



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

75



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

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



Nisan [April] / 1997
Cilt [Volume]: 24

Sayı [Issue]: 75

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya Depreminin Artçı Sarsıntıları [The Aftershocks of the Çorum-Amasya Earthquake of August 14, 1996]
Yıldız İRAVUL, Aysel YATMAN, Günruh BAĞCI, Belgin BARAN 5-16

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Global Depremlerle Açığa Çıkan Sismik Enerjinin Zaman ve Uzay Dağılımı [Time and Space Distribution of Seismic Energy Released by Global Earthquakes]
Ahmet YILMAZTÜRK, Yusuf BAYRAK 17-53

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Basit ve Kompleks Olayların İstatistiksel Dağılımı: Global Depremlerin Genel Karakteristiği [Statistical Distribution of Simple and Complex Events: Characteristics of Global Earthquakes]
Ahmet YILMAZTÜRK, Yusuf BAYRAK 54-85

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Sağlık Açısından Türkiye’de Depremler [Earthquakes in Turkey in Terms of Health]
Necati DEDEOĞLU 86-99

DERLEME [REVIEW]

1-74 Sayılarında Çıkan Makale İsimleri [Papers Published in Earthquake Research Bulletin in Between 1-74 Issues]
Dergi Editörü 100-114



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

75



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

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

75

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi
Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Adına
Oktay Ergünay
Afet İşleri Genel Müdürü



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



Posta Kutusu 763
Kızılay - ANKARA



Telefon : 287 36 45 - 287 36 46

ÖZYURT MATBAACILIK
Tel: 230 76 31
ANKARA

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

YIL 24

SAYI 75

1997

BU SAYIDA

14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya Depreminin

Artçı Sarsıntıları Y. İRAVUL
A. YATMAN
G. BAĞCI
B. BARAN

Global Depremlerle Açıĝa Çıkan Sismik Enerjinin

Zaman ve Uzay Dağılımı A. YILMAZTÜRK
Y. BAYRAK

Basit ve Kompleks Olayların İstatistiksel

Dağılımı : Global Depremlerin Genel Karakteriștiĝi A. YILMAZTÜRK
Y. BAYRAK

Saĝlık Açısından Türkiye'de Depremler Prof. Dr. N. DEDEOĝLU

Deprem Araştırma Bülteninde Yayımlanan

Makaleler DEPREM ARAŞTIRMA
DAİRESİ

14 AĞUSTOS 1996 ÇORUM-AMASYA DEPREMİNİN ARTÇI SARSINTILARI

THE AFTER SHOCKS OF THE ÇORUM-AMASYA EARTHQUAKE OF AUGUST 14, 1996

Yıldız İRAVUL-Aysel YATMAN -Günruh BAĞCI - Belgin BARAN

**Afet İşleri Genel Müdürlüğü
Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı
Sismoloji Şube Müdürlüğü**

ÖZET

14 Ağustos 1996 günü yerel saat ile 04:55 ve 05:59 da magnitüdü 5.4 ve 5.2 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Depremde can kaybı olmamış, 6 kişi hafif yaralanmıştır. İlk belirlemelere göre Çorum ilinde 257 bina ağır hasar, 314 bina orta hasar ve 1027 bina az hasar görmüştür. Amasya ilinde 450 bina ağır hasar, 475 bina orta hasar ve 1053 bina az hasar görmüştür. Depremi öncü şok aktivitesi gözlenmemesine rağmen iki aydan fazla süren artçı sarsıntıları gözlenmiştir. Magnitüdü $M < 3.0$ olan 760, magnitüdü $M \geq 3.0$ 110 artçı sarsıntı kaydedilmiştir.

ABSTRACT

Two earthquakes occurred in Çorum - Amasya region on August 14, 1996 at 04:55 and 05:59 (local time) with magnitudes 5.4 and 5.2 respectively. There was no loss of life and 6 people were injured. According to the preliminary determinations, in Çorum province, 257 buildings collapsed or were heavily damaged, 314 buildings were moderately damaged and 1027 buildings were slightly damaged. In Amasya province, 450 buildings collapsed or were heavily damaged, 475 buildings were moderately damaged and 1053 buildings were slightly damaged. Although, there was no foreshock activity before the earthquake, an aftershock activity was observed in a period of more than two months. 760 aftershocks with magnitudes less than 3.0 and 110 aftershocks with magnitudes 3.0 and greater than 3.0 were recorded.

GİRİŞ

Ülkemizde deprem etkinliği günümüz tektonik rejimini belirleyen birtakım levhaların hareketleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu levhaların birbirlerine göre hareketleri sonucunda Ege, Akdeniz ve Kafkaslarda olduğu gibi Anadolu yarımadasında da birtakım büyük fay sistemleri oluşmuştur. Çorum-Amasya depremi de Merzifon Fayı civarında meydana gelmiş olup; bu çalışmada da Çorum-Amasya depreminin artçı sarsıntıları incelenmiştir.

14 Ağustos 1996 günü yerel saat ile 04:55 ve 05:59'da, magnitüdü 5.4 ve 5.2 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Bu depremler öncesi yörede herhangi bir sismik etkinlik gözlenmemiştir. Çorum-Amasya illerinde büyük ölçüde hissedilen bu iki depremin parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

OLUŞ ZAMANI (T.S.)	KOORDİNATLARI Enlem-Boylam	DERİNLİK (Km)	MAGNİTÜD (M)
04:55:04.77	40.73K-35.28D	12	5.4
05:59:44.07	40.70K-35.22D	6	5.2

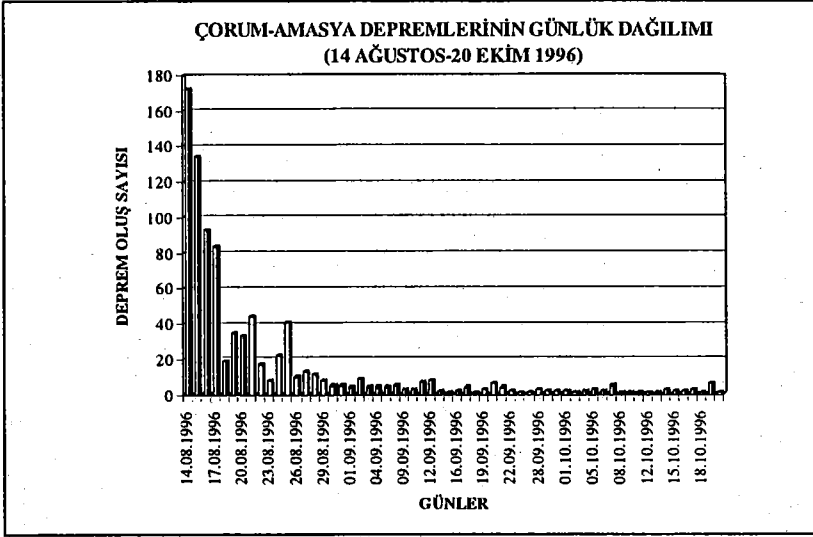
ARTÇI SARSINTILARIN GÜNLERE GÖRE DAĞILIMLARI, MAGNİTÜD-OLUŞUM SAYISI İLİŞKİSİ VE ENERJİ BOŞALIMI

Ana şok ve 900 'e yakın artçı sarsıntuları Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şubesinde işletilen TURKNET (Türkiye Ulusal Telemetrik Deprem Kayıt Ağı) kapsamındaki istasyonlarda kaydedilmiştir. İstasyonların özellikleri tablo-1 de verilmiştir.

Tablo-1 TÜRKNET kapsamında bulunan deprem kayıt istasyonlarının listesi

	İSTASYON ADI	İSTASYON KODU	ENLEM (K)	BOYLAM (D)	YÜKSEKLİK (M)
1	Nallıhan	NAL	40°12'34"K	31°18'33"D	1390
2	Çorum	CTK	40°37'23"K	34°47'23"D	1650
3	Sivriğöyütk	SGKT	40°34'24"K	32°03'22"D	1890
4	Turhal	TRHT	40°20'59"K	36°10'40"D	1190
5	Sivas	SVST	39°46'20"K	36°57'10"D	1640
6	Eldivan	ELDT	40°29'24"K	33°25'37"D	1596
7	Boyabat	BOYT	41°25'14"K	34°54'13"D	660
8	Daday	BALT	41°32'03"K	33°23'09"D	1746
9	Perşembe	PERT	41°04'45"K	37°44'09"D	480
10	Erciyes	ERCT	38°36'11"K	35°30'51"D	1915
11	Hendek	HENT	40°49'23"K	30°53'57"D	583
12	Malatya	MLTT	38°21'15"K	38°21'42"D	1170
13	Gaziantep	GZTT	37°08'08"K	37°08'15"D	1496
14	İskenderun	COBT	36°31'11"K	36°15'20"D	1710
15	Belbaşı	BBTK	39°50'32"K	32°45'37"D	1200
16	Yamanlar	YAMN	38°33'11"K	27°09'27"D	997
17	Uludağ	ULDT	40°08'32"K	29°08'10"D	1734
18	Tekketepe	TKTP	38°02'24"K	30°19'12"D	1788
19	Tekirdağ	TDAG	40°59'25"K	27°32'04"D	148
20	Erzurum	ERZM	39°54'22"K	41°21'45"D	2380

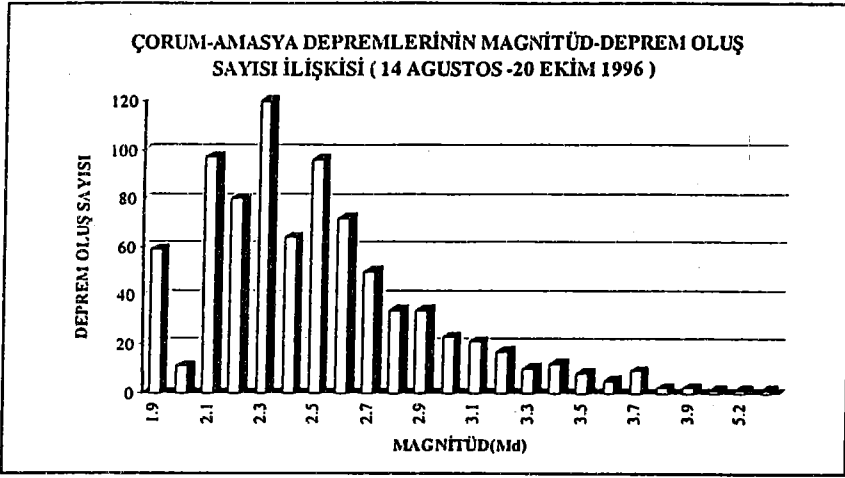
14 Ağustos 1996 tarihinden 20 Ekim 1996 tarihine kadar magnitüdü $M=1.5$ ile $M=4.1$ arasında değişen 900'e yakın depremin günlere göre dağılımları (Şekil.1) incelendiğinde ilk günlerde çok sayıda depremin kaydedildiği ve bu artçı sarsıntuların 26.08.1996 tarihinden itibaren zaman içerisinde azaldığı görülmektedir.



