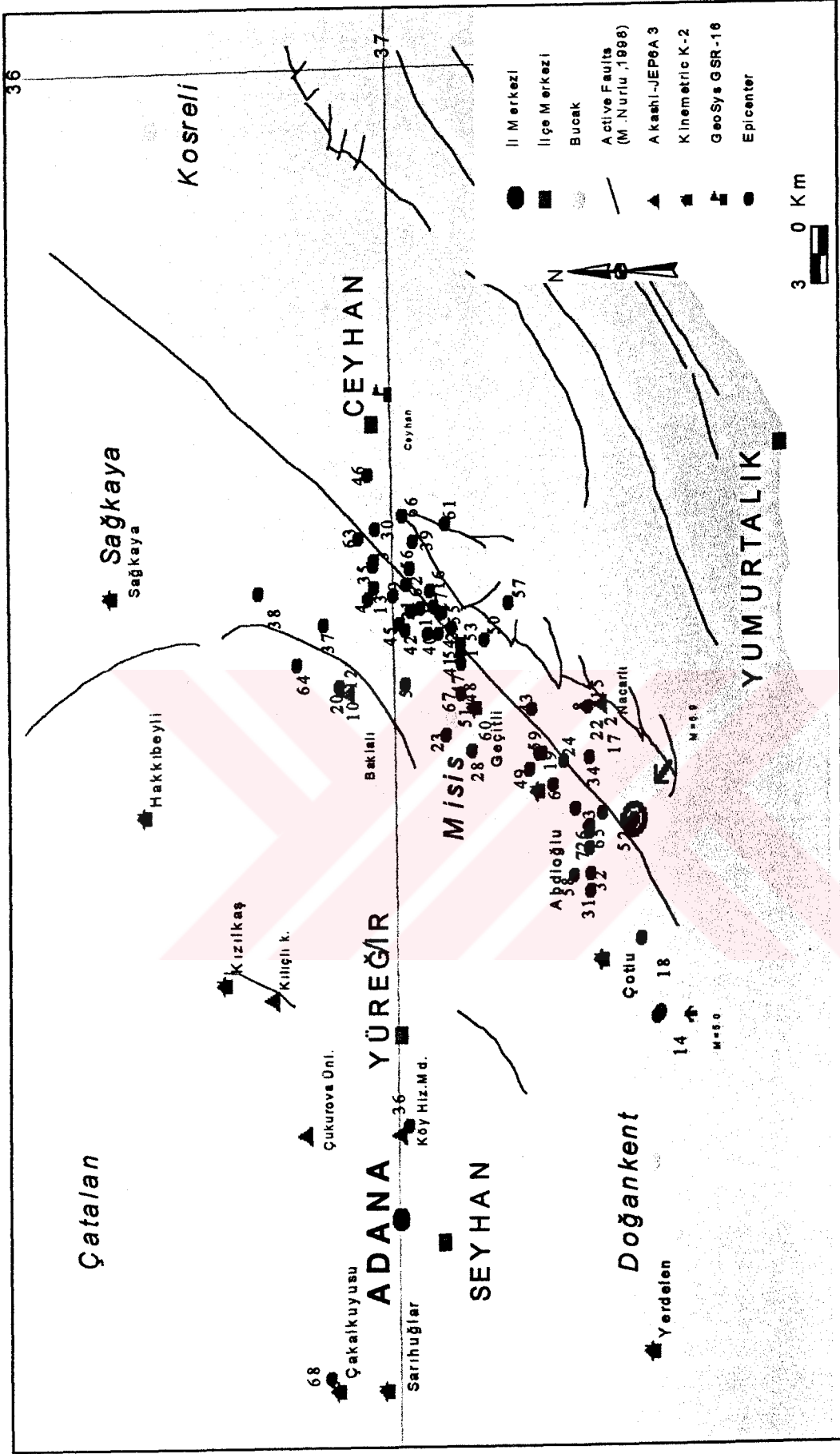
### **6.2 Veriler**

27 Haziran 1998 tarihinde yerel saatle 16.55 ‘de meydana gelen  $M_d = 5.9$  (ERD) büyüklüğündeki Adana – Ceyhan depreminin artçı şoklarını gözlemek için Deprem Araştırma Dairesi tarafından bölgeye 3 adet ivme kayıtçaları yerleştirilmiştir.

Ayrıca Türk – Japon ortak projesi kapsamında kullanılmak üzere Türkiye’ye getirilen 3 adet portatif ivme kayıtçaları da kısa süre içerisinde deprem bölgesine getirilerek yerleştirilmiştir.

Ek olarak, GFZ-Potsdam ve Deprem Araştırma Dairesi arasındaki işbirliği kapsamında 9 adet ivme kayıtçalar da deprem bölgesine yerleştirilmişlerdir. Böylece bölgede toplam 15 adet ivme ölçer istasyon kurulmuş ve çalıştırılmıştır. Şekil 6.1 ve Tablo 6.1 de istasyonların yerleri ve ivme ölçerler tarafından kaydedilen artçı depremlerin episantr dağılımları gösterilmiştir.

Kurulan bu istasyonlardan elde edilen veriler dikkate alınarak 3 Temmuz – 6 ağustos 1998 tarihleri arasında P ve S varışları okunabilen Hypo 71 Fast Hypo (Hermann, 1978) bilgisayar programı kullanılarak 69 adet artçı depremlerin oluş zamanları, episantr koordinatları ve odak derinlikleri hesaplanmıştır (Taplo 6.2 ve Taplo 6.3). Bu hesaplamalarda kullanılan kabuk hız modelinin (Rizhikova ve diğ. 1981) derinlikle değişimi verilmiştir (Taplo 6.4 ve Şekil 6.2).



Şekil 6.1 İstasyonlar ve artçı depremlerin episantr dağılımları

**Tablo 6.2 Adana-Ceyhan depreminden sonra oluşan artçı sarsıntılar**

No	Tarih Gün/Ay/Yıl	Zaman (GMT) Saat:Dk:Sn	Boylam Doğu	Enlem Kuzey	Derinlik Kilometre	Kalite Fak. Q
1	03.07.1998	11:09:49	35,67	36,97	22,8	B
2	03.07.1998	15:35:09	35,62	36,88	05,0	D
3	03.07.1998	16:58:45	35,71	37,01	19,7	A
4	03.07.1998	19:02:07	35,69	37,02	17,8	A
5	03.07.1998	19:35:49	35,64	36,99	05,0	D
6	03.07.1998	20:28:17	35,57	36,90	26,0	B
7	03.07.1998	21:32:26	35,54	36,88	30,2	B
8	03.07.1998	22:10:38	35,62	36,88	05,0	D
9	03.07.1998	22:40:25	35,69	37,00	21,3	B
10	03.07.1998	22:56:22	35,64	37,04	05,0	D
11	03.07.1998	23:30:10	35,68	36,98	23,7	B
12	04.07.1998	01:00:25	35,64	37,04	05,0	D
13	04.07.1998	01:33:03	35,69	37,01	18,6	A
14	04.07.1998	02:15:48	35,44	36,84	27,9	C
15	04.07.1998	02:25:58	35,62	36,88	05,0	D
16	04.07.1998	09:23:44	35,69	36,98	25,4	B
17	04.07.1998	09:24:28	35,62	36,88	05,0	D
18	04.07.1998	18:46:05	35,48	36,85	29,3	B
19	04.07.1998	19:09:27	35,59	36,91	26,6	B
20	05.07.1998	01:39:53	35,64	37,04	05,0	D
21	05.07.1998	04:54:19	35,68	36,99	21,8	B
22	05.07.1998	06:31:26	35,62	36,88	05,0	D
23	05.07.1998	14:32:16	35,61	36,97	23,9	B
24	07.07.1998	17:08:26	35,59	36,89	26,4	C
25	08.07.1998	02:00:49	35,31	36,71	01,3	D
26	08.07.1998	13:15:41	35,55	36,88	28,7	D
27	09.07.1998	02:12:16	35,68	36,98	25,5	D
28	09.07.1998	07:01:35	35,60	36,95	24,7	D
29	10.07.1998	20:59:50	35,67	36,96	26,1	C
30	10.07.1998	22:46:51	35,73	37,01	22,1	B
31	10.07.1998	23:53:50	35,52	36,88	33,0	D
32	11.07.1998	00:38:31	35,51	36,88	23,0	D
33	11.07.1998	11:26:07	35,55	36,88	29,7	D
34	11.07.1998	14:28:40	35,59	36,88	30,3	D
35	11.07.1998	20:45:03	35,71	37,01	18,1	C

**Tablo 6.3 Adana-Ceyhan depreminden sonra oluşan artçı sarsıntılar**

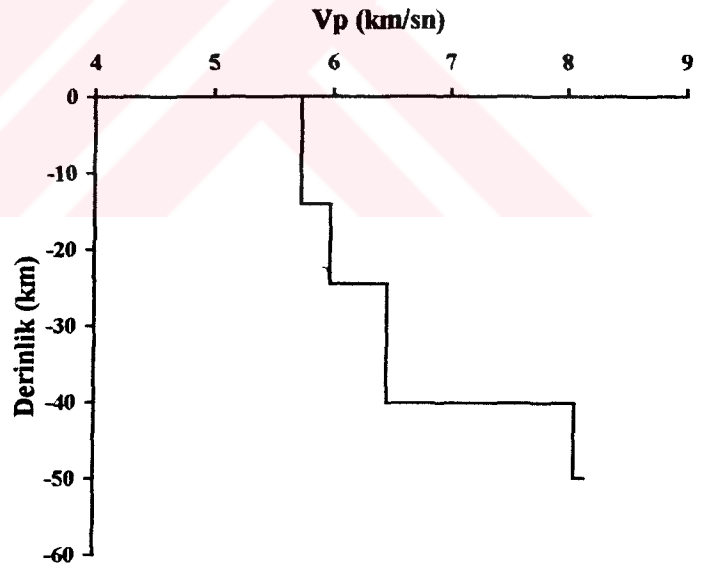
No	Tarih Gün/Ay/Yıl	Zaman (GMT) Saat:Dk:Sn	Boylam Doğu	Enlem Kuzey	Derinlik Kilometre	Kalite Fak. Q
36	13/07/1998	09:22:59	35,38	36,99	13,0	D
37	13/07/1998	09:28:02	35,67	37,05	21,2	D
38	13/07/1998	10:44:09	35,69	37,09	21,3	D
39	14/07/1998	01:58:04	35,72	36,99	21,5	B
40	14/07/1998	20:43:24	35,67	36,98	24,7	C
41	15/07/1998	03:32:33	35,65	36,96	23,6	C
42	15/07/1998	03:47:31	35,67	36,99	05,0	D
43	15/07/1998	18:02:05	35,62	36,91	27,6	B
44	16/07/1998	22:34:13	35,68	36,63	05,0	A
45	17/07/1998	00:43:34	35,67	37,00	18,8	D
46	17/07/1998	18:14:20	35,76	37,02	24,6	B
47	17/07/1998	18:15:24	35,62	36,88	08,3	D
48	17/07/1998	21:09:32	35,63	36,96	08,8	D
49	18/07/1998	00:24:52	35,63	36,96	09,4	D
50	18/07/1998	04:51:40	35,58	36,92	28,7	B
51	18/07/1998	21:04:05	35,66	36,94	26,2	B
52	18/07/1998	22:20:24	35,63	36,96	05,0	D
53	19/07/1998	13:23:37	35,56	36,87	34,6	C
54	19/07/1998	22:59:02	35,66	36,96	22,4	C
55	20/07/1998	06:07:26	35,66	36,96	23,8	B
56	20/07/1998	06:15:33	35,68	36,97	23,3	A
57	21/07/1998	17:23:31	35,70	36,99	18,9	B
58	22/07/1998	20:12:51	35,68	36,93	26,8	B
59	22/07/1998	23:55:24	35,52	36,89	30,4	C
60	23/07/1998	02:33:59	35,59	36,91	28,4	C
61	23/07/1998	07:28:04	35,63	36,96	17,2	D
62	23/07/1998	07:36:13	35,73	36,97	24,7	B
63	24/07/1998	02:13:17	35,69	36,99	17,4	B
64	24/07/1998	02:15:29	35,72	37,02	16,4	B
65	27/07/1998	04:46:19	35,65	37,06	22,0	D
66	27/07/1998	23:47:10	35,56	36,89	31,1	C
67	31/07/1998	18:23:46	35,73	36,99	16,4	A
68	03.08.1998	00:17:59	35,63	36,96	27,6	C
69	06.08.1998	08:48:41	35,23	37,05	09,5	D