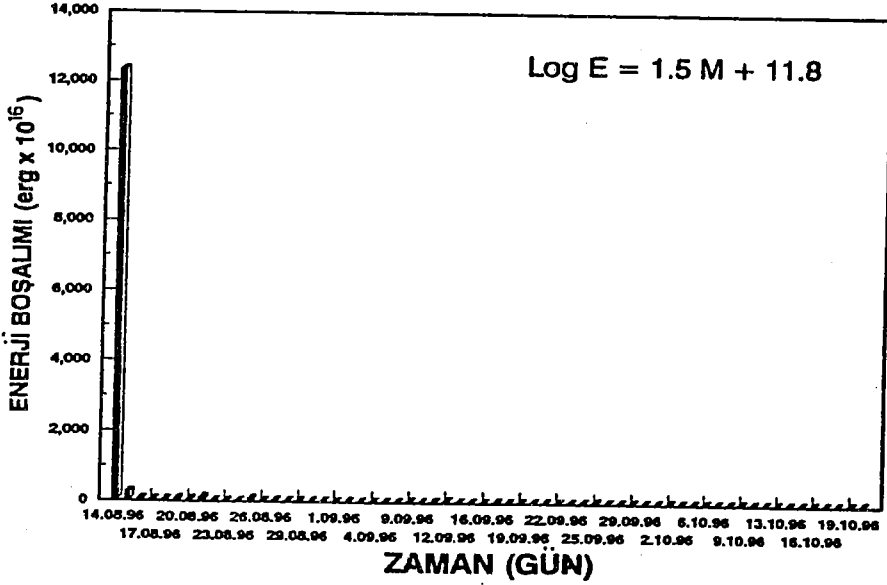
Şekil-1 14 Ağustos -20 Ekim 1996 tarihleri arasında oluşan artçı sarsıntuların günlük dağılımı

Bu depremin öncü şok aktivitesi gözlenmemesine rağmen iki aydan fazla süren artçı sarsıntıları gözlenmiştir. Magnitüd-deprem oluş sayısı arasındaki ilişkiye (Şekil.2) bakıldığı zaman magnitüdü $M<3$ den küçük 760, magnitüdü $M>3$ ten büyük 110 artçı sarsıntı kaydedilmiştir. Magnitüdü $M=2.3$ olan deprem sayısında maksimum artış görülmüştür.

Şekil-3 de 14.08.1996 tarihinde meydana gelen ana şokun enerji boşalımı 12317.49×10^{16} erg olarak hesaplanmıştır. İki aylık süre içerisinde hesaplanan toplam boşalan enerji miktarı ise; 133294.10×10^{16} erg olarak bulunmuştur.



Şekil-2 14 Ağustos-20 Ekim 1996 Çorum-Amasya depreminin magnitüd-deprem oluş sayısı ilişkisi.



Şekil-3 14 Ağustos-20 Ekim 1996 tarihleri arasındaki ana şok ve artçı sarsıntıların günlük enerji boşalmaları

ARTÇI SARSINTILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SİSMİK AKTİVİTENİN DAĞILIMI

Artçı sarsıntılardan magnitüdü $M > 2.6$ olan 168 depremin parametreleri hesaplanabilmiştir. Parametreleri hesaplanan depremler Liste-1'de verilmiştir. TÜRKNET kayıt ağı verilerinin değerlendirilmesi Simplex algoritması (Rabinowitz, 1988) ve Tablo-2'de verilen kabuk yapısı modeli kullanılarak yapılmıştır. Deprem magnitüdüleri süreden hesaplanmıştır.

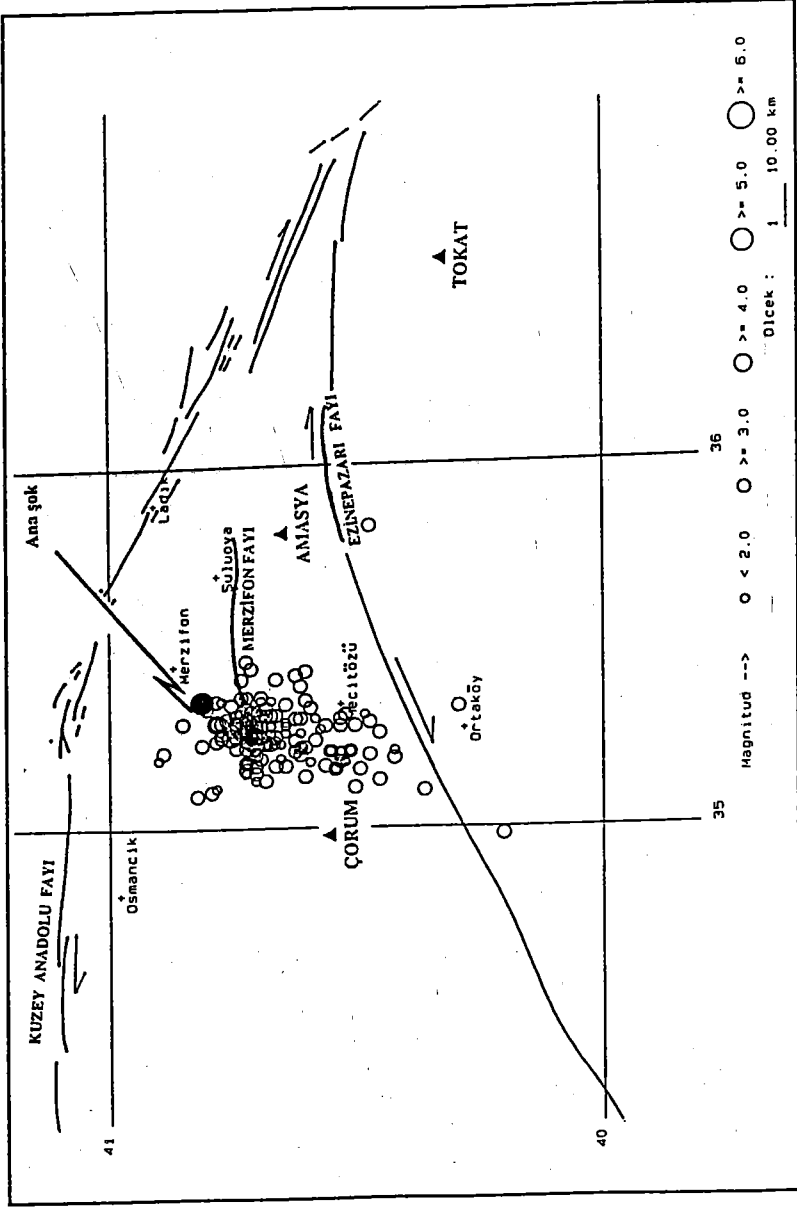
Tablo-2 Hesaplamalarda kullanılan model

Derinlik (km)	v_p (km/san)
0.0-2.0	2.9
2.0-7.0	5.4
7.0-17.0	6.16
17.0-35.0	6.63
35.0-	8.16

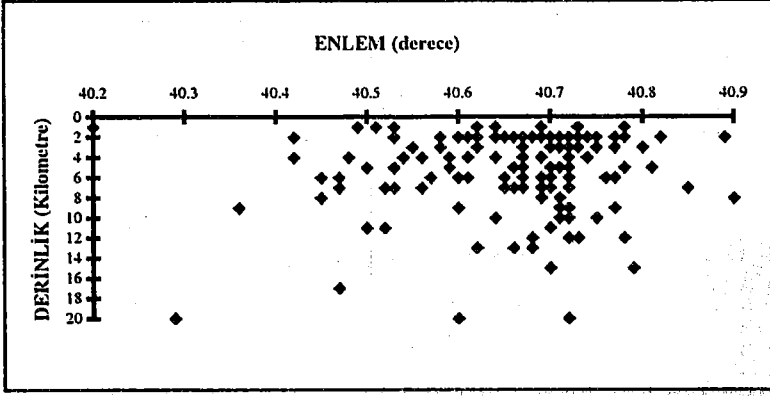
Artçı sarsıntılarının dış merkez dağılımı (Şekil-4) de diri fay haritasında gösterilmiştir (Şaroğlu vd., 1991). Bu dağılım incelendiğinde, artçı sarsıntılarının kuzedoğu-güneybatı yönünde bir uzanım sergilediği gözlenmektedir. Dağılım Merzifon Fayının batı ucundaki bölgede yoğunluk kazanmış olup; buradaki köy ve ilçelerdeki hasar durumlarıyla da uyum sağlamaktadır.

Şekil 5a ve 5b'de, Şekil-4'de görülen artçı sarsıntılarının iç merkezlerinin enlem ve boylam değişimine göre odak derinlik kesitleri verilmiştir. Kesitlerden görüleceği gibi artçı sarsıntılar 20 kilometreden daha sığda oluşmaktadır. Ana şokun olduğu derinlikte artçı sarsıntılarında yoğun olarak oluşacağı görüşü ana şokun derinliğinin 20 kilometreden daha derin olamayacağı görüşünü kuvvetlendirmektedir.

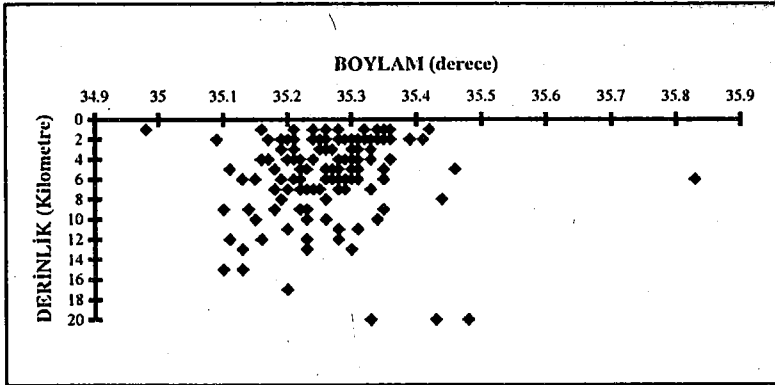
Şekil 6a ve 6b'de ise artçı sarsıntılarının derinlik ve magnitüde göre üç boyutlu dağılımları görülmektedir. Şekil incelendiği zaman artçı sarsıntılarının iç merkez derinliklerinin 0-12 kilometre arasında yoğunlaştığı, büyük magnitüdü depremlerin de ana şokun yakınında kümelenildiği gözlenmektedir.