**Tablo 6.1 İstasyonların listesi**

İstasyon Adı	İstasyon Kodu	İstasyonların koordinatları	
		Enlem (K)	Boylam (D)
KHM	KÖYHİZMETLERİ	36.992	35.373
CKV	ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ	37.059	35.376
NAC	NACARLI KÖYÜ	36.876	35.618
HBK	HAKKİBEYLİ KÖYÜ	37.170	35.560
SHG	SARIHUĞLAR KÖYÜ	36.100	35.227
YRD	YERDELEN KÖYÜ	36.838	35.238
CKK	ÇAKALKUYUSU KÖYÜ	37.044	35.227
KZK	KIZILKAŞ KÖYÜ	37.105	35.464
SGK	SAGKAYA KÖYÜ	37.178	35.670
COT	ÇOTLU KÖYÜ	36.872	35.475
GEC	GEÇİTLİ KÖYÜ	37.959	35.627
CYH	CEYHAN	37.024	35.810
AOK	ABDİOĞLU KÖYÜ	36.908	35.567
BKL	BAKLALI KÖYÜ	37.033	35.633
KIL	KILIÇLI KÖYÜ	37.081	35.455

**Tablo 6.4 Kullanılan kabuk hız modeli**

Derinlik (km)	Hız Vp (km/sn)
0,0	5,73
14,1	5,98
24,6	6,46
40,2	8,064
50,0	8,151

**Şekil 6.2 Hızın derinlikle değişimi**



Bölgede kaydedilmiş depremlerin çözümü sonucunda oluşturulan 3 Temmuz – 6 Ağustos 1998 tarihleri arasında, Tablo 6.2 ve Tablo 6.3 'e ait kayıtlardaki P-dalgasının ilk hareket yönleri kullanılmıştır. Bu çalışmada depremler; mevcut fay üzerindeki dağılımlarına göre seçilmiştir (Tablo 6.5). Kullanılan depremlerin Magnitüdüleri  $M=2.5 - 3.7$  ve derinlikleri  $h=16.4 - 30.4$  km arasında değişmektedir.

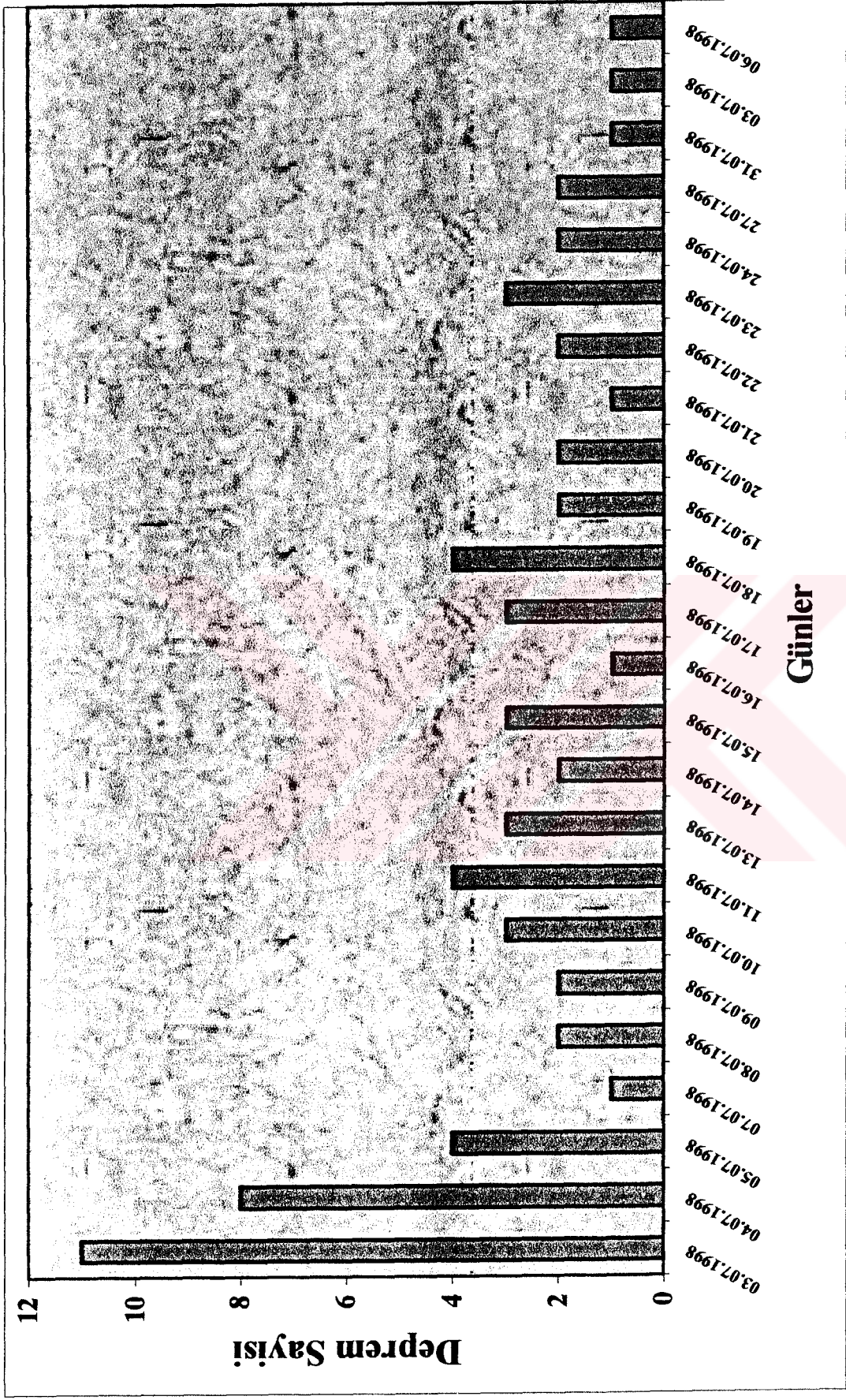
### **6.3 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depremi**

Adana-Ceyhan depreminin aletsel koordinatı Deprem Araştırma Dairesi tarafından  $36.85K^{\circ}$  ve  $35.55D^{\circ}$  olarak belirlenmiş ve odak derinliği 23 km olarak bulunmuştur. Anaşokun odak mekanizması çözümü, dünyanın çeşitli enstitüleri USGS, EMSC, HARWARD ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (ERD) tarafından yapılmıştır (Şekil 6.3).

### **6.4 Adana-Ceyhan Depreminin Artçı Şokları**

Bu çalışmada; Adana-Ceyhan depreminden sonra Adana-Ceyhan bölgesinde ivme ölçerler tarafından kaydedilen artçı depremlerin, zamana bağlı dağılımları çizilmiştir (Şekil 6.4). Bu çalışmada gözlenen periyodu boyunca 69 adet artçı deprem kaydedilmiştir (Tablo 6.2 ve Tablo 6.3). Bunların tümünün odak mekanizması çözümleri incelenmiş, burada verilmeyen çözümler de veri uyumsuzlukları nedeniyle çözümler bu çalışmada verilmemiştir. Veri uyumsuzluğu bulunmayan depremlerin odak mekanizması çözümleri yapılmış ve fay düzlemi çözüm parametreleri bulunmuştur (Tablo 6.6).

Odak mekanizmasındaki üçgen alanlar kompresyon kare alanlar ise dilatasyon alanlarını göstermektedir. Diyagramların sol taraflarındaki DOĞRULTU1, EĞİM1, KAYMA AÇISI1, DOĞRULTU2, EĞİM2, ve KAYMA AÇISI2 sırasıyla bulunan düzlemlere ait doğrultu, eğim, kayma açılarını vermektedir. P ve T-eksenlerine ait



Şekil 6.4 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan depreminden sonra oluşan artçı depremlerin günlere göre dağılımları

**Tablo 6.5 Çalışmada kullanılan depremler**

NO	TARİH	KOORDİNATLAR		DERİNLİK	MAGNİTÜD	İSTASYON SAYISI
		Enlem K°	Boylam D°			
Olay 1	10.07.1998	37.011	35.727	22.1	2.6	5
Olay 2	11.07.1998	36.877	35.549	29.7	2.9	6
Olay 3	11.07.1998	36.877	35.589	30.3	3.0	6
Olay 4	13.07.1998	37.045	35.671	21.2	3.4	10
Olay 5	13.07.1998	37.086	35.691	21.3	3.5	9
Olay 6	14.07.1998	36.979	35.665	24.7	3.3	10
Olay 7	15.07.1998	36.913	35.619	27.6	2.5	5
Olay 8	15.07.1998	36.958	35.647	23.6	3.7	12
Olay 9	17.07.1998	37.015	35.759	24.6	2.6	8
Olay 10	18.07.1998	36.915	35.583	28.7	3.1	7
Olay 11	18.07.1998	36.943	35.661	26.2	2.9	10
Olay 12	22.07.1998	36.887	35.520	30.4	2.6	5
Olay 13	23.07.1998	36.967	35.729	24.7	3.1	8
Olay 14	27.07.1998	37.062	35.648	22.0	3.7	9
Olay 15	31.07.1998	36.994	35.734	16.4	3.0	6
Olay 16	03.08.1998	36.958	35.629	27.6	3.5	9

USGS			HARWARD		
Doğrultu	1	55	Doğrultu	1	57
Eğim	1	80	Eğim	1	65
Kayma Açısı	1	14	Kayma Açısı	1	18
Doğrultu	2	323	Doğrultu	2	319
Eğim	2	77	Eğim	2	73
Kayma Açısı	2	170	Kayma Açısı	2	154

EMSC			ERD		
Doğrultu	1	58	Doğrultu	1	207
Eğim	1	79	Eğim	1	70
Kayma Açısı	1	11	Kayma Açısı	1	-30
Doğrultu	2	326	Doğrultu	2	308
Eğim	2	79	Eğim	2	62
Kayma Açısı	2	169	Kayma Açısı	2	-157

Şekil 6.3 7 Haziran 1998 Adana – Ceyhan depreminin ERD, HARWARD, EMSC ve USGS tarafından yapılmış fay düzlemi çözümleri



azimut ve dalımlar da yine burada gösterilmektedir. Ayrıca burada uyumlu ve uyumsuz verilerin sayıları da belirtilmektedir. Uyumlu veri: kompresyon ve dilatasyon alanlarına düşen veri sayısını ve uyumsuz veri ise: kompresyon alanında dilatasyon verisinin veya dilatasyon alanında kompresyon verisinin bulunmasıdır.

Bu çalışmada uyumsuz veri bulunmaktadır. Bunun nedeni: a) Depremlerin magnitüdlerinin küçük olması dolayısıyla P-dalgası ilk hareket yönlerinin belirgin olmaması, b) İstasyonların azimutal dağılımlarının yeterli olmaması olarak açıklanabilir.

Odak mekanizması çözümleri (Şekil 6.5 - 6.20)'de yapılmıştır. Şekil 6.5-6.20 arasındaki çözümler (Tablo 6.6) deki 16 olayın ayrı ayrı çözümleridir. Bu çözümler de faylanma K-D doğrultu atımlı ve ters yönlüdür. Bu şekillerde odak mekanizması çözümüne ait parametreler şekillerin solunda yer almaktadır. Tüm bu çözümlerde 1 nolu düzlem fay düzlemi, 2 nolu düzlemler her bir çözüm için yardımcı düzlemi göstermektedir.

Tüm bu çözümlerin birleştirilmesinden elde edilen birleşik fay düzlemi, çözümü Şekil 6.21'de verilmiştir. Bu çözüm artçı depremler için etkin olan asal gerilme eksenlerinin konumlarını, fay ve yardımcı düzlemlerin yaklaşık olarak ortalamasını vermektedir.

Ayrı ayrı yapılan çözümlerde kullanılan istasyon sayısı çok sınırlı olduğundan geçirilen düzlemlerin seçiminde keyfiyet oranı oldukça yüksektir. Verilerin birleştirilmesi ile elde edilen birleşik çözümde veri çokluğu nedeniyle keyfiyet tamamen kalkmaktadır. Çünkü verilerin dağılımı düzlemlerin yeteri kadar doğru olarak geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle birleşik çözüm en geçerli değerlendirme olarak kabul edilmektedir.

Tablo 6.6 Odak mekanizması çözümleri

No	1. DÜZLEM				2. DÜZLEM				P - Ekseni		T - Ekseni	
	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma açısı (°)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma açısı (°)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Dalım (°)	Azimut (°)	Dalım (°)	Azimut (°)
Olay 1	53	75	14	319	76	165	0	6	20	276		
Olay 2	53	73	-4	144	86	-163	14	9	9	277		
Olay 3	58	73	13	324	77	162	3	11	22	280		
Olay 4	49	78	5	318	85	168	5	4	12	273		
Olay 5	55	87	15	324	75	177	8	-172	13	280		
Olay 6	51	72	14	317	77	161	4	5	23	273		
Olay 7	58	66	15	321	76	156	7	11	27	278		
Olay 8	62	73	11	329	80	162	5	16	20	285		
Olay 9	62	73	16	327	74	162	1	14	23	284		
Olay 10	57	74	-3	148	87	-164	13	14	9	282		
Olay 11	79	67	10	345	81	157	10	34	22	300		
Olay 12	56	77	10	324	81	166	3	10	16	280		
Olay 13	59	73	24	322	67	161	4	-170	29	282		
Olay 14	48	79	6	317	84	169	3	2	12	272		
Olay 15	51	65	10	317	81	154	11	7	25	271		
Olay 16	49	71	5	317	85	161	10	4	17	271		



Dogrultu1 : 53  
Egim1 : 75  
Kay.Aci1 : 14  
Dogrultu2 : 319  
Egim2 : 76  
Kay.Aci2 : 165

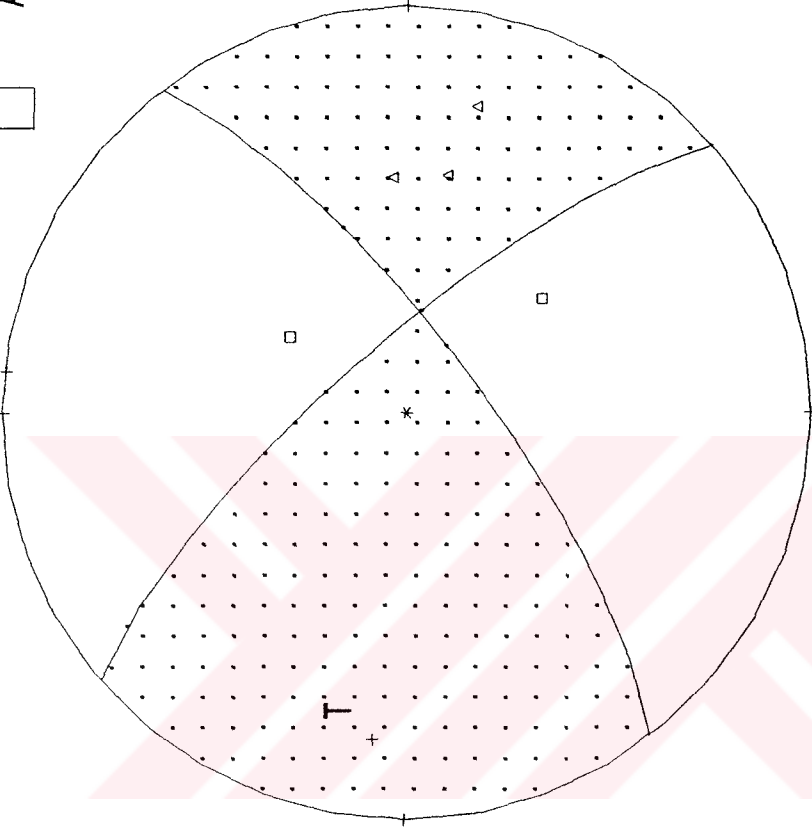
P-ekseni; dalim : 0  
azimut : 6  
T-ekseni; dalim : 20  
azimut : 276

Uyumlu veri: 5  
Uyumsuz veri: 0

YUKARI  
ASAGI



N P



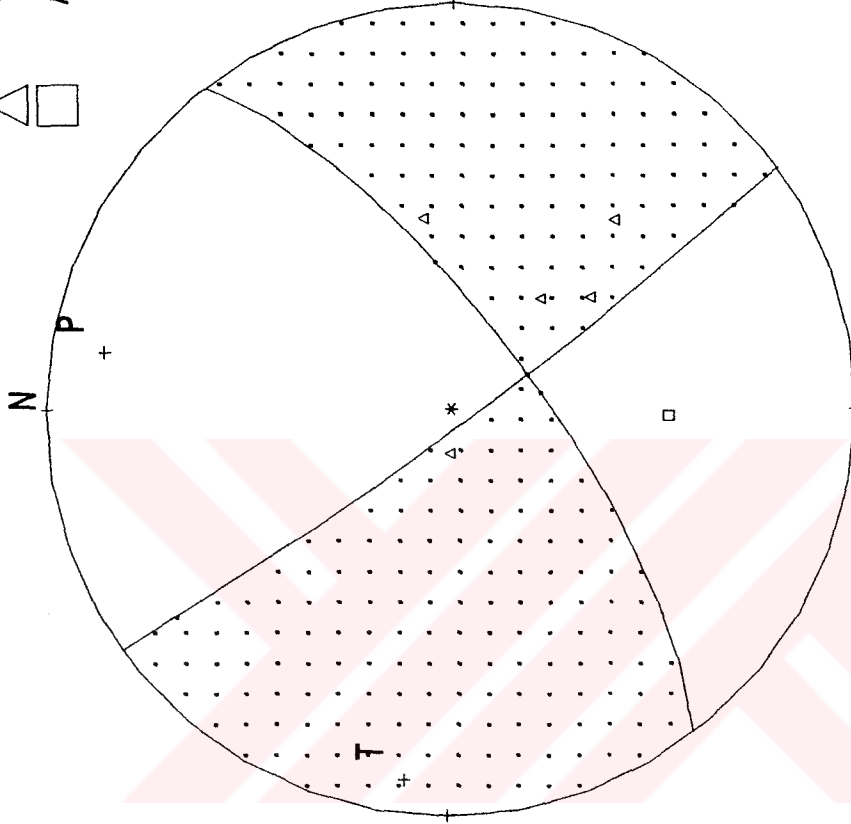
Şekil 6.5 10.07.1998 tarihli (Olay 1) depremin fay düzlemi çözümü

Dogrultu1 : 53  
Egim1 : 73  
Kay.Aci1 : -4  
Dogrultu2 : 144  
Egim2 : 86  
Kay.Aci2 :-163

P-ekseni; dalim : 14  
azimut : 9  
T-ekseni; dalim : 9  
azimut : 277

Uyumlu veri: 6  
Uyumsuz veri: 0

YUKARI  
ASAGI



Şekil 6.6 11.07.1998 tarihli (Olay 2) depremin fay düzlemi çözümü

Dogrultu1 : 58  
Egim1 : 73  
Kay.Aci1 : 13  
Dogrultu2 : 324  
Egim2 : 77  
Kay.Aci2 : 162

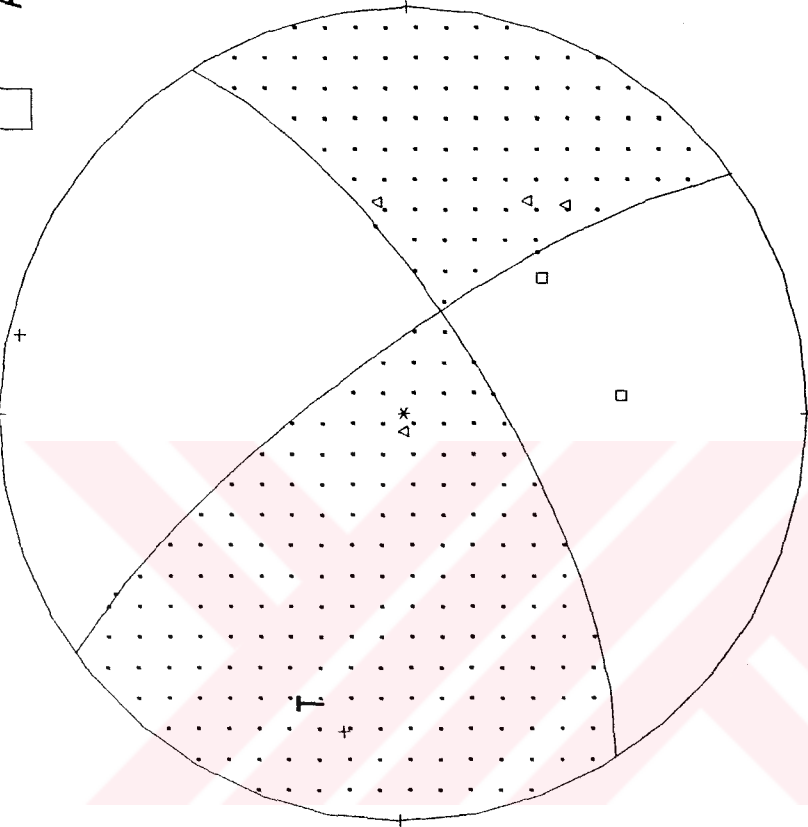
P-ekseni; dalim : 3  
azimut : 11  
T-ekseni; dalim : 22  
azimut : 280