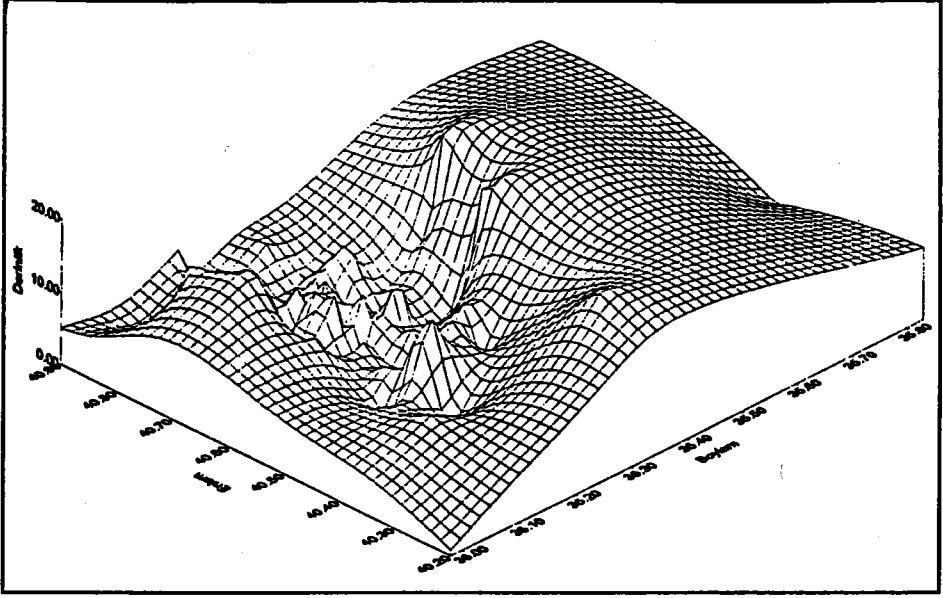
Şekil-4 14 Ağustos - 20 Ekim 1996 Çorum-Amasya depreminin artçı sarsıntılarının episantr dağılımları



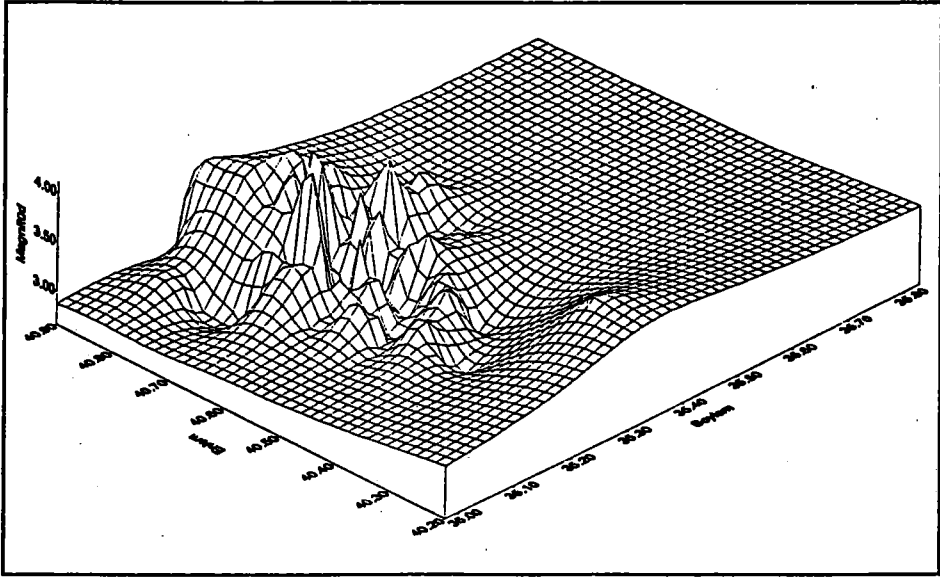
Şekil 5a-14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya depreminin artçı sarsıntılarının iç merkezlerinin, enlem - derinlik kesitleri.



Şekil 5b-14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya depreminin artçı sarsıntılarının iç merkezlerinin, boylam - derinlik kesitleri.



Şekil 6a) 14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya depreminin artçı sarsıntılarının derinliğe göre üç boyutlu dağılımları



Şekil 6b) 14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya depreminin artçı sarsıntılarının magnitüde göre üç boyutlu dağılımları

Liste-1 14 AĞUSTOS 1996 ÇORUM-AMASYA DEPREMİ ARTÇI SARSINTILARI

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (Km)	Magnitüd (Md)
14 Ağustos	01:55:04.77	40.73	35.28	12	5.4
	02:24:10.29	40.77	35.29	6	3.2
	02:25:57.98	40.75	35.25	2	4.1
	02:59:44.07	40.70	35.22	6	5.2
	03:05:14.65	40.78	35.29	2	4.1
	03:27:50.66	40.82	35.09	2	3.1
	04:05:48.08	40.70	35.26	3	3.1
	04:23:46.17	40.69	35.28	2	3.0
	05:03:27.04	40.71	35.28	5	3.5
	06:16:44.83	40.72	35.48	20	3.2
	07:08:01.94	40.62	35.30	13	3.0
	07:11:46.89	40.59	35.18	5	2.9
	09:01:33.96	40.71	35.19	3	2.9
	09:07:12.90	40.47	35.20	17	3.4
	09:25:10.21	40.60	35.22	6	3.4
	09:56:35.52	40.60	35.43	20	3.2
	10:17:56.32	40.59	35.33	4	3.6
	10:33:00.64	40.67	35.23	5	3.7
	10:54:20.54	40.68	35.13	13	3.3
	11:24:59.25	40.77	35.26	3	3.7
	11:54:32.80	40.70	35.13	15	2.9
	12:04:09.40	40.69	35.31	6	3.7
	12:41:57.59	40.72	35.22	9	3.7
	13:18:37.52	40.64	35.17	2	3.5
	13:28:09.93	40.66	35.31	5	3.7
	13:48:06.50	40.61	35.20	4	3.3
	13:59:15.37	40.70	35.17	2	3.5
	16:58:23.73	40.72	35.16	12	3.7
	19:47:40.81	40.74	35.29	2	3.3
	20:33:48.48	40.70	35.27	5	3.1
20:35:20.75	40.72	35.26	2	3.2	
21:08:26.14	40.70	35.15	6	3.0	
21:44:17.62	40.70	35.32	2	2.9	
22:10:49.62	40.70	35.32	2	3.2	
22:14:36.43	40.74	35.31	4	3.0	
23:17:14.03	40.73	35.26	1	3.0	
23:59:35.93	40.69	35.19	6	3.1	
15 Ağustos	00:06:17.74	40.64	35.26	10	2.9
	02:00:00.19	40.71	35.22	5	3.7
	02:55:51.21	40.66	35.41	2	3.1
	02:56:25.04	40.71	35.28	5	3.5
	02:57:41.47	40.72	35.36	2	3.7
	04:58:00.42	40.74	35.31	2	3.6
	05:05:11.93	40.68	35.31	2	3.5
	07:14:24.95	40.85	35.29	7	3.6
	08:16:55.31	40.75	35.34	10	3.2
	10:19:44.87	40.89	35.21	2	3.7
	10:55:08.06	40.81	35.23	5	3.8
10:59:17.35	40.71	35.28	2	3.7	

	11:32:28.93	40.66	35.24	2	2.9
	12:37:48.84	40.61	35.26	6	2.9
	14:33:17.34	40.61	35.26	6	2.9
	15:42:08.17	40.68	35.33	2	3.5
	18:18:12.89	40.53	35.30	5	3.4
	19:02:49.03	40.90	35.19	8	2.8
	19:03:00.73	40.68	35.23	12	3.4
	19:27:26.63	40.51	35.21	1	2.8
	21:30:58.03	40.49	35.16	1	3.0
	22:29:50.54	40.79	35.10	15	3.0
16 Aġustos	04:16:08.34	40.67	35.24	7	2.9
	06:08:06.73	40.61	35.30	4	3.5
	11:35:26.84	40.65	35.23	7	2.7
	11:51:42.20	40.66	35.31	2	3.2
	15:38:41.76	40.72	35.18	9	2.8
	15:44:43.68	40.66	35.23	13	2.9
	16:39:30.86	40.62	35.21	3	3.2
	19:36:13.27	40.56	35.17	4	3.4
	21:55:47.27	40.50	35.28	11	3.4
17 Aġustos	03:30:00.36	40.62	35.21	2	3.3
	09:34:07.06	40.66	35.25	7	3.0
	17:54:44.38	40.69	35.26	8	2.9
	23:20:26.63	40.51	35.21	1	3.0
	23:33:11.73	40.68	35.23	12	2.8
18 Aġustos	00:04:24.28	40.54	35.16	4	3.2
	17:30:17.69	40.65	35.29	2	3.5
	18:25:48.22	40.29	35.33	20	3.7
19 Aġustos	04:47:13.58	40.78	35.35	5	3.9
	11:32:40.27	40.50	35.28	11	3.4
	12:55:13.73	40.61	35.30	4	3.2
	21:08:41.17	40.53	35.18	5	2.8
	23:47:48.29	40.66	35.17	2	3.5
20 Aġustos	00:31:23.55	40.36	35.10	9	3.1
	03:32:15.59	40.71	35.44	8	3.6
	12:15:48.99	40.60	35.14	9	3.0
	12:37:29.28	40.54	35.16	4	2.8
	19:48:15.75	40.55	35.21	3	2.9
	23:25:32.54	40.75	35.27	3	3.8
	23:31:29.54	40.78	35.11	12	2.7
21 Aġustos	02:09:10.85	40.72	35.28	6	3.1
	02:17:55.78	40.69	35.36	4	3.9
	02:34:19.13	40.51	35.21	1	3.4
	04:32:05.26	40.64	35.29	4	2.7
	05:10:41.36	40.53	35.28	1	3.1
	08:15:45.73	40.57	35.27	6	2.7
	08:17:00.98	40.67	35.28	4	2.7
22 Aġustos	00:26:31.08	40.67	35.26	6	2.6
	02:20:52.75	40.55	35.21	3	3.2
	05:32:51.44	40.73	35.36	1	3.3
	15:01:04.12	40.64	35.34	1	3.1
	16:10:58.63	40.72	35.26	5	3.1
	16:13:39.85	40.70	35.22	7	3.0
	18:31:17.26	40.77	35.35	6	2.6
24 Aġustos	03:25:47.08	40.70	35.20	11	2.6
	09:01:17.22	40.45	35.26	8	3.0
	13:53:51.19	40.61	35.22	4	2.6

25 Ağustos	16:30:55.69	40.72	35.15	10	2.7
	03:25:06.34	40.45	35.13	6	3.1
	03:54:43.69	40.61	35.22	4	3.5
	03:57:24.67	40.53	35.18	5	3.3
	05:27:26.80	40.42	35.19	2	3.1
	10:32:26.78	40.70	35.28	5	3.2
	12:45:42.78	40.65	35.19	6	2.8
	13:58:40.92	40.71	35.25	2	3.9
26 Ağustos	19:25:02:12	40.70	35.22	5	3.2
	22:40:16.22	40.61	35.39	2	3.3
27 Ağustos	17:01:40.45	40.70	35.25	3	3.7
	18:04:48.86	40.71	35.26	8	3.2
	23:36:13.92	40.58	35.24	2	3.3
28 Ağustos	05:52:22.13	40.51	35.21	1	3.1
	06:44:47.04	40.72	35.46	5	3.1
29 Ağustos	06:35:09.78	40.58	35.30	3	2.9
	11:13:31.51	40.67	35.35	2	2.6
	12:09:40.64	40.71	35.25	2	3.4
	18:57:19.80	40.71	35.24	2	2.8
	20:06:48.10	40.64	35.28	1	2.6
30 Ağustos	08:46:25.33	40.77	35.35	9	2.9
	11:45:56.00	40.53	35.20	7	3.1
	15:22:40.81	40.69	35.25	7	3.6
	15:24:26.64	40.69	35.35	1	2.9
31 Ağustos	03:12:39.36	40.71	35.23	9	2.9
	04:03:17.30	40.70	35.21	6	2.7
	12:23:02.92	40.62	35.24	2	3.6
	18:54:35.82	40.50	35.11	5	3.0
01 Eylül	03:24:29.25	40.55	35.21	3	2.8
02 Eylül	00:03:59.17	40.72	35.33	7	3.4
	05:45:18.33	40.53	35.21	2	2.8
03 Eylül	23:02:41.12	40.60	35.34	2	3.2
04 Eylül	12:12:32.86	40.72	35.30	2	3.2
05 Eylül	06:38:22.34	40.61	35.26	6	2.8
	07:38:01.79	40.78	35.29	2	3.0
06 Eylül	09:54:47.24	40.73	35.32	1	3.1
	11:19:17.75	40.55	35.21	3	2.8
	19:24:49.03	40.47	35.83	6	3.3
09 Eylül	06:05:16.60	40.72	35.24	4	3.7
10 Eylül	05:30:15.28	40.73	35.41	2	3.1
	23:16:16.09	40.20	34.98	1	3.2
11 Eylül	14:33:43.89	40.78	35.24	1	3.5
	20:03:16.28	40.42	35.21	4	2.8
12 Eylül	03:48:12.49	40.71	35.28	5	3.2
	07:45:43.34	40.70	35.20	2	3.0
	11:50:36.54	40.47	35.29	7	3.0
	16:38:00.90	40.77	35.25	2	3.6
16 Eylül	16:48:18.55	40.52	35.31	11	3.2
20 Eylül	08:03:52.42	40.76	35.30	6	3.0
21 Eylül	04:05:52.97	40.74	35.25	2	3.1
22 Eylül	07:11:12.05	40.71	35.23	10	3.4
25 Eylül	01:52:46.83	40.69	35.31	2	3.7
	05:50:21.87	40.72	35.27	3	3.2
27 Eylül	10:39:43.43	40.48	35.31	4	2.8
	21:34:13.81	40.52	35.18	7	2.9
29 Eylül	20:08:09.93	40.67	35.31	3	3.4

30 Eylül	20:31:01.94	40.56	35.28	7	3.0
10 Ekim	10:23:00.25	40.80	35.33	3	3.1
10 Ekim	12:18:01.86	40.72	35.18	7	3.1
16 Ekim	10:52:35.12	40.71	35.32	2	3.0
18 Ekim	05:40:31.80	40.62	35.42	1	3.1
19 Ekim	05:04:35.94	40.71	35.28	2	2.9
20 Ekim	16:36:01.36	40.73	35.31	3	3.5

KAYNAKLAR

RABINOWITZ, N. 1988, Microearthquake Location By Means of Nonlinear Simplex Procedure, Bull. Seis. Soc. Am. 78, 380-384.

ŞAROĞLU, F., KUŞCU, İ., ve EMRE, Ö., 1991, Türkiye'nin Diri Fay Haritası, MTA

Global Depremlerle Açığa Çıkan Sismik Enerjinin Zaman ve Uzak Dağılımı

Ahmet Yılmaztürk, Yusuf Bayrak

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,
Trabzon-TÜRKİYE

Özet : Dünya üzerinde, üst kabukta oluşmuş 742 deprem derlenip bir katalog oluşturularak yüzey dalgası manyitüdü ile enerji arasında ampirik bir ilişki geliştirilmiş ve daha önce diğer araştırmacılar tarafından önerilen ilişkilerle karşılaştırılmıştır. Global olarak enerjinin zaman ve uzak dağılımını incelemek için 1900-1992 yılları arasında dünyada oluşan ve manyitüdü 5.0'den büyük olan depremleri içeren ikinci bir katalog hazırlanmıştır. Değişik kataloglardan oluşan ve Global Hiposantr veri bankası (CD-ROM)'ndan alınan bu veriler, manyitüd türü, derinlik ve şiddet bilgisi olarak homojen değildir. En küçük kareler yöntemi kullanılarak dünya üzerindeki farklı sismik potansiyel kaynakları için değişik manyitüd türleri arasında lineer denklemler elde edilmiştir. Bu ilişkiler yardımıyla yüzey dalgası manyitüdü bakımından homojen olan yeni bir katalog oluşturulmuştur. Daha sonra, kabuktaki deformasyon gelişimi şekilsel olarak ortaya konması tecrübe edilmiştir. Sonuçlar, zaman ve uzaydaki enerji yayılımının haritaları olarak tasvir edilmektedir.

Time and Space Distribution of Seismic Energy Released by Global Earthquakes

Abstract : We, first, have compiled a catalog of 742 upper-crustal earthquakes all over the world, and developed an empirical scaling function for the prediction of seismic energy as a function of magnitude, and compared with the previous ones suggested by previous researchers. To examine global pattern of energy release both in time and space domain, we have compiled a second catalogue containing all crustal earthquakes with magnitude 5.0 or greater for the period from 1900 to 1992. This data base comes from the Global Hypocenter Data Base CD-ROM and consists of several sources. It is inhomogeneous in the type of magnitude and the information of depth and intensity. A set of linear equations among various types of magnitudes have been derived for distinct seismic potential sources, using a conventional least-squares method. These relationships are utilized to form a uniform catalogue of surface wave magnitude M_s . Then, we attempt to obtain gross figures showing the progress of the deformation of the crust. Results are illustrated as maps of radiated energy in time and space.

Giriş

Deprem oluşumu ile ortaya çıkan enerji, oluştuğu fayın boyutunun bir ölçütü olan manyitüd ile doğrudan ilişkilidir. Toplam sismik aktivite veya maksimum manyitüde bağlı olarak hesaplanan bölgesel veya global enerji dağılımının irdelenmesi, sismik risk veya sismisite çalışmalarında yaygın olarak kullanılan episantr dağılımına göre daha yararlı olabilir. Enerjiyi hesaplamak için bir çok çalışma yapılmış olup, bunlar enerjiyi doğrudan deprem kayıtları üzerinden belirlemeye veya ampirik olarak geliştirilen enerji-manyitüd ilişkilerini kullanarak hesaplama esaslarında dayanır. Enerjiyi doğrudan belirlemek için yapılan çalışmalar üç ana başlıkta toplanabilir. Bunlar; (1) Cisim dalgalarının modellenmesinden elde edilen kaynak-zaman fonksiyonlarını kullanarak (Vassiliou ve Kanomari ,1982; Kikuchi ve Fukao, 1988), (2) Telesismik mesafede kayıt edilmiş geniş-band P dalgalarının spektrumundan (Boatwright ve Choy,1986; Houston, 1990), (3) Frekans veya zaman ortamında, yakın-mesafede gözlenen geniş-band kayıtlarını kullanarak (Thatcher ve Hanks, 1973; Bolt, 1986; Shoja-Taheri ve Anderson, 1988; Smith ve diğ., 1989; Cocco ve Rovelli, 1989; Kanomari ve diğ., 1993) enerjinin hesaplanması şeklinde sıralanabilir. Pratikte enerji, daha çok manyitüd bilgisi göz önünde bulundurularak ampirik olarak geliştirilmiş manyitüd-enerji ilişkileri kullanılarak hesaplanmaktadır (Choy ve Boatwright, 1995). Değişik manyitüd türleri için birbirinden farklı manyitüd-enerji ilişkileri literatürde bulunabilir. Örneğin; Gutenberg ve Richter (1956), Solovyev ve Solovyeva (1967), Murphy ve Muller (1971), Båth (1973) cisim dalgası manyitüdü (m_b) - enerji ilişkisi için değişik ifadeler elde etmişlerdir. Ayrıca, lokal manyitüd (M_L) ile enerji arasında farklı ilişkiler elde edilmiştir (Smith ve diğ., 1968; Thatcher ve Hanks, 1973; Båth, 1978). Bu çalışmada yüzey dalgası manyitüdü (M_s)-enerji arasındaki ilişki kullanılarak enerji hesaplanacağından dolayı, bu ilişkiler ayrıntılı irdelenecektir.

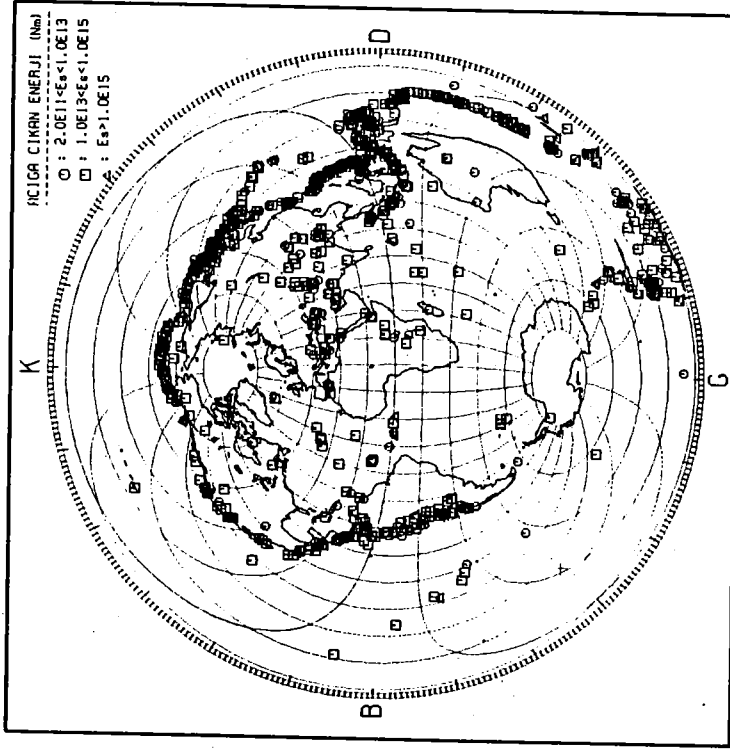
Dünya üzerinde meydana gelmiş depremlere ait değişik parametrelerin bir arada bulunduğu homojen bir katalog mevcut değildir. Dolayısıyla, sismolojide bilinen veya yeni geliştirilen bir yöntemin böyle bir deprem kataloğuna uygulanmasının, elde edilecek sonuçlar bakımından birçok sakıncası vardır. Bu nedenle, sismoloji ile ilgilenen bilim

adamları kullanılan verinin aynı tür olmasını (örneğin; gözönüne alınan tüm depremlerin aynı tip manyitüd'e sahip olması veya derinliklerinin bilinmesi, v.s.) arzu ederler. Bu ise pratikte mümkün olmadığından, ampirik ilişkiler kullanılmak suretiyle katalogların homojen hale getirilmesi yoluna gidilir. Her ne kadar bu tür bir yaklaşım beraberinde belirli hataları getirirse de elde edilecek sonuçların relatif bir değerlendirilmesi yapılacağından neticede yararlı olacaktır.