Uyumlu veri: 6  
Uyumsuz veri: 0

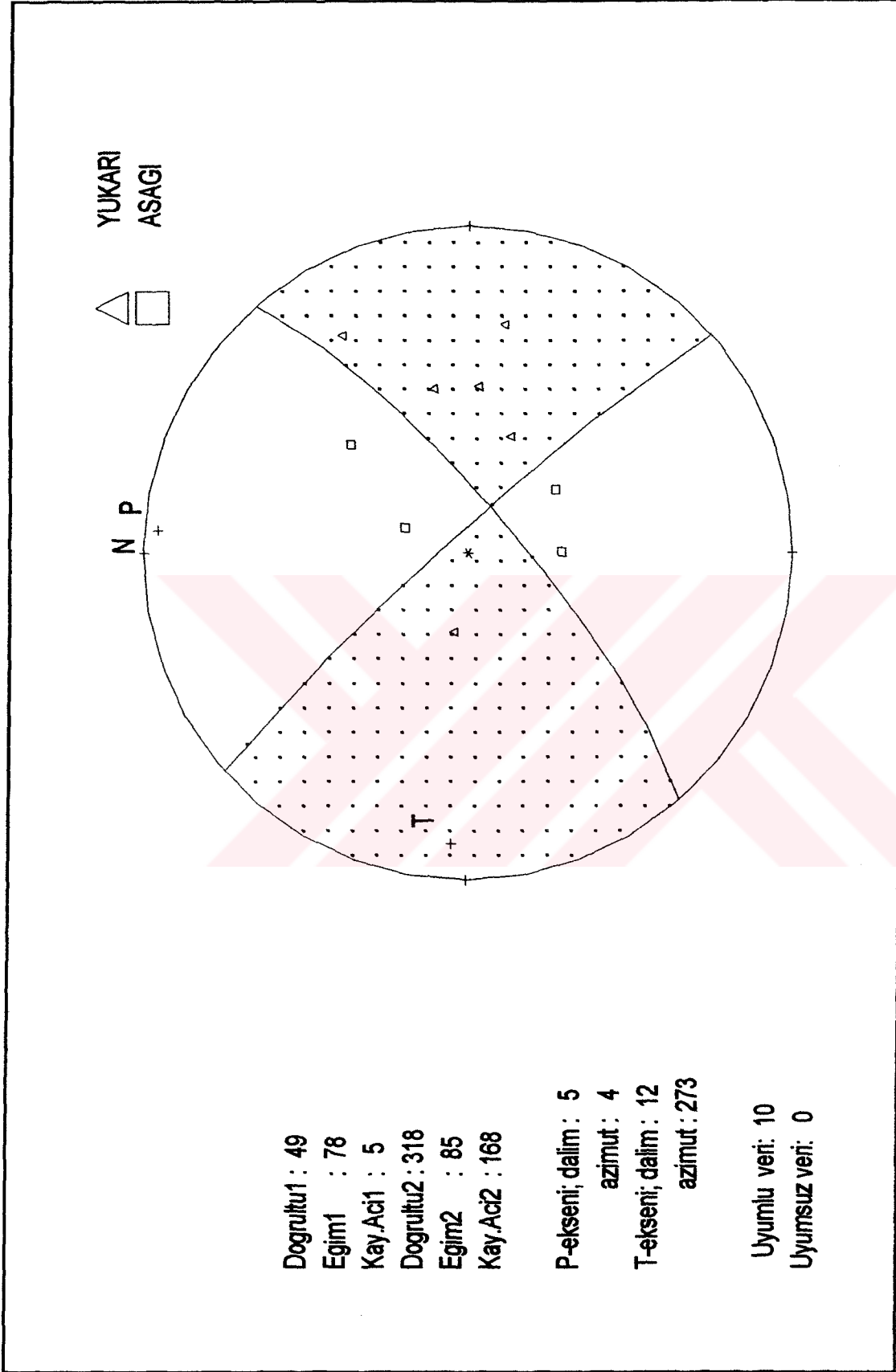
YUKARI  
ASAGI



N P  
+



Şekil 6.7 11.07.1998 tarihli (Olay 3) depremin fay düzlemi çözümü

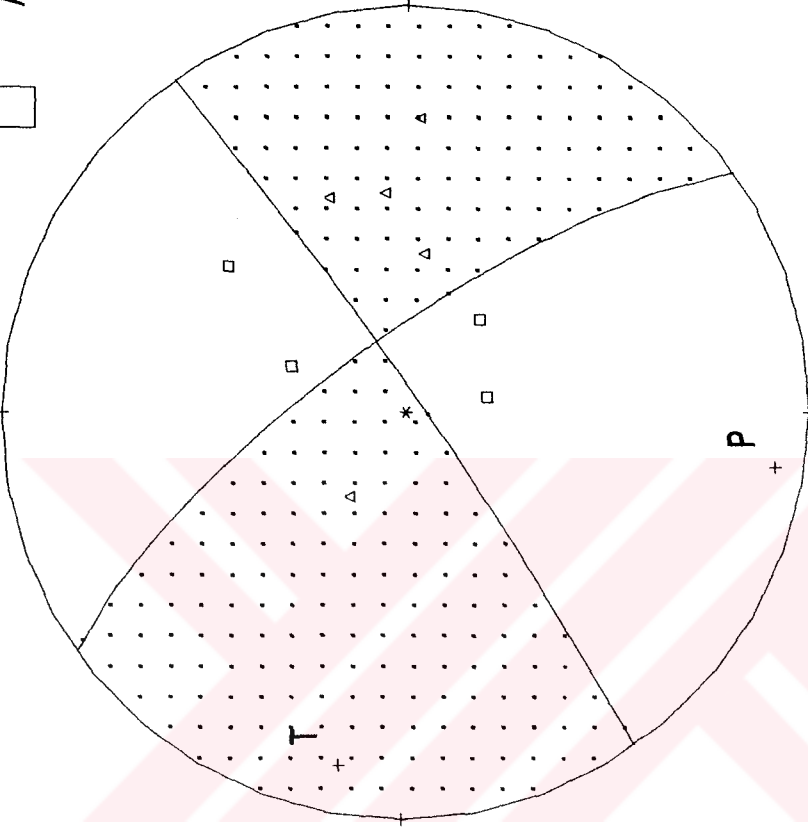


Şekil 6.8 13.07.1998 tarihli (Olay 4) depremin fay düzlemi çözümü

YUKARI  
ASAGI



N

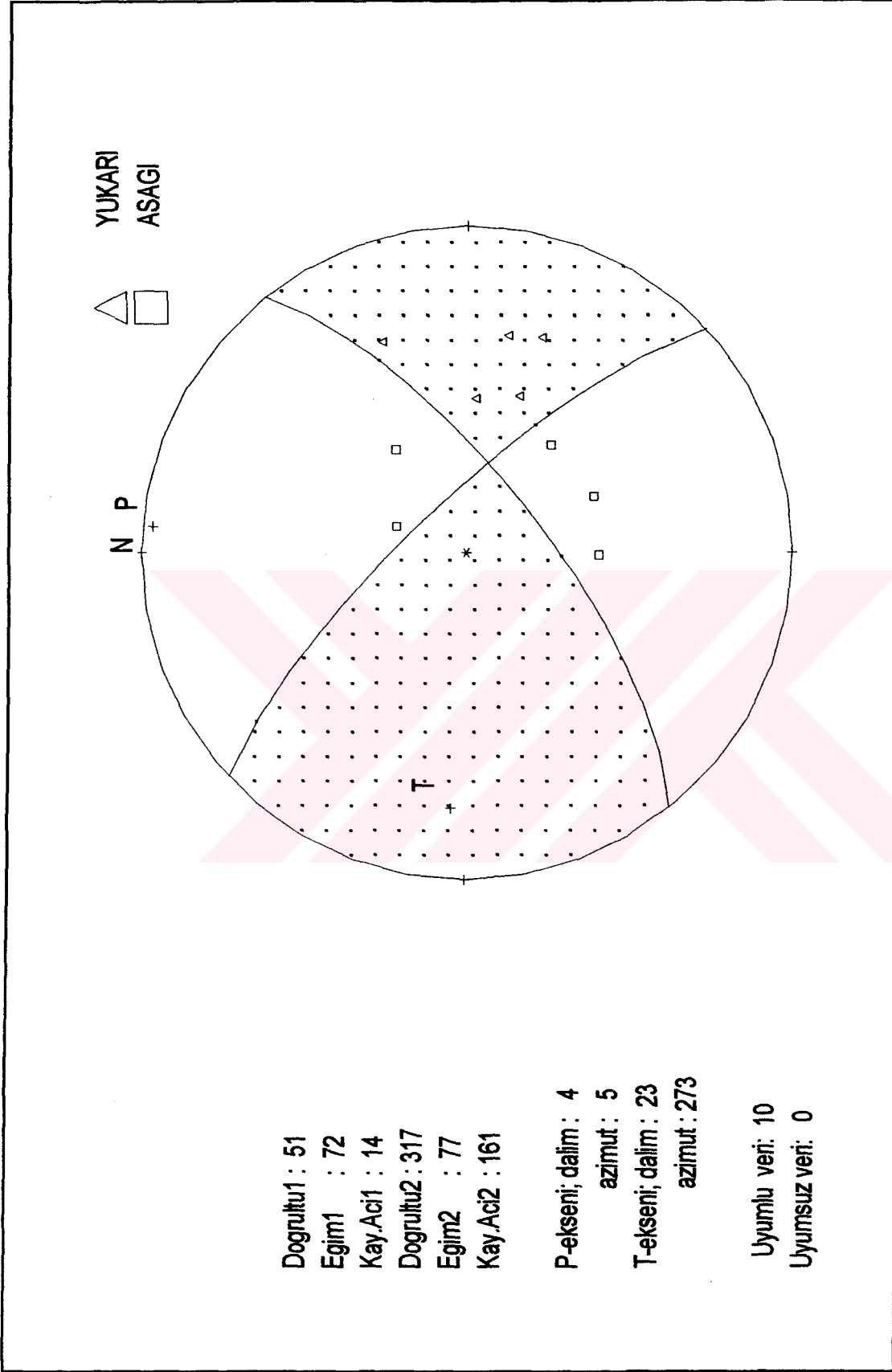


Dogrultu1 : 55  
Egim1 : 87  
Kay.Aci1 : 15  
Dogrultu2 : 324  
Egim2 : 75  
Kay.Aci2 : 177