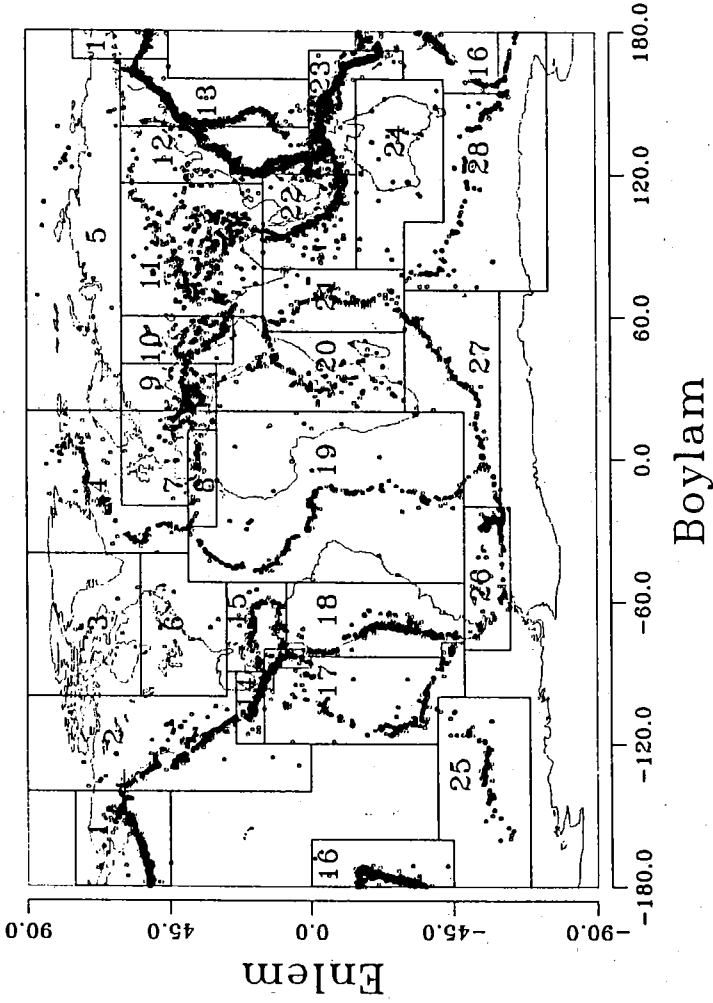
Veriler

Literatürde yayınlanan ve değişik veri grublarına esas olan ilişkilerden herhangi birini kullanmak yerine, dünyanın değişik bölgelerinde günümüze kadar meydana gelmiş, manyitüdü ve açığa çıkan sismik enerjisi bilinen olayların tümüne esas olan bir ilişkiyi kullanmak daha doğru olacaktır. Bu amaçla, 1982-1995 yılları arasında BSSA (Bulletin of Seismological Society of America) dergisinin 'Seismological Notes' bölümünde fay düzlemi çözümleri ve buna bağlı olarak açığa çıkan enerjileri yayınlanan depremlere ilaveten Choy ve Boatwright (1995)'de enerji değerleri verilen 397 dprem gözönüne alınarak yeni bir katalog hazırlanmıştır. Bu katalogta toplam 896 deprem olup, bunların 154 tanesi derin depremlere ait olduğundan yüzey dalgası manyitüdü bilinmemektedir. Bu çalışmada, yeni bir manyitüd-enerji ilişkisi geliştirmek için gözönünde bulundurulan manyitüdüleri 4.5-8.2 arasında değişen 742 depremin yerküre üzerindeki dağılımı Şekil 1'de görülmektedir. Bu verilerin, hemen hemen tümü aktif sismik zonlarda yer almasından dolayı, global depremler için hesaplanacak $M_s - \text{Log}E_s$ ilişkisi daha duyarlı olacaktır.

Global depremlerle açığa çıkan enerjilerin zaman ve derinlikle değişimini incelemek için kullanılan veriler United States Geological Survey (USGS-NEIC, Earthquake Data Base System-EDBS) tarafından dağıtımı yapılan kompakt diskten (CD-ROM) temin edilmiştir. Bu diskte 1900-1992 yılları arasında dünyada oluşan depremleri içeren Global kataloglar birleştirilerek daha geniş kapsamlı yeni bir katalog hazırlanmıştır. Bu katalogta her bir depremin tarihi, oluş zamanı, koordinatları, derinliği, şiddeti ve bilinen manyitüd türleri (m_b - cisim dalgası manyitüdü, M_s - yüzey dalgası manyitüdü, M_L - lokal manyitüd, M_D -



Şekil 1. Yüzey dalgası manyitüdü (M_s) ve enerjisi bilinen depremlerin global dağılımı.



Şekil 2. 1900-1992 yılları arasında meydana gelen ve yüzey dalgası manyitüdü (M_s) 5.0 veya daha büyük olan depremlerin global dağılımı.

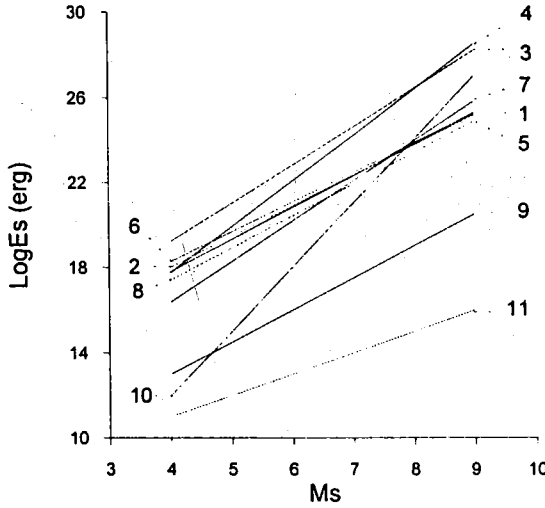
koda uzunluğu manyitüdü, M_N - Nuttli manyitüdü, M_W - moment manyitüdü ve M_{UK} - türü bilinmeyen manyitüd) hakkında bilgiler yer almaktadır. Şekil 2'de verilen farklı 28 bölgeye ait depremler dikkate alınarak değişik manyitüd türleri arasında geliştirilen ampirik lineer ilişkiler (EK-1) kullanılmak suretiyle M_S bilgisi mevcut olmayan depremler için teorik M_S değerleri hesaplanarak homojen bir katalog elde edilmiştir. Daha sonra, enerjileri ve yüzey dalgası manyitüdüleri bilinen 742 depremden elde edilen M_S - $\text{Log}E_S$ ilişkisi kullanılarak, bu katalogta yer alan ve yüzey dalgası manyitüdüleri 5.0'den büyük olan 20.000 depremin dünyanın değişik bölgeleri için zaman-derinlik-enerji dağılımları hesap edilecektir. Bu depremlerin episantr dağılımı Şekil 2' de verilmiştir.

M_S - $\text{Log} E_S$ ilişkisi

Manyitüd-enerji arasındaki ilişkiyi gösteren genel formül Richter (1958) tarafından $\text{Log}E = a + b M$ şeklinde verilmiştir. Burada; E enerjisi, a ve b sabit katsayıları, M ise manyitüdü göstermektedir. Değişik veri grupları için a ve b katsayıları farklılık göstermektedir. M_S - $\text{Log}E_S$ arasındaki ilişkiyi veren çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Gutenberg (1956)	$\text{Log}E_S = 1.50 M_S + 11.80$	(1)
Båth (1966)	$\text{Log}E_S = 1.44 M_S + 12.24$	(2)
Gutenberg ve Richter (1956)	$\text{Log}E_S = 1.80 M_S + 12.00$	(3)
di Filippo- Marcelli (1949)	$\text{Log}E_S = 2.15 M_S + 09.15$	(4)
Richter (1958)	$\text{Log}E_S = 1.50 M_S + 11.40$	(5)
Iida (1971)	$\text{Log}E_S = 1.40 M_S + 12.66$	(6)
Ohnaka (1978)	$\text{Log}E_S = 1.89 M_S + 08.82$	(7)
Choy ve Boatwright (1995)	$\text{Log}E_S = 1.50 M_S + 04.40$	(8)
Kanomari ve Anderson (1975) (Büyük depremler için)	$\text{Log}E_S = 1.50 M_S$	(9)
Liebermann ve Pomeroy (1970)	$\text{Log}E_S = 3.00 M_S$	(10)
Kanomari ve Anderson (1975) (Küçük depremler için)	$\text{Log}E_S = M_S$	(11)

Diğer manyitüd-enerji ilişkileri ayrıntılı olarak Bâth (1981) tarafından yayınlanmıştır. Yukarıda verilen formüller, episantrı'ı yakın olan kısa mesafelerde yayılan enerjinin teoriksel incelenmesine bağlıdır. Diğer taraftan, telesismik mesafelerde kayıt edilen cisim dalgalarından elde edilen manyitüd (m)'le enerji arasında $\text{Log}E = 5.8+2.4m$ ilişkisi vardır. Burada, $m=2.5+0.63M$ alınırsa (1) denklemi elde edilir. Yine, Bâth (1966) tarafından verilen (2) ifadesinin $6.5+2.3m$ 'e eşit olduğu görülür. İlk sekiz formül tüm manyitüd değerleri için, (10) formülü çok büyük depremler için, (11) formülü küçük depremler için önerilmiştir. (9) fomülü ise çoğu depremler için geçerli olmasına (Kanamori ve Anderson, 1975) rağmen diğer ilişkilere nispeten düşük enerji değerleri vermektedir. Onbir değişik formül için, 4.0-9.0 aralığında değişen teorik M_s değerleri verilmek suretiyle hesaplanmış olan $M_s - \text{Log}E_s$ ilişkileri Şekil 3'de verilmektedir.



Şekil 3. Yukarıda verilen değişik formüllerden hesaplanan $M_s - \text{Log}E_s$ ilişkileri.

Enerji birimi Nm alınarak hesaplanan (8) denklemi grafiklenirken birimi erg 'e çevrilmiştir. Bu denklem geliştirilirken dünyada 1986-1991 yılları arasında meydana gelmiş olan $M_s \geq 5.8$ manyitüdüne sahip sığ odaklı 397 deprem kullanılmıştır (Choy ve Boatwright, 1995). Şekil 3'de (1), (2), (5), (6), (7) ve (8) denklemleri ile elde edilen

ilişkiler bir kümeleşme gösterdiğinden, hesaplanacak olan enerji miktarları birbirlerine yakın olacaktır. Diğer denklemlere oranla, (4) ve (7) denklemi ile küçük manyitüdler için daha düşük, büyük manyitüdler için daha yüksek enerji değerleri hesaplanacaktır. (3) ve (4) denklemleri ile hesaplanan enerjiler büyük olaylar için çok yüksektir. Örneğin; (3) denklemi $M_s \geq 5.8$ değerinden büyük manyitüdler için tüm denklemlerden daha yüksek enerji hesaplanmasına neden olacaktır. (5) ve (8) denklemleri aynı enerji birimi için aynı a ve b katsayılarına sahiptir. Bu yüzden bu iki denklem hesaplanacak değerler aynı olacaktır. Pratikte M_s - $\text{Log}E_s$ arasındaki ilişkiyi hesaplamak için yaygın olarak (1) ve (2) denklemleri kullanılmaktadır (Báth,1981).

En KüçükKarelerYöntemi'nin M_s - $\text{Log}E_s$ dağılımına uygulanması

Choy ve Boatwright (1995), 397 deprem için En Küçük Kareler Yöntemi (E.K.K.Y.)'ni doğrudan veriye uygulamak yerine b katsayısını sabit (1.5) alıp, a katsayısını hesaplayarak (1) denklemiyle karşılaştırmasını yapmışlardır. Enerji birimi Nm olmak üzere benzer işlem, bu çalışmada oluşturulan yeni kataloğa uygulandığı zaman $a=4.32$ bulunur. Saçılım gösteren herhangi bir veri setine E.K.K.Y. uygulandığı zaman, x ve y eksenlerinin birinin bağımlı diğerinin bağımsız değişken alınması durumunda makul olmayan sonuçlar elde edilebilir (Bolt, 1978; Báth, 1981). X ekseninin bağımsız değişken alınması durumunda, a katsayısı olduğundan daha büyük, b katsayısı ise daha küçük çıkacaktır. Y ekseninin bağımsız değişken olması durumunda ise bunun tersi geçerlidir. Gerçekkte, her iki durumda da elde edilen lineer denklemler veriyi en iyi temsil eden doğrular olmaktan uzaktır. Bu nedenle, verilerin her iki koordinat eksenini boyunca hata içerebileceği dikkate alınarak (x ve y eksenlerinin her ikisinde bağımlı değişken olduğu) elde edilecek lineer ilişki, veriyi en iyi temsil eden doğru olarak düşünülebilir. Bu durum, şekil 4'de görülen verilere uygulanmış ve aşağıdaki bağıntılar elde edilmiştir.