P-ekseni; dalim : 8  
azimut : -172  
T-ekseni; dalim : 13  
azimut : 280

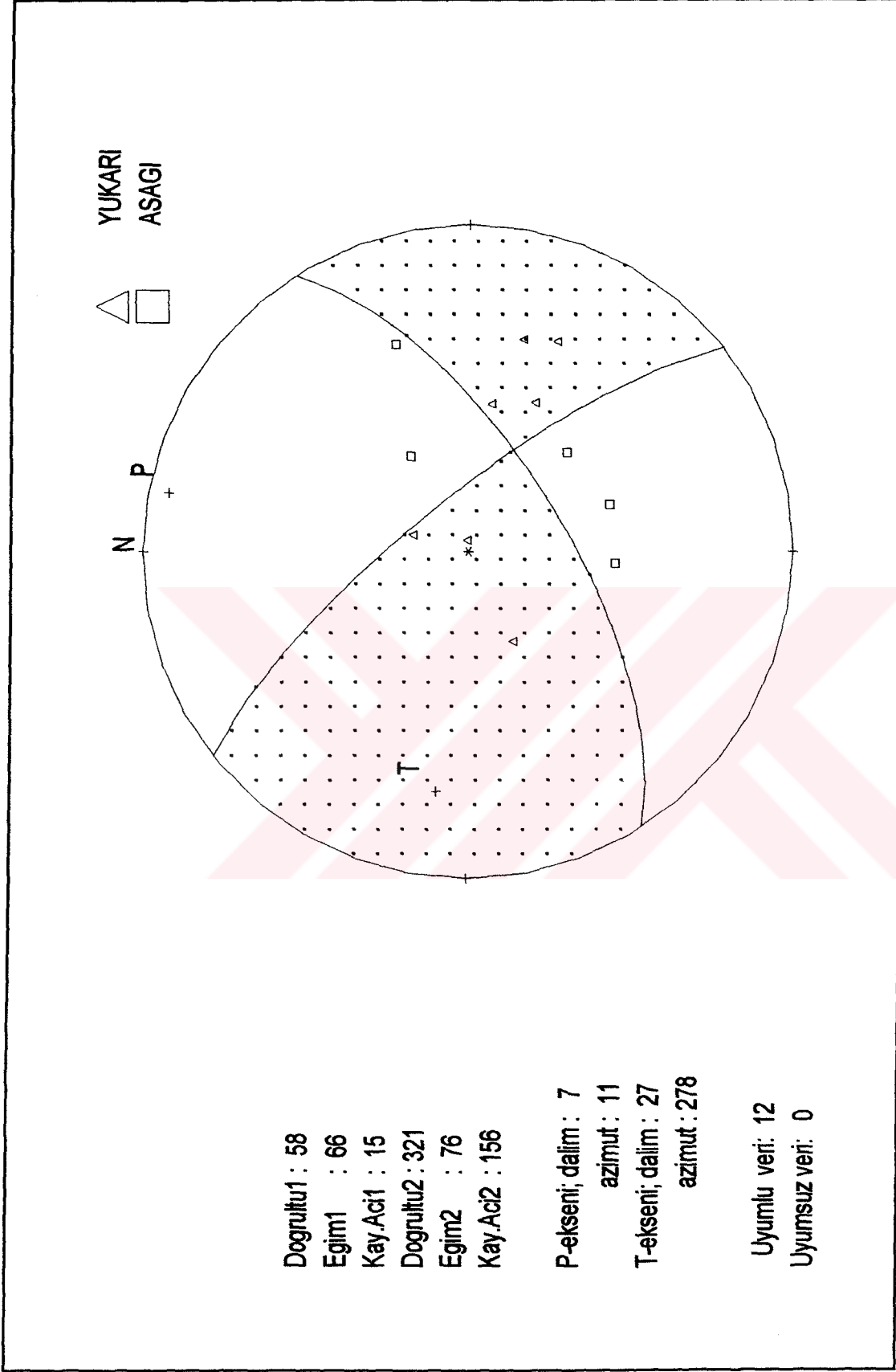
Uyumlu veri: 9  
Uyumsuz veri: 0

Şekil 6.9 13.07.1998 (Olay 5) depremin fay düzlemi çözümü

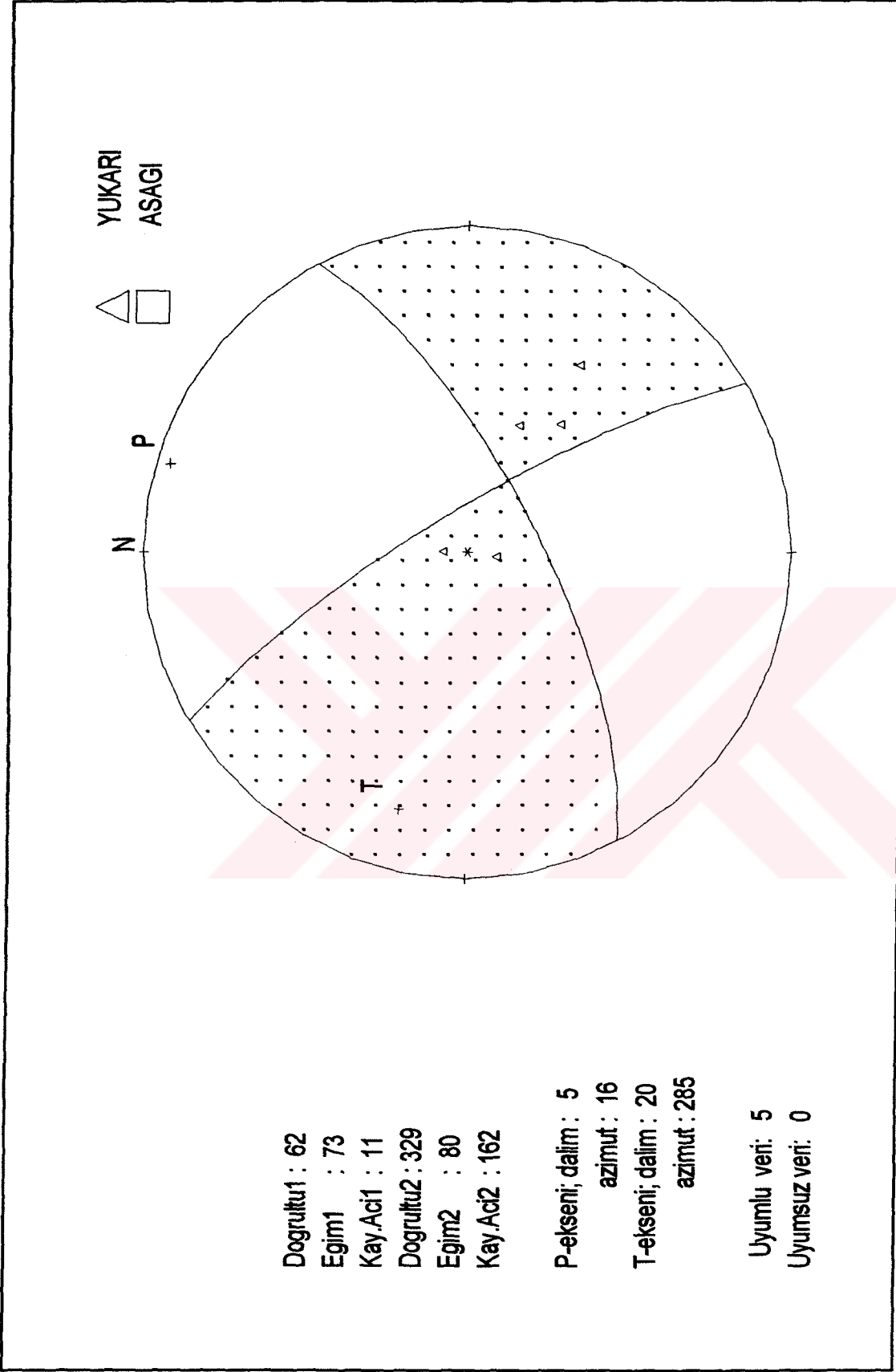


Şekil 6.10 14.07.1998 tarihli (Olay 6 ) depremin fay düzlemi çözümü





Şekil 6.11 15.07.1998 tarihli (Olay 7) depremin fay düzlemi çözümü

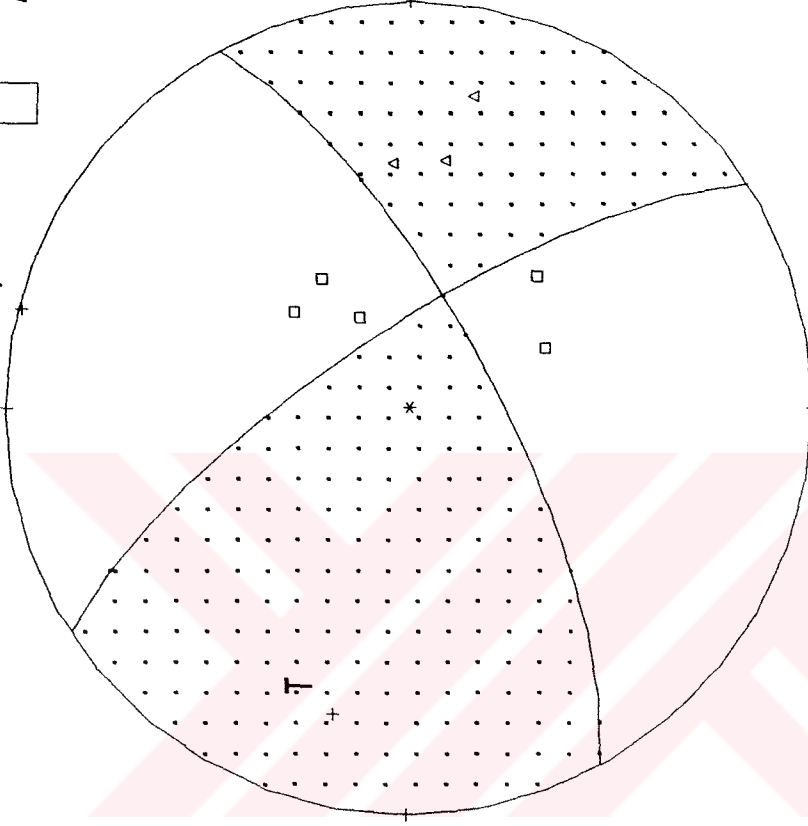


Şekil 6.12 15.07.1998 tarihli (Olay 8) depremin fay düzlemi çözümü

YUKARI  
ASAGI



N P

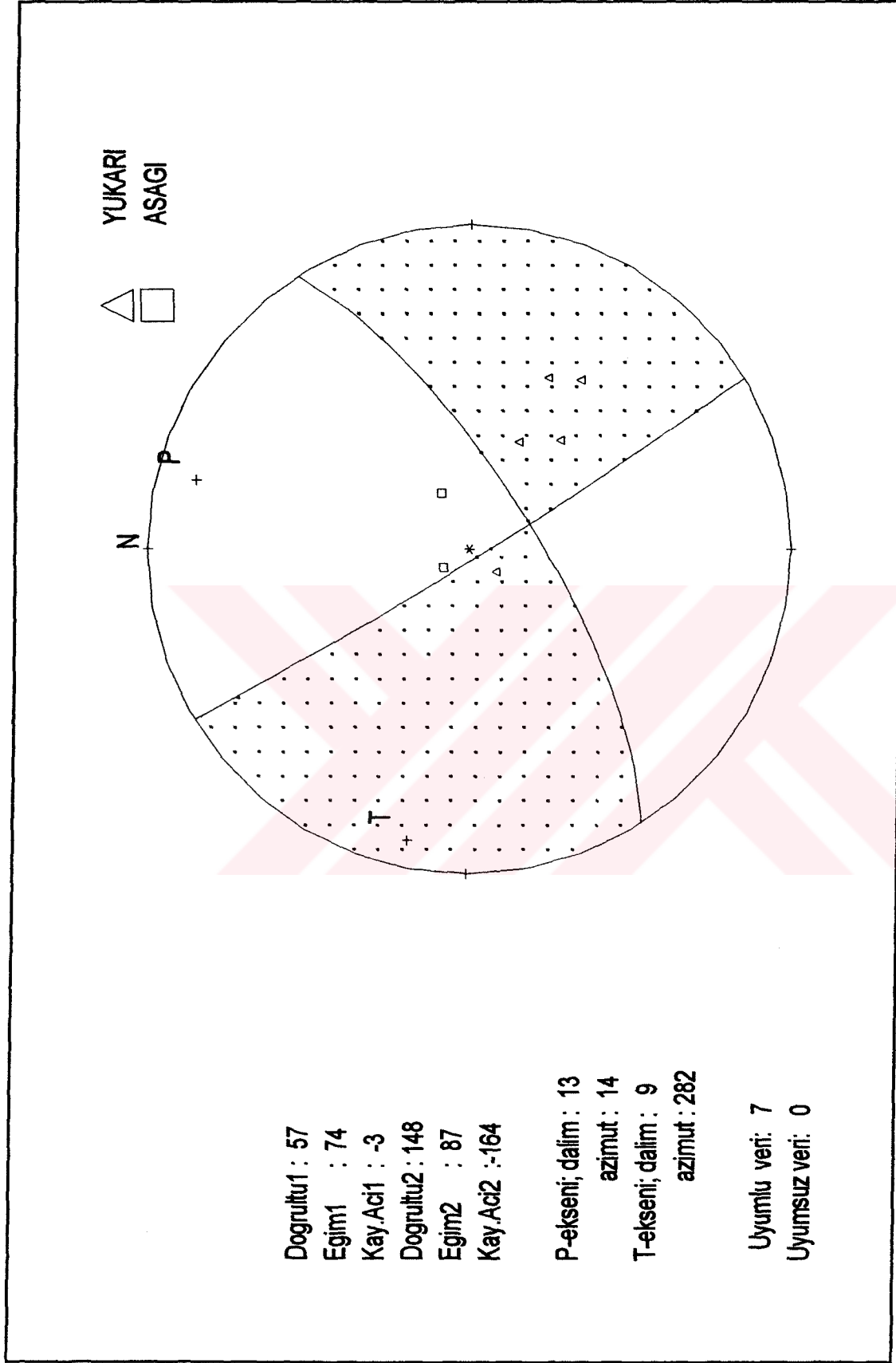


Dogrultu1 : 62  
Egim1 : 73  
Kay.Aci1 : 16  
Dogrultu2 : 327  
Egim2 : 74  
Kay.Aci2 : 162