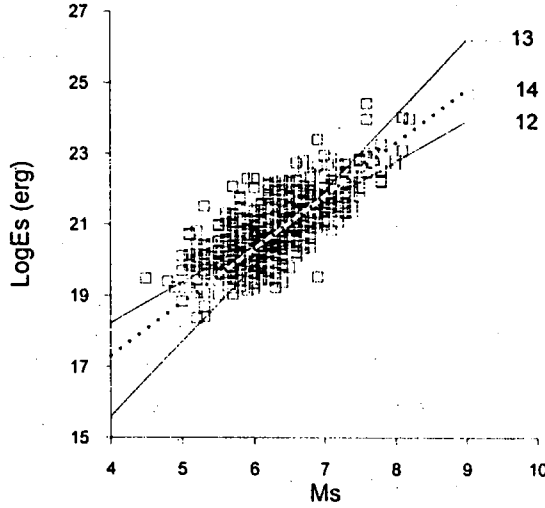
$$\text{Log}E_s(\text{Erg})=1.13 M_s +13.76 \quad M_s \text{ bağımsız} \quad (12)$$

$$\text{Log}E_s(\text{Erg})=2.12 M_s +07.11 \quad E_s \text{ bağımsız} \quad (13)$$

$$\text{Log}E_s(\text{Erg})=1.50 M_s +11.32 \quad \text{Her ikisinde bağımlı} \quad (14)$$

(12) denklemine ait b katsayısı (1) ve (2) denklemlerinde verilen b katsayılarından daha küçük, a katsayısı ise bu iki denklemin a katsayılarından daha büyüktür. Bu yüzden küçük manyitüdler için (12) denklemleri ile hesaplanacak enerji değeri (1) ve (2) denklemleri ile hesaplanacak enerji değerinden daha büyük olacaktır. Büyük manyitüdler için ise daha küçük enerjiler hesaplanacaktır.

Şekil 4'de (12), (13) ve (14) denklemleri çizilmiştir. Elde edilen (14) denklemleri (8) denklemine benzerdir. Sadece a katsayısında 0.08 birimlik bir fark vardır. Bu fark, artan deprem sayısı ile ilgilidir.



Şekil 4. Bu çalışmada kullanılan ve Şekil 1'de görülen 742 depreme uygulanan üç değişik regresyon analiz sonuçları. Doğrular üzerinde görülen rakamlar, (12), (13) ve (14) denklemlerini temsil etmektedir.

Bu çalışmada göz önünde bulundurulmuş 28 bölge için enerjinin skalar büyüklüğünden ziyade, maksimum enerjinin derinlik ve zamanla olan değişimi ile ilgilenilmektedir. Manyitüd-enerji ilişkisinden hesaplanacak enerjinin büyüklüğüne etkileyecek faktörün manyitüd olduğu açıktır. Manyitüd ne kadar büyükse, buna bağlı olarak hesaplanacak enerji miktarı üstel olarak artacaktır. Örneğin; manyitüdü 2.0 olan bir deprem için (12) bağıntısı ile hesaplanacak enerji miktarı 10.47×10^{15} erg ve manyitüdü 8.0 olan bir

deprem için hesaplanacak enerji miktarı 6.30×10^{22} erg olacaktır. Her bir bölge için manyitüdü 5.0 den büyük olan tüm depremlerin vereceği toplam enerji ve farklı derinlikler için kümülatif enerji hesaplanacağından, kullanılacak deprem sayısında sonuçları etkileyecektir. Bu sebepten dolayı, her bir bölge için derinlik-deprem sayısı ilişkileri EK-2 de verilmiştir.

Enerji-Derinlik-Zaman Dağılımı

Şekil 2'de verilen her bir bölge için derinlik aralığı 5 km ve zaman aralığı 4 yıl alınarak, bu aralıklara düşen depremlere ait enerjiler hesaplanmış ve her bir aralığa düşen enerjiler toplanarak elde edilen kümülatif enerji, derinlik ve zamana bağlı olarak Şekil 5'de konturlanmıştır. 0-70 km derinlik aralığında meydana gelen depremler 'sığ odaklı depremler' olarak tanımlanır (Kulhanek, 1990). Ayrıca, bu çalışmada kullanılan katalogta M_s manyitüdü bilinen depremlerin maksimum derinliği 70 km olarak rapor edilmiştir. Bu yüzden, daha sığ depremlerin gözleendiği Greenland, kuzey Amerika'nın doğusu, Rusya'nın kuzeyi, Avustralya ve okyanus ortası sırtları temsil eden bölgelerde 40 km derinliğine kadar olan depremler ve diğer bölgelerde 70 km derinliğine kadar olan depremler hesaplamalara dahil edilmiştir. 1960'lı yıllarda WWSSN (World Wide Standard Seismograph Network) sismograf ağının kurulmasından sonra rapor edilen deprem sayısında lineer bir artış gözlenmektedir (Burton, 1978). 1960'dan önce rapor edilen depremlerin bir çoğunun derinlik bilgisi yoktur. Zaman içerisinde olan enerji-derinlik dağılımının irdelenmesinde mümkün olduğunca tüm depremler kullanılacağından, derinlik bilgisi bilinmeyen depremlerin derinliği 0 km alınarak işlemlere dahil edilmiştir. Bu sebepten dolayı 1960 yılından önce ve sonra oluşan depremler kullanılarak hesaplanacak enerji-derinlik-zaman dağılımları farklılık gösterecektir. Kontur haritalarını yorumlarken bu farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 5'de verilen grafiklerden okyanus ortası sırtları temsil eden bölgelerde (4, 17, 19, 21, 25, 26, 27 ve 28) açığa çıkan enerjinin 0-5 km, 10-15 km ve 30-35 km derinlik aralıklarında yoğunlaştığı gözlenmektedir. 0-5 km derinlikleri için hesaplanan enerji bindirme fayları ile, 10-15 km derinlikleri için hesaplanan enerji doğrultu atımlı ve

normal faylarla ve 30-35 km derinlikleri için açığa çıkan enerji ise genelde doğrultu atımlı faylarla ilişkili olan depremlerden kaynaklanmaktadır (Bergman ve Solomon, 1984). Ayrıca, 0-5 km arasında hesaplanan enerji 1960'dan önce oluşan ve derinliği 0 km olarak alınmış depremlerden ve 30-35 km arasındaki enerji ise derinliği bilinmeyen bazı depremlerin 33 km derinliğine atfedilmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bölgelerde gözlenen en önemli ortak özellik, 1980'li yıllardan günümüze kadar açığa çıkan enerjinin, derinliği 10 km civarında olan depremlerle ilişkili olduğudur. Son yıllarda, dünyanın değişik bölgelerindeki deprem algılayıcı sayısının artması yanısıra gelişen teknolojiye paralel olarak çok küçük manyitüdü olaylar bile dijital olarak kayıt edilebilmektedir. Bunun sağladığı avantaja, sismolojide yeni yöntemler gelişmiş ve oluşan her bir yeni deprem ayrı bir araştırma konusu olmuştur. Dolayısıyla, deprem kaynak mekanizmasıyla ilişkili parametreler daha duyarlı bir şekilde tesbit edilmeye başlanmıştır. Okyanus ortası sırt olarak düşündüğümüz 26 ncı bölgenin doğusunda yer alan çok küçük bir alanda meydana gelen depremlerin odak derinlikleri 270 km'ye kadar inmekte olup, dalım şekli yaklaşık 90 derecedir. Bu bölgeye ait zaman-derinlik-enerji haritası üzerinde görülen 60 km civarındaki enerji dağılımı bu dalımla ilgilidir. Bu bölgenin yanısıra daha doğuda yer alan 27 ve 28 nci bölgelerin ilk 35 km derinliğe kadar oluşan depremlerin maksimum manyitüdüleri (M_s) 7.5-8.0 arasında değişmektedir. Diğer okyanus ortası sırtlarda nispeten daha küçük manyitüdü depremler (maksimum $M_s \approx 7.0-7.5$) oluşmaktadır.

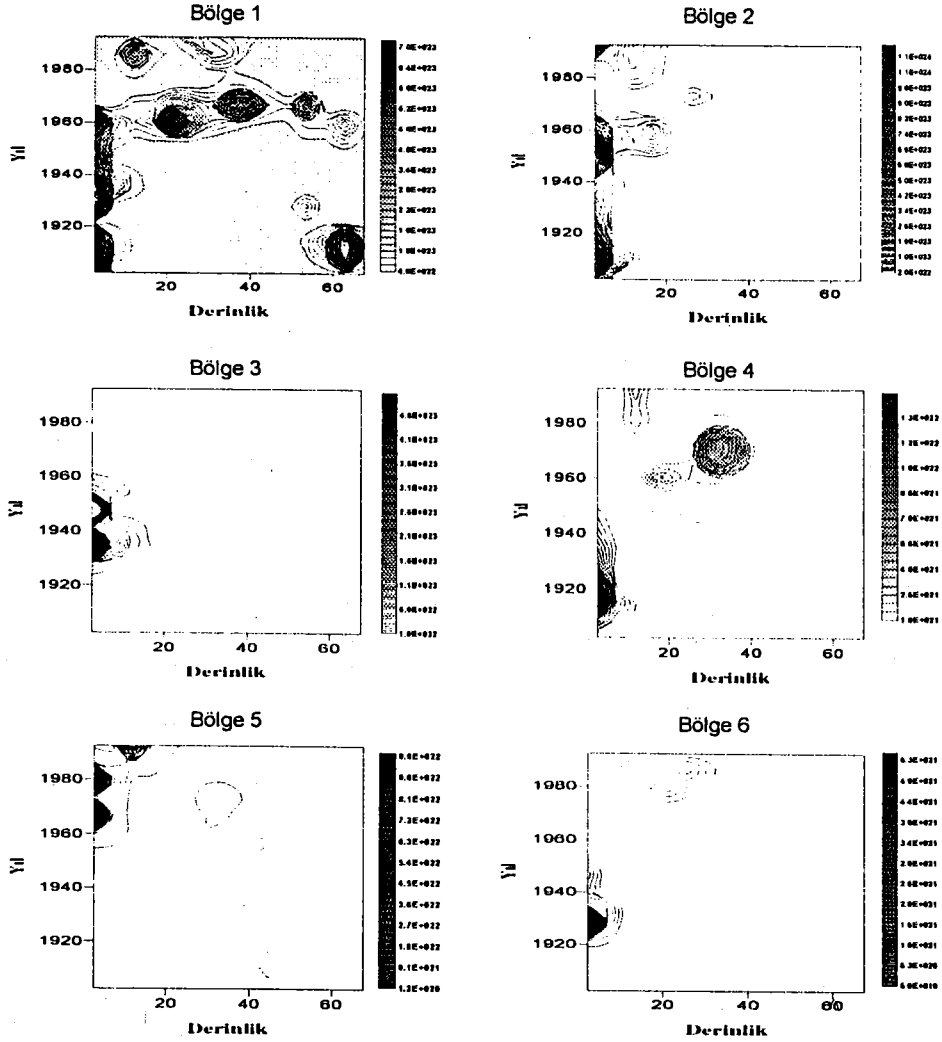
Kuzey doğu Amerika'nın bir kısmını temsil eden 3 ve 6 ncı bölgelerde ve Kuzey Rusya'da meydana gelen sınırlı sayıda depremler sığ odaklıdır. Düşük sismik aktiviteye sahip olan bu bölgelerde yüksek manyitüdü depremler gözlenmektedir. Örneğin; Kanada ve Greenland'in bir kısmını kapsayan üçüncü bölgedeki sismik aktivite 1960'dan öncesine ait olup (gözlenen maksimum manyitüd - $M_s = 8.1$), beşinci bölgedeki sismik aktivite 1960'dan günümüze kadar devam etmektedir. Altıncı bölgede 1920-50 arasında meydana gelen depremlerin derinlikleri bilinmemektedir. 1950-80 arasında bir sismik boşluk olup, bu tarihten günümüze kadar olan olayların odak derinlikleri 10-30 km arasında yer almaktadır. Bu son döneme ait depremlerin ayrıntılı incelendiğini,

dolayısıyla derinlik hesaplamalarının daha duyarlı olduğu gözönüne alınırsa, açığa çıkan enerjinin üst kabuğun alt kısımlarındaki deformasyonla ilişkili olduğu söylenebilir.