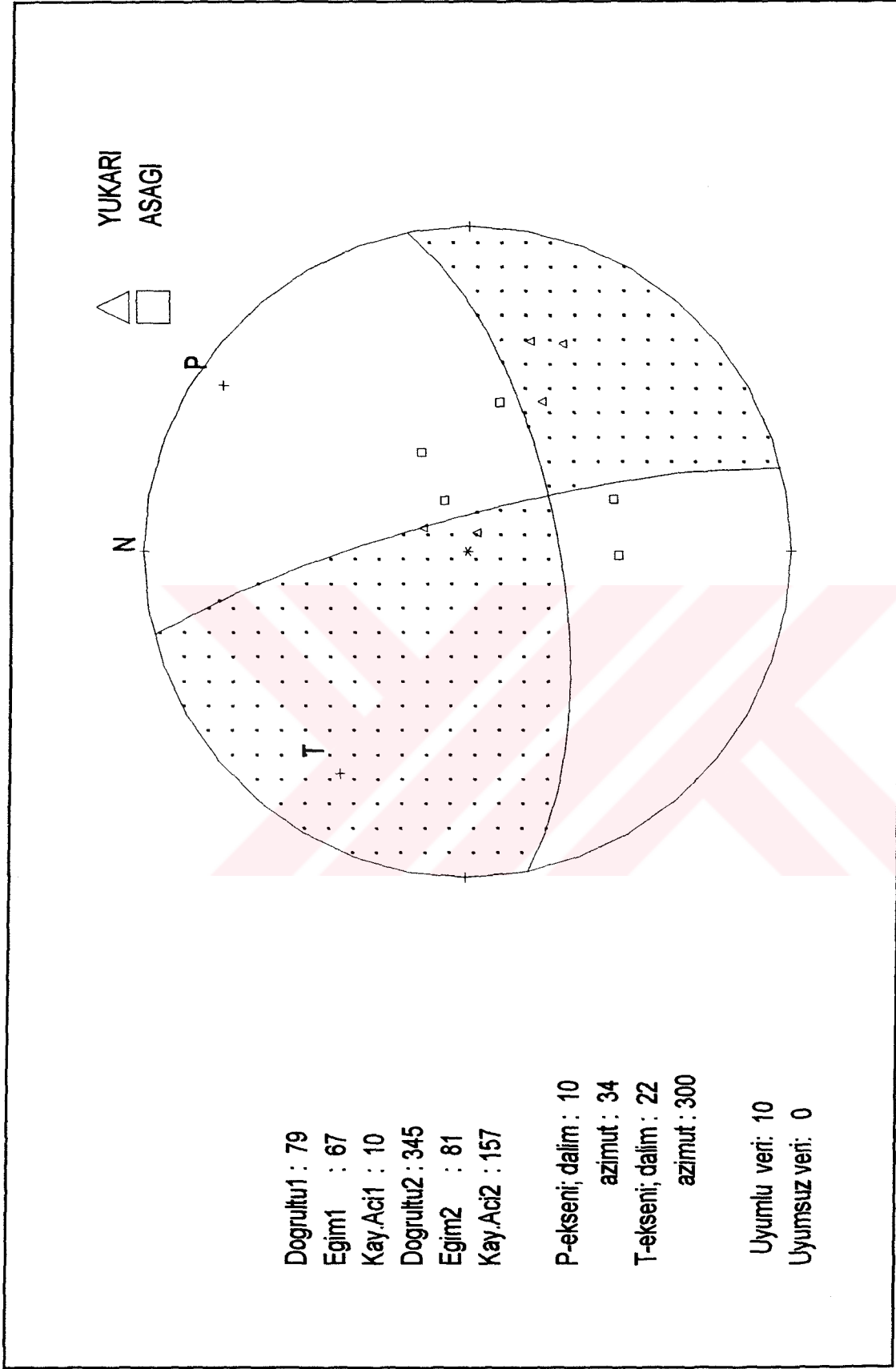
P-ekseni; dalim : 1  
azimut : 14  
T-ekseni; dalim : 23  
azimut : 284

Uyumlu veri: 8  
Uyumsuz veri: 0

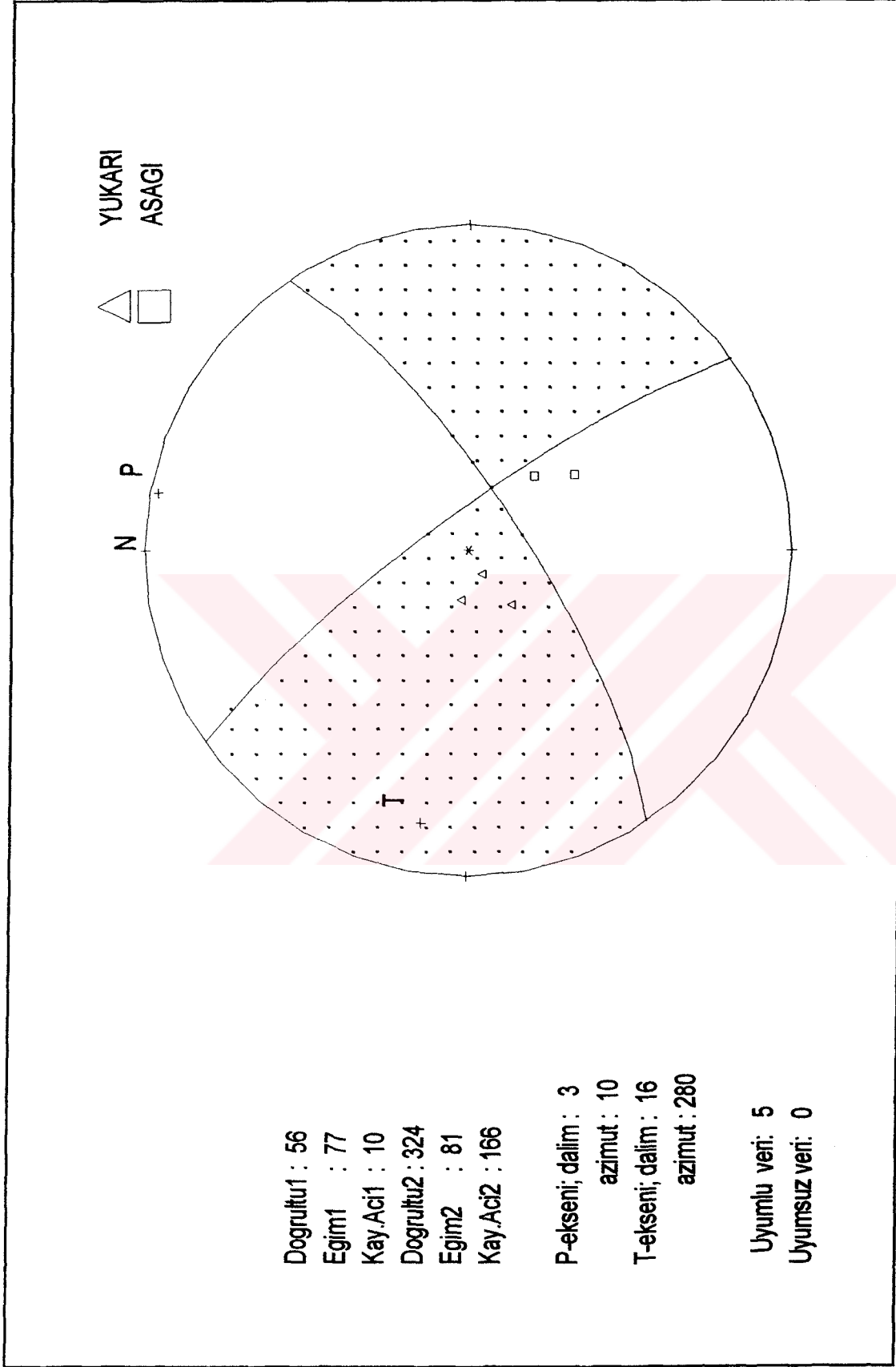
Şekil 6.13 17.07.1998 tarihli (Olay 9) depremin fay düzlemi çözümü



Şekil 6.14 18.07.1998 tarihli (Olay 10) depremin fay düzlemi çözümü



Şekil 6.15 18.07.1998 tarihli (Olay 11) depremin fay düzlemi çözümü



Şekil 6.16 22.07.1998 tarihli (Olay 12) depremin fay düzlemi çözümü

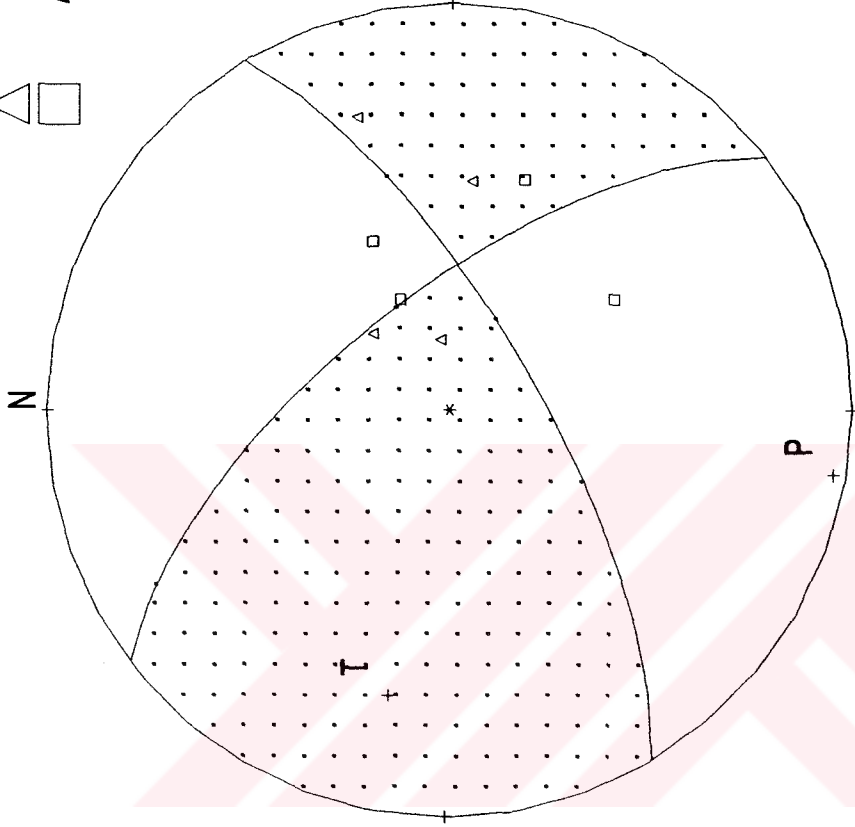
Dogrultu1 : 59  
Egim1 : 73  
Kay.Aci1 : 24  
Dogrultu2 : 322  
Egim2 : 67  
Kay.Aci2 : 161

P-ekseni; dalim : 4  
azimut :-170

T-ekseni; dalim : 29  
azimut : 282

Uyumlu veri: 7  
Uyumsuz veri: 1

YUKARI  
ASAGI



Şekil 6.17 23.07.1998 tarihli (Olay 13) depremin fay düzlemi çözümü



Dogrultu1 : 48  
Egim1 : 79  
Kay.Aci1 : 6  
Dogrultu2 : 317  
Egim2 : 84  
Kay.Aci2 : 169

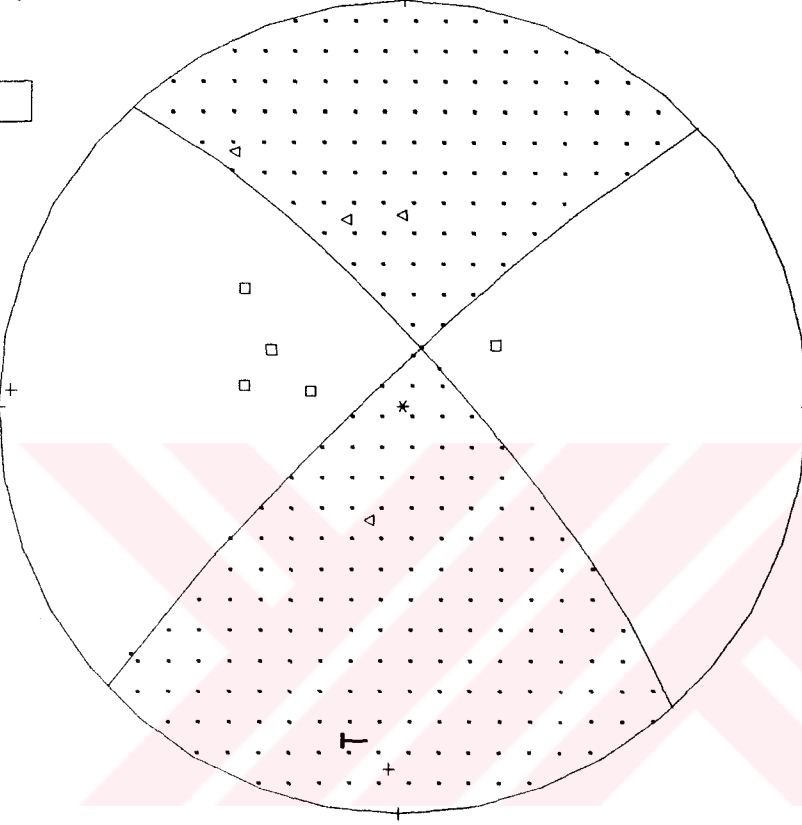
P-ekseni; dalim : 3  
azimut : 2  
T-ekseni; dalim : 12  
azimut : 272