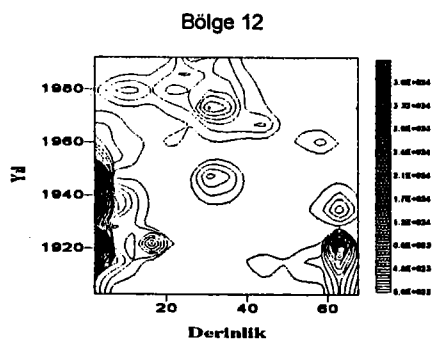
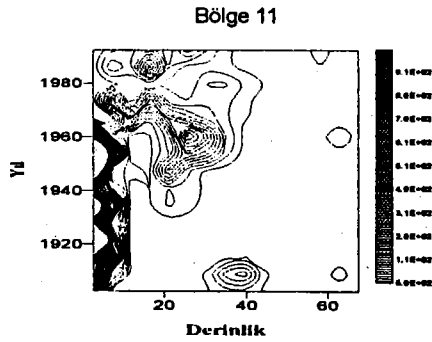
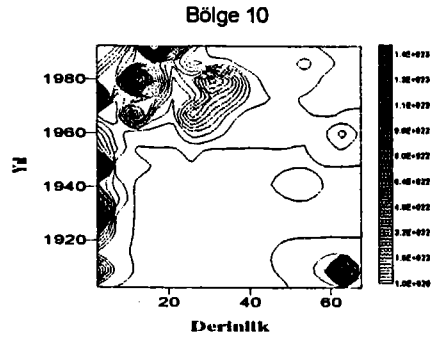
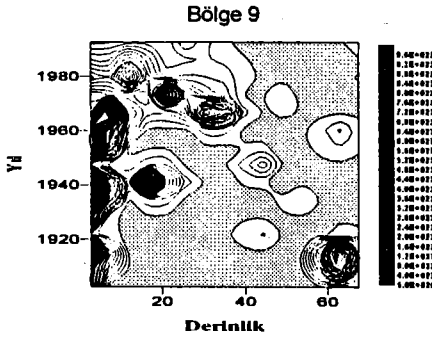
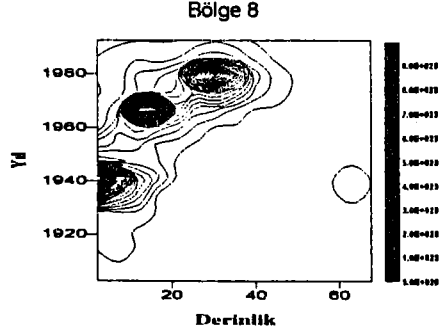
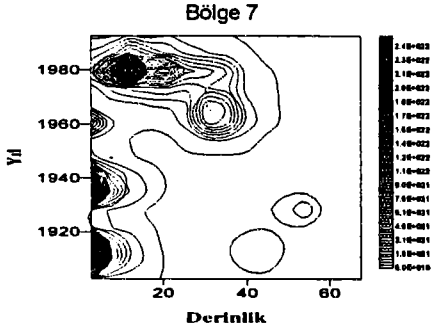
Normal faylanmaların gözleendiği doğu Afrika yükseliminde (Dziewonski ve diğ., 1986; Fairhead ve Stuart, 1982; Shudofsky, 1985) yer alan depremlerin büyük bir kısmının derinliği bilinmediğinden 0 km olarak verilmektedir. Bunlara ilaveten, derinliği 60 km'den büyük olan az sayıda deprem 1960'lı yıllardan önce rapor edilmiştir. Bölge için hesaplanmış olan enerji konturlarının en yüksek değerlerinin 20-40 km derinlik aralığında gözlenmiş olması, 1960-70'li yıllarda olan depremlerin odak derinliklerinin 33 km olarak verilmesinden dolayıdır. 1980'den günümüze kadar olan depremlerin odak derinlikleri ise 15 km civarında yoğunlaşmaktadır. Bu durum doğrudan doğruya bölgede yerleştirilen dijital alıcılarla kayıt edilen verilerin ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesiyle ilgilidir. 1985 yılında başlatılan KRISP85 (the Kenya Rift International Seismic Project) projesi çerçevesinde bölgede kurulan sismik ağ, sürekli aktif olan bu rift sistemindeki sismik aktivite ve kabuksal deformasyon hakkında ayrıntılı bilgi sağlamıştır (Tongue ve diğ., 1992).

Sismik aktivitesi düşük olan Avustralya (Bölge 24) kıtasında manyitudü 7.0 den büyük bir kaç tane deprem katalogta yer almaktadır. Bölge için derinlik-deprem sayısı grafiği incelendiğinde depremlerin büyük bir kısmının 0-25 km arasında yer aldığı görülmektedir. Son yıllara ait olaylar için hesaplanan enerjiler ilk 15 km civarında yer almaktadır. Bu derinliklerde açığa çıkan enerji bindirme ve doğrultu atımlı faylara bağlı olan depremlerden kaynaklanmaktadır (Frederich and McCaffrey, 1988). Üst kabuğun alt kısımlarında (30-35 km) kapanım gösteren konturlar, 1970 li yıllarda oluşmuş bir kaç depremin derinliğinin 33 km olarak verilmiş olmasındandır.

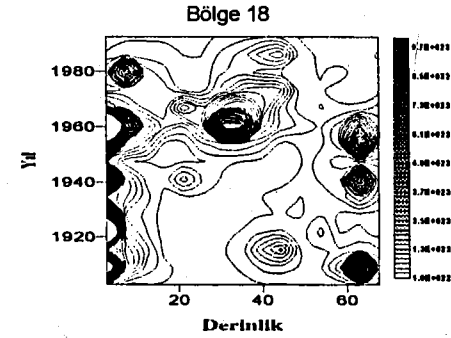
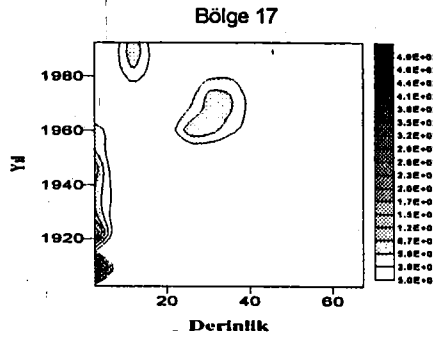
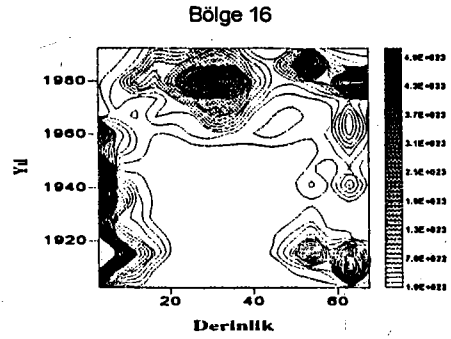
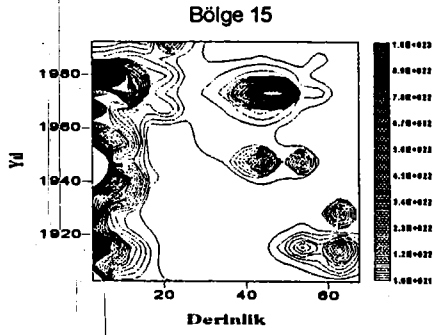
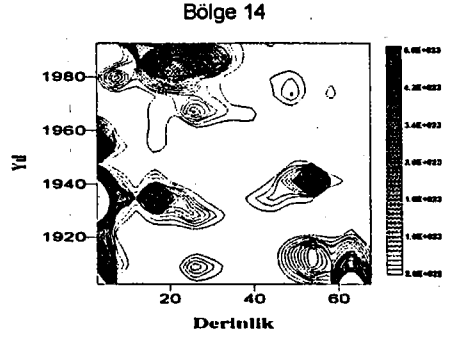
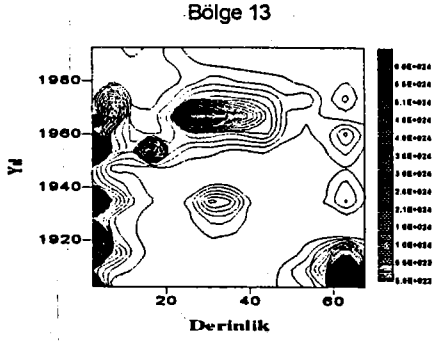
Batı ve Orta Avrupa düşük bir sismik aktiviteye sahip olup, bunun doğuya doğru arttığı gözlenir. Genelde sığ odaklı depremlerin yer aldığı bölgede İtalya civarında derin depremlerde meydana gelmektedir (Mayer-Rosa, 1993). Odak derinlikleri bilinmeyen ve derinlikleri 33 km olarak verilen çok sayıda deprem olup, bunlar genellikle 1940 öncesinde oluşmuş sismik olaylardır. Bu iki derinlik hariç, deprem sayısı-derinlik dağılımının genel karakteristiğine bakıldığı zaman sismik aktivitenin 10-15 km arasında