Uyumlu veri: 9  
Uyumsuz veri: 0

YUKARI  
ASAGI

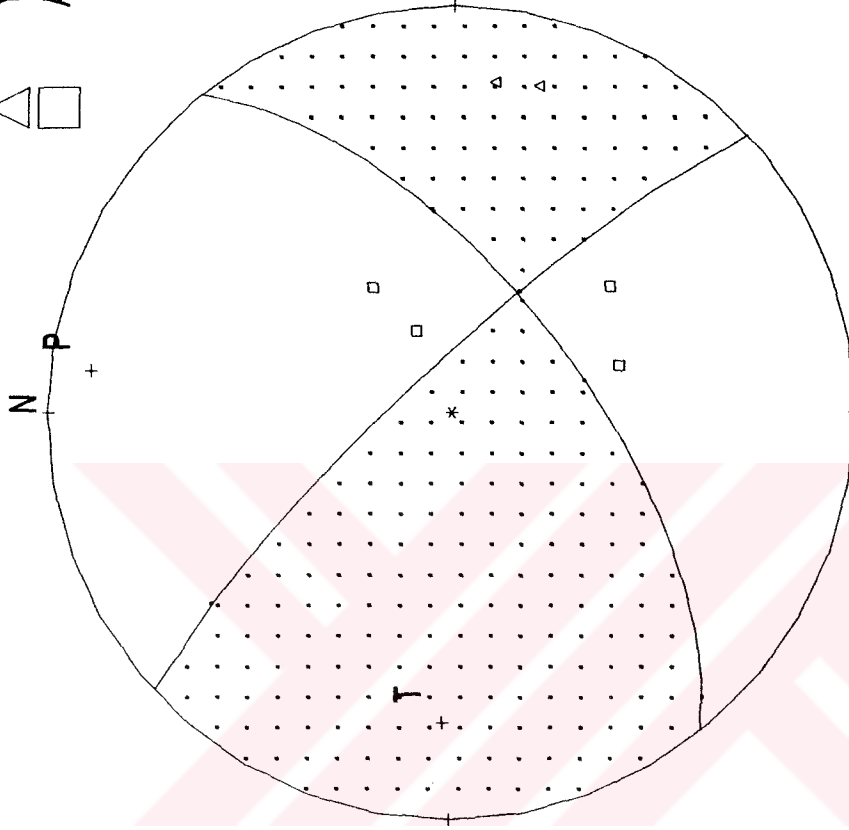


N P  
+



Şekil 6.18 27.07.1998 tarihli (Olay 14) depremin fay düzlemi çözümü

YUKARI  
ASAGI



Dogrultu1 : 51  
Egim1 : 65  
Kay.Aci1 : 10  
Dogrultu2 : 317  
Egim2 : 81  
Kay.Aci2 : 154

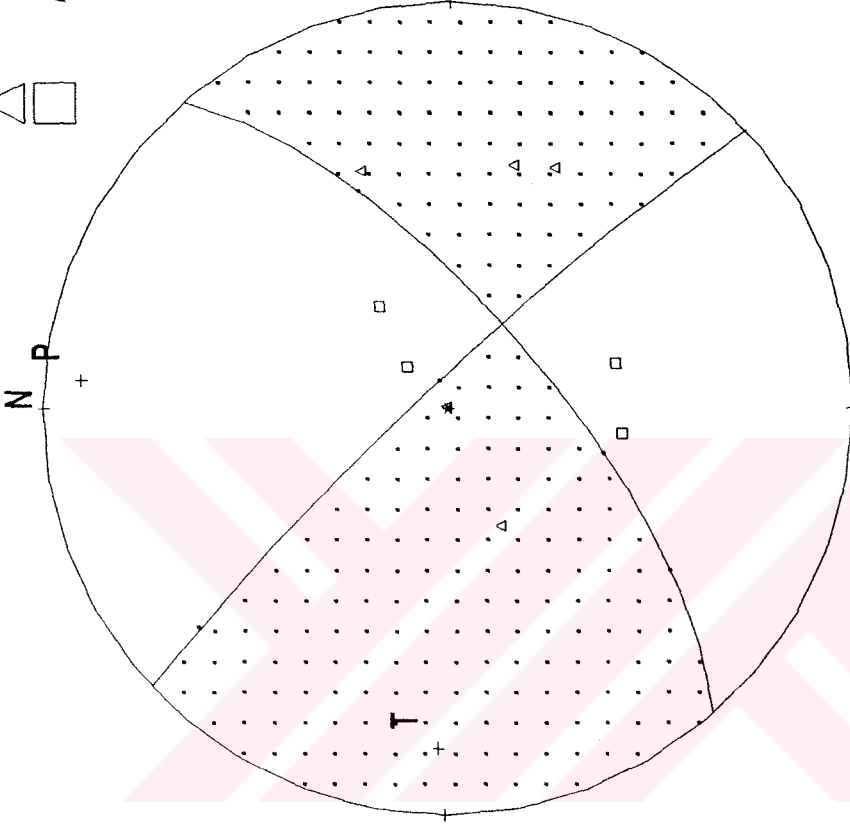
P-ekseni; dalim : 11  
azimut : 7

T-ekseni; dalim : 25  
azimut : 271

Uyumlu veri: 6  
Uyumsuz veri: 0

Şekil 6.19 31.07.1998 tarihli (Olay 15) depremin fay düzlemi çözümü

YUKARI  
ASAGI

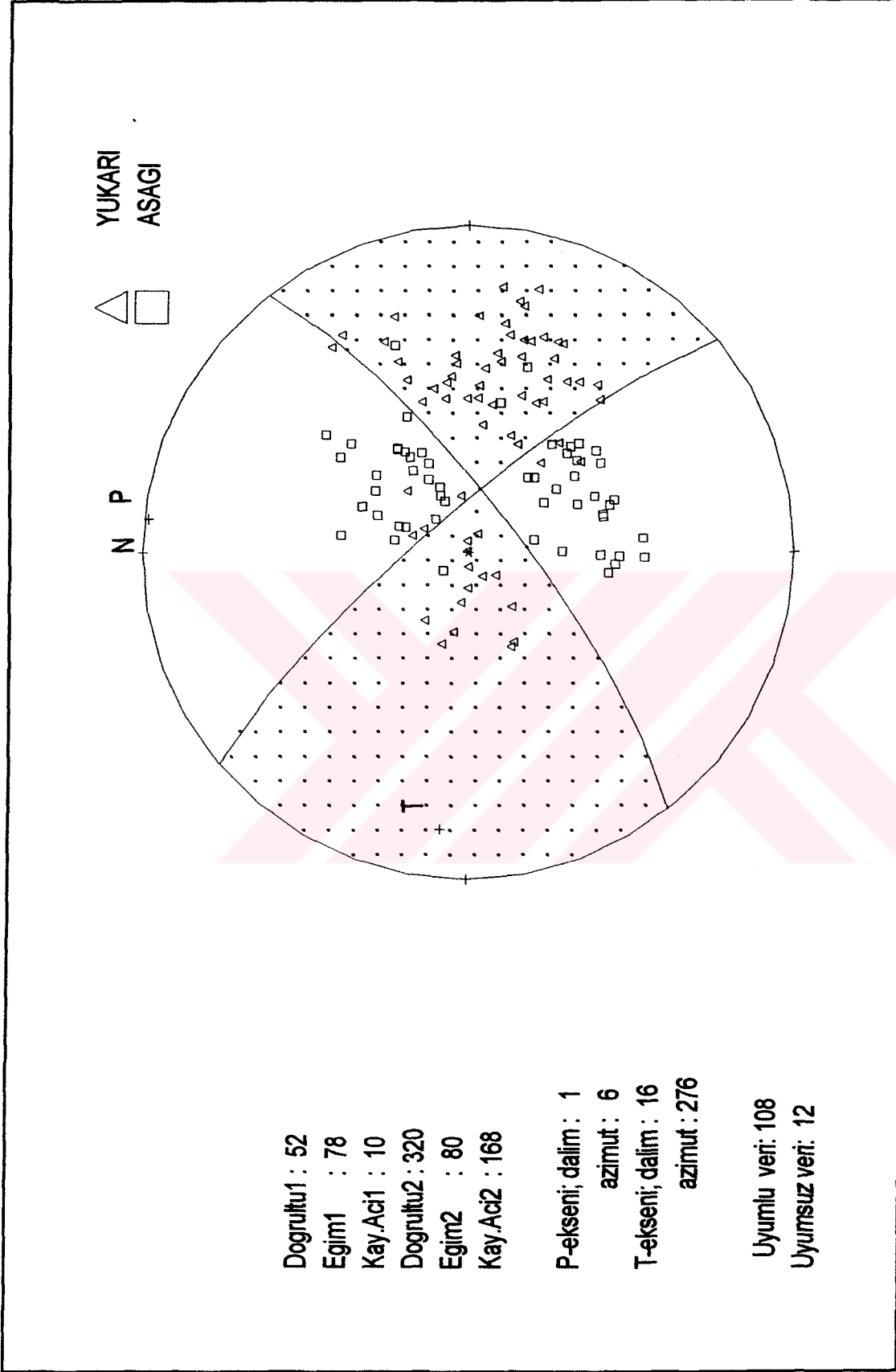


Dogrultu1 : 49  
Egim1 : 71  
Kay.Aci1 : 5  
Dogrultu2 : 317  
Egim2 : 85  
Kay.Aci2 : 161

P-ekseni; dalim : 10  
azimut : 4  
T-ekseni; dalim : 17  
azimut : 271

Uyumlu veri: 9  
Uyumsuz veri: 0

Şekil 6.20 03.08.1998 tarihli (Olay 16) depremin fay düzlemi çözümü



Şekil 6.21 Toplam 16 olayın (depremin) birleşik fay düzlemi çözümü

artık

## **BÖLÜM 7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

### **27/06/1998 Adana-Ceyhan Depremine Ait Genel Bilgiler**

İnceleme alanına ait tarihsel ve aletsel dönemde hasar yapıcı depremlere bakacak olursak (Tablo 1.1, Şekil 1.2); bu depremlerin fay zonlarına yakın bölgelerde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Özellikle depreme neden olduğu düşünülen Göksu Fayı üzerinde tarihsel döneme ait iki, aletsel döneme ait bir deprem belirlenmiştir. Buralardaki büyük depremler fayın aktif olduğuna işaret etmektedir.

Adana ve civarında 27 Haziran 1998 tarihinde magnitüd değeri 5.9 olan sığ odaklı bir deprem meydana gelmiştir. Deprem hakkındaki sismolojik parametreler dört kuruluşun (HARWARD, USGS, EMSC ve ERD) verileri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir (Şekil 6.3). Deprem Araştırma Dairesinin, 27.06.1998 Adana-Ceyhan depremi ön raporundaki bilgilere göre, verilerin değerlendirilmesi sonucunda K-G yönünde 223.27 mgal, D-B yönünde 273.55 mgal ve düşey yönde 86.47 mgal olarak maksimum yer ivmeleri kaydedilmiştir.

Yine ERD tarafından depremden hemen sonra bölgede kurulan sismik ağlardan elde edilen artçı sarsıntıların ana şoktan itibaren ilk bir aydaki episantr dağılımına bakıldığında (Şekil 6.1) bunların depreme neden olan fay boyunca yaklaşık KD-GB doğrultusunda sıralandığı gözlenmiştir. İlk aydaki artçı şokların haftalık hareketleri incelendiğinde; ilk hafta ana şok etrafında bir yoğunlaşma, bundan sonraki üç hafta boyunca Göksu Fayı üzerinde ana şoktan itibaren Kuzeydoğu dorultusunda (fayın yırtılma karakteri) bir ilerleme belirlenmiştir.

Tüm bu sismolojik veriler ve arazi gözlemleri bir arada değerlendirildiğinde depreme neden olan fayın ERD tarafından verilen çözüme uygun olmadığı görülmektedir. Yakapınar (Misis) fayları genel olarak K40-45D doğrultulu ve 75-80KB 'ya eğimlidir. Bu faylar, Yakapınar'ın birkaç km güney güneydoğusunda yüzeyde gözlenebilmektedir. Yakapınar-Ceyhan (Adana) depremine yol açan fay ise gömülü

olup, yukarıda sözü edilen faylara paralel uzanır. Başka bir deyişle onlarla aynı yönde eğimli olmalıdır (Prof. Dr. Ali Koçyiğit ile sözlü görüşme 1998). Jeoloji Yüksek Mühendisi tarafından yapılan ERD'nin fay düzlemi çözümünü Prof. Dr. Ali Koçyiğit desteklediğini belirtmiştir. Ceyhan'ın kuzey tarafında K70D, 80GD yönlü fay düzlemi ölçülmüştür. Fay düzlemi üzerindeki kayma çizikleri ters bileşenli sol yönlü doğrultu atımlı fayı vermektedir (Demirtaş 1998). Dolayısıyla arazi verileri bizim fay düzlemi çözümümüz ile iyi bir uyumluluk göstermektedir.

### **Tartışma ve Sonuçlar**

27.06.1998 tarihinde Adana ve civarında meydana gelen depremin incelenmesini amaçlayan bu araştırma sonucunda bölgenin jeolojik ve tektonik özellikleri gözden geçirilerek deprem hakkında bilgi sahibi olunmuş ve yer bilimcileri uzun süre meşgul edecek konular tartışmaya açılmıştır.

Öncelikle depremin genel karakteristikleri üzerine tartışma ortamı yaratmak gerekir. Farklı kuruluşların (HARWARD, USGS, EMSC ve ERD) (Şekil 6.3) vermiş oldukları ana şoka ait odak çözümleri değerlendirildiğinde arazi gözlemleri ve artçı sarsıntıların birinci aydaki dağılımları ERD tarafından verilen çözümün uyumlu olmadığını göstermektedir.

Yer bilimcilerin diğer bir yanılgısında depreme neden olan fayın Misis Fayı olarak belirtilmesidir. Halbuki Misis Fayı kimi araştırmacılarca da Karataş-Yumurtalık Fay'larıyla birlikte isimlendirilmektedir. Arazi gözlemleri Misis Fayı'nın Cebelinur dağları boyunca geliştiğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar sonucu depreme neden olan fayın; inceleme alanının kuzeyinde yeralan Göksu Fayı'nın uzantısı olduğu görülmüştür. Ceyhan Nehri boyunca gözlenen yüzey deformasyonları bu fayın bu bölgedeki uzantısının gömülü olduğunu göstermektedir. Bu sonuç yüzey deformasyonlarının varlığı ve artçı sarsıntıların episantırlarının dağılımları ile de desteklenmektedir. Arazide bazı araştırmacılar tarafından fayın yüzey kırığı olarak

algılanan kırıklar fayın kendisinin değil neden olduğu yüzeysel deformasyonların izleridir.

Tartışmaya açılacak bir diğer konuda anaşokun koordinatları konusunda olmaktadır. HARWARD, USGS, EMSC ve ERD'nin vermiş oldukları episantr koordinatları arasında uyumsuzluk vardır. Gerek hasar dağılımı ve gerekse yüzey deformasyonları incelendiğinde HARWARD, USGS ve EMSC'nin sonuçlarının daha doğru, ERD'nin sonucu bir miktar hata içerdiğini göstermektedir.

Hasar dağılımları incelendiğinde de ilginç sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Hasar dağılımlarının gerek bölgesel, gerekse detay ölçekte Misis Fayı'nın kuzeyinde yoğunlaşmasının nedenleri olarak kötü yapılaşma, artçı şokların bu alanlarda yoğunlaşması ve veri tabanlarının (konut sayısı, nüfus gibi) güncel ve güvenilir olmayışını söyleyebiliriz. Belki bu faktörler anaşokun lokasyonu ERD tarafından hatalı olarak verilmesine neden olmuş olabilir.

27.06.1998 depreminin odak mekanizması çözümü farklı kuruluşlar tarafından ayrı ayrı yapılarak yayınlanmıştır (Şekil 6.3). Şekil 6.3 incelendiğinde HARWARD, USGS, EMSC ve ERD'nin çizimleri birbirleri ile aynı olmakla birlikte bir uyumluluk göstermektedir. Bunlardan ERD'nin çözümü en uyumsuz olanıdır. Bu uyumsuzluğun en büyük nedeni kullanılan veri gruplarının farklılığıdır. Veri farklılığına rağmen, çözümler yaklaşık olarak aynı çıkmaktadır. Önemli bir farklılaşma gözleniyor ise bunun nedeni ciddi olarak araştırılmalıdır.

Bu çalışmada elde edilen birleşik çözümde fay düzleminin doğrultusu K52D, eğimi 78GD ve kayma açısı 10 olarak bulunmuştur. Bu çözüm HARWARD, USGS ve EMSC tarafından ana şok için elde edilen sonuçlarla uyumludur. Artçı depremler ana yırtılmanın devamı olan küçük yırtılmalar olduğundan bunlardan elde edilen sonucun ana şokun sonucu ile uyumlu olması beklenen bir durumdur. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen sonucun büyük bir kesinlikle doğru olduğunu söylemek mümkündür.



Gerek ana şok için elde edilen fay düzlemi çözümlerinin farklı olması, gerekse bu çalışmada incelenen depremlerin bir çoğunda uygun verilerin yetersizliği göz önüne alınırsa, bu tür çalışmalar için alet kalibrasyonlarının mutlaka sürekli olarak kontrol edilmesi, artçı şokları izlemek için kurulan istasyonların yeterli sayıda olması gerektiği bir kez daha karşımıza çıkmaktadır.



## BÖLÜM 8. KAYNAKLAR

1. ACAR, A., 1987. Adana Baseninde Kuvaterner Jeolojisinin Ekonomik Önemi, CU Müh. Mim. Fak. Dergisi,2,1, 49-58 s.
2. AMBRASEYS, N.N., 1989. Temporary Seismic Quiescence: SE Turkey. Geophysical Journal, 96, 311-331.
3. AMBRASEYS, N.N., 1988. Engineering Seismology. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 17, 1-105,
4. ALPTEKİN, Ö., 1978. Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyitüd Frekans Bağlılıları ve Deformasyon Boşalımı, KTÜ, Yer Bilimleri Fakültesi.
5. ARPAT, E., ve F. Şaroğlu 1972. Doğu Anadolu Fayı İle İlgili Bazı Gözlemler ve Düşünceler, M.T.A., Ankara.
6. AYYHAN, A., BİLGİN, A.Z., 1988. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Kozan K21 paftası, MTA Yayınları, 12 s.
7. BİLGİN, A.Z., ELİBOL, E. ve BEĞENMİŞ, S., 1984. Misisler NE Uzanımının Stratigrafisi ve Yapısal Konumu, TJK Bildiri Özetleri, Ankara.
8. BYERLY, P., 1955. Nature of Faulting as Deduced from Seismograms. Crust of the Earth. Geol. Soc. Am. Spec. Paper 62, pp. 75-85.
9. DEMİRTAŞ, R., 1998. 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis Depremi: Sıvılaşma ve Hendek Çalışması. Jeoloji Mühendisliği Dergisi Sayı 53 (Baskıda).

10. DEMİRTAŞ, R. ve YILMAZ, R., 1996. Türkiye'nin Sismotektoniği: Sismisitedeki Uzun Süreli Değişim ve Güncel Sismisiteyi Esas Alarak Deprem Tahminine Bir Yaklaşım. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Dairesi Yayınları, 91s., Ankara.
11. ERGİN, K., GÜÇLÜ, U., ve Uz, Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Katoloğu, İTÜ., Maden Fakültesi Yayını, 24, 170 s.
12. ERGİN, K., GÜÇLÜ, U., ve AKSOY, G., 1971. Türkiye ve Dolaylarının Deprem Katoloğu, İTÜ., Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yayını.
13. GENCOĞLU, S., İNAN, E. ve GÜLER, H., 1990. Türkiye'nin Deprem Tehlikesi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, 700 s.
14. HONDA, H., 1957. The Mechanism of the Eartquakes. Sci. Repts. Tohoku Univ. Ser. 5: Geophys. Suppl. 9, pp. 1-46.
15. HONDA, H., 1962. Earthquake Mechanism and Seismic Waves. J. Phys. Of the Earth, 10: 1-97.
16. İLHAN, E., 1976. Türkiye Jeolojisi, ODTÜ Yayını, Ankara.
17. İNAN, E., GÜLER, H., BAYÜLKE, N., ÇORUH, E. ve KÖSE, S., 1993. 13 Mart 1992 Depreminde Erzincan'da Zemin ve Hasar İlişkisi, 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Raporu, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 248-267 s.
18. KALAFAT, D., 1998. Anadolu'nun Tektonik Yapılarının Deprem Mekanizmaları Açısından İrdelenmesi, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı, 77, 55-56 s.

19. KAWASUMI, H., 1937. A Historical Sketch of the Development of Knowledge Concerning the Initial Motion of an Earthquake. Bureau Central Seismologique Intern. Publ. Ser, A, Fasc. 15, 2<sup>nd</sup> Part, pp. 258-330.
20. KENAR, Ö., İ., Osmañahin and M.F., Özer, (1996) Seismicity and Tectonics of Eastern Anatolia, Bulletin of IISEE, Vol. 30, pp. 59-76
21. KETİN, İ., 1968. Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu İle Başlıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkileri, M.T.A. dergisi, 71.
22. KOZLU, H., 1987. Misis –Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi, Türkiye 7. Petrol Kongresi, 104-117 s.
23. MCKENZIE, D.P., 1970. Plate Tectonics of the Mediterranean Region, Nature, 226, 239-243.
24. MCKENZIE, D.P., 1972. Active Tectonics of the Maditerrannian Region Geophys J.R. Astr. Soc. 30, pp. 109-185.
25. NOWROOZI, A.A., 1972. Seismotectonics of the Persian Plateau, Eastern Turkey, Caucasus and Hindikush Region, Bull. Seism. Soc. Amer. , 61, 317-341.
26. NOWROOZI, A.A., 1971. Focal Mechanism of Earthquakes in Persia Turkey, West Pakistan and Afghanistan and Plate Tectonics of the Middle East, Bull. Seism. Soc. Am. 62, 823-850.
27. NURLU, M., Adana-Ceyhan Depremi Sonrası Çalışma Raporu, 1998 DAD
28. OSMANŞAHİN, İ., ve diğ., 1986. Doğu Anadolu ve Kafkasya Bölgesinin Depremselliği ve Aktif Tektoniği, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı, 52. Sayfa, 7-8-9.

29. ÖZER, M.F., 1996. Sismotektonik Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Bölümü.
30. PURCARU, G., 1975. A New Quantitative Measure of Seismicity and Some Related Problems, Veröff. Zentralinst. Physik d. Erde Nr. 31, Teil 1, 185-204
31. RICHTER, C.F., 1958. Elementary Seismology, W.H. Freeman and Co., San Francisco, 768 p.
32. SCHMIDT, G.C., 1961. Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region Petroleum District, VII Petroleum Administration pub, Bull. 6, 47-63 p.
33. SUETSUGU, D., 1996. Source Mechanism Practice, IISSE Lecture Note.
34. STAUDER, W.J., 1962. The Focal Mechanism of Earthquakes. Adv. In Geophysics. 9, pp. 1-76.
35. SYKES, L., 1967. Mechanism of Earthquakes and Nature of Faulting on the Mid-Oceanic Ridges. J. Geophys. Res., Vol. 72, pp. 2131-2153.
36. ŞENGÖR, A.M.C., 1979. The North Anatolian Transform Fault: Its age, offset and Tectonic Significance, J. Geol. Soc. London, 136, 269-282.
37. YETİŞ, C., 1987. Adana Baseni Burdigaliyen-Tortoniyen İstifinin Sedimantolojik Gelişimi, Türkiye 7. petrol kongresi, 232-233 s.
38. YETİŞ, C., 1988. Reorganization of the Tertiary Stratigraphy in the Adana Basin, Newsl. Stratig., 20(1), 43-58 p.

## ÖZGEÇMİŞ

1964 yılında Giresun Bulancak'ta doğdu. İlkokulu, ortaokulu ve liseyi Sakarya Akyazı'da tamamladı. 1984 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 1988 yılında Jeofizik Mühendisi olarak mezun oldu. Ekim 1992 ile Nisan 1994 yılları arasında Taşkesti Belediye'sinde Mühendis olarak çalıştı.

Nisan 1994 yılından beri Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Laboratuvarlar Şube Müdürlüğü'nde Jeofizik Mühendisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM BAKANLIĞI**  
MÜHÜR