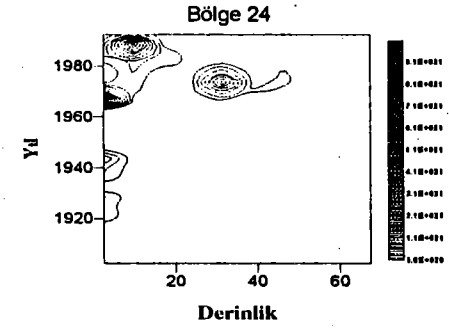
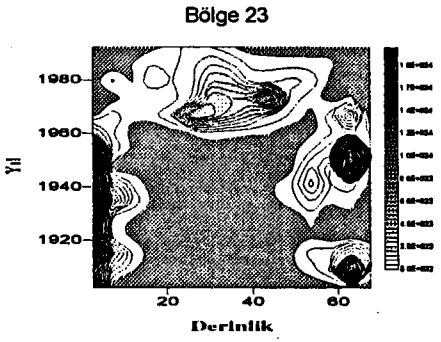
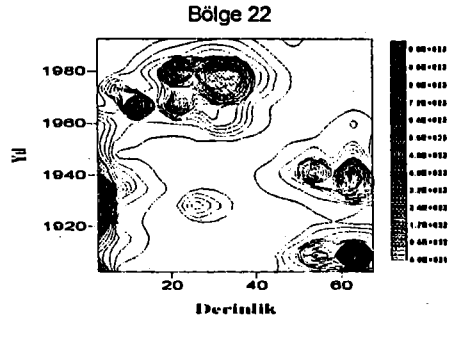
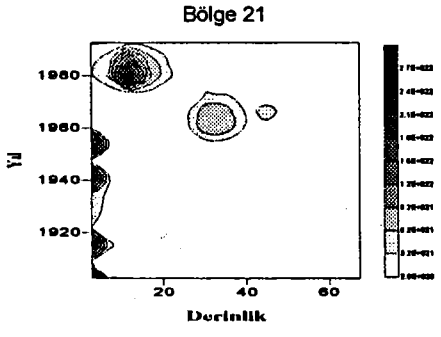
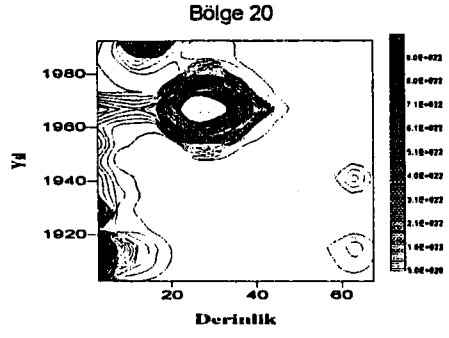
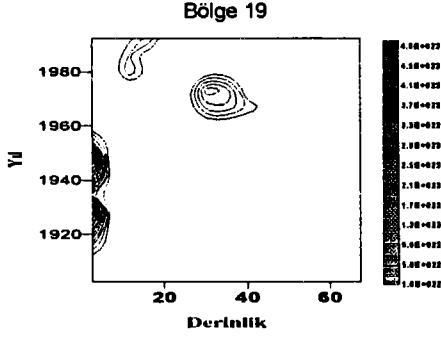
Şekil 5. Episantr dağılımları Şekil 2' de verilen depremlerle açığa çıkan enerjinin zaman ve derinliğe bağlı değişimi.



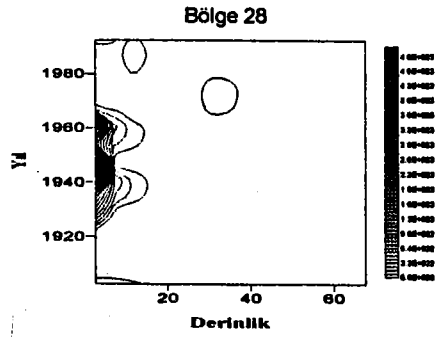
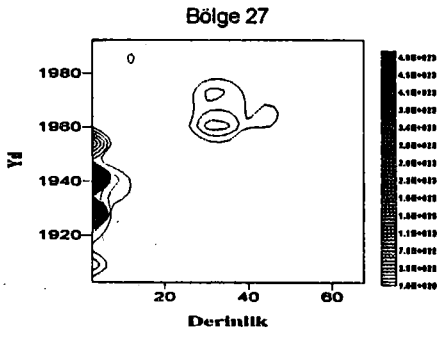
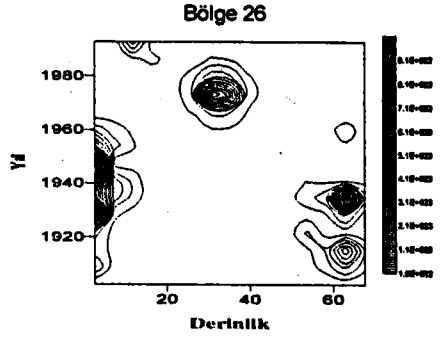
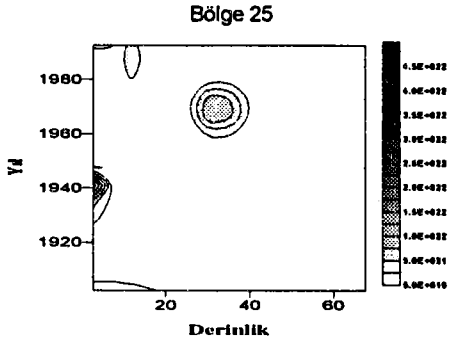
Şekil 5. devamı.



Şekil 5. Devamı.



Şekil 5. Devamı.



Şekil 5. Devamı.

yoğunlaştığı görülür. Eğer, 33 km olarak verilen odak derinliklerinin en azından bir kısmının bilinmeyen derinliklere atfedilmiş değil de hesaplanmış derinlik olduğunu düşünürsek, 1960'dan günümüze kadar kabukta meydana gelen sismik deformasyonun kabuğun alt kısımlarında yüzeye doğru ilerlediği düşünülebilir.

İspanya, Portekiz ve Kuzey Batı Afrika'yı kapsayan 8 nci bölgedeki depremlerin büyük bir kısmının derinliği 20 km'den küçüktür. Bu bölge için hesaplanan maksimum enejinin derinliği 15-20 km arasında olması, Cebelitarık Boğazı civarında ters faylar ve daha açıklarda gözlenen doğrultu atımlı ve normal fay mekanizmalarına bağlı olan depremlerden kaynaklanmaktadır (Grimison ve Chen, 1988). Ayrıca bölgede 1960-1980 arasında 25-35 km derinliklerde gözlenen konturlarda kapanım gözlenmektedir. 1940 yılı civarında görülen kapanımlar 0 km derinliğine atfedilen depremlerden kaynaklanmaktadır. Ancak, 1960'dan günümüze kadar olan ve manyitüdüleri 7.5-8.0 olan büyük depremler meydana gelmekte ve buna bağlı olarak açığa çıkan enerji, sismik aktivitenin zamanla yüzeyden kabuğun alt kısımlarına doğru arttığını göstermektedir.

Dokuzuncu bölgede meydana gelen depremler Anadolu levhasının batıya doğru hareketi ve Ege denizindeki dalma-batma zonu ile ilişkilidir. Afrika levhasının Ege denizinin altına dalması ile Ege bölgesi civarında 250 km odak derinliğine sahip olan depremlerin yanı sıra Kuzey Anadolu fayı, Doğu Anadolu fayı ile Bitlis bindirme zonu ve Ege bölgesi graben sistemine bağlı sığ odaklı büyük depremler gözlenmektedir. Bölgede 70 km derinliğe kadar olan depremler gözönünde bulundurulmasından dolayı hesaplanan enerji dağılımı karmaşıktır. Buna rağmen, son yıllarda enerji boşalımının kabuğun alt kısmından yüzeye doğru arttığı gözlenmektedir. Bu durum, sığ derinliklerde oluşan büyük manyitüdü depremlerle olduğu kadar deprem sayısı ile de ilgilidir (EK-2). 1960'dan sonraki depremlere ait enerji konturları 0-40 km arasında bir süreklilik göstermektedir. Enerji maksimum değerine 20 km civarında ulaşmıştır. 1960'dan öncesi için derinliği bilinmeyen depremlerin etkisi ile yüzeye yakın bölgelerde ve ayrıca, 15-25 ve 60-70 km derinlikleri arasında yüksek enerji konturları hesaplanmıştır.

İran platosu, Zagros ve Kafkas zonlarını kapsayan onuncu bölgede meydana gelen depremler normal, ters ve bindirme faylarla ilgilidir (Laane ve Chen, 1989; Berberian,

1981; Gupta, 1993). Bölge için 70 km derinliğine kadar her seviyede deprem gözlenmiş olup, 1960'dan öncesi için enerji daha ziyade derinliği bilinmeyen depremlerle ilgilidir. 1960'dan sonra ise açığa çıkan enerjinin daha çok üst kabukla ilişkili olduğu gözlenir. 1980'den günümüze kadar olan depremlerin odak derinliklerinin daha duyarlı bir şekilde hesaplandığı gözönüne alınırsa, üst kabukta depremlerle meydana gelen deformasyonun 15-20 km civarında yoğunlaştığı açıktır. Dolayısıyla, depremlerin önemli bir kısmı üst kabukta yer almaktadır.

Çin, Tibet platosu ve Sibiryanın bir kısmını kapsayan onbirinci bölgenin sismik aktivitesi yüksek olmasından dolayı büyük manyitütlü çok sayıda deprem gözlenmiştir. Bu yüzden bölge için yüksek enerji değerleri hesaplanmıştır. 1960'dan öncesi için enerjinin yüksek olduğu derinlik 0-5 km dir. 1960'dan sonrası için 0-40 km arasında sürekli konturlar hesaplanmıştır. Bu derinliklerde enerjinin yüksek olması bölgede sık derinliklerde yer alan normal ve doğrultu atımlı faylara bağlı depremlerden kaynaklanmaktadır (Chen ve Molnar, 1983; Tapponnier ve Molnar, 1977). Ayrıca, bölgede Avrasya'nın Hindistan levhası ile çarpışması sonucu oluşan Himalayalarda 400 km derinliğe kadar depremler gözlenebilmektedir (Zhang, 1993).

Kuzey Amerikayı kapsayan ikinci bölgenin kuzeyinde bindirme fayları ve güneyinde transform faylar yer almaktadır (Haukson, 1990). San Andreas fayı, sismik aktivitesi bakımından bölgenin en önemli tektonik birimidir. Bu sisteme bağlı olarak depremlerin büyük bir kısmı ilk 20 km'de meydana gelmiştir. Derinliği bilinmeyen olaylar için verilen 0 ve 33 km derinlikleri hariç olmak üzere deprem dağılımı incelendiğinde, olayların 10-15 km civarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlar ise doğrudan San Andreas fay'ının aktivitesi ile ilgilidir. Bu bölgenin en önemli özelliği 1960-1980 yılları arasında açığa çıkan enerjinin minimum düzeyde olmasıdır.

Ondördüncü ve onbeşinci bölgenin en önemli tektonik birimleri arasında Acapulco Trenchi ve Guatemala Trenchi yer almaktadır. Bu bölgelerde 70 km derinliğe kadar her bir seviyede gözlenen depremlere bağlı olarak her derinlikte enerji değerleri hesap edilmiştir. Bindirme, ters ve doğrultu atımlı faylanmalara bağlı olarak gelişen depremler nedeni ile

14 ncü bölgede 15-35 km ve 15 nci bölgede 0-15 km derinlikleri arasında enerji maksimum değerini vermektedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, dünyanın değişik bölgelerinde meydana gelmiş olan depremlerin bilinen manyitüd türleri kullanılarak, diğer manyitüd türleri ampirik olarak elde edilmiştir. Geliştirilen bu yeni ilişkiler kullanılmak suretiyle yüzey dalgası manyitüdü (M_s) bilinmeyen depremler için bu manyitüd türü hesaplanarak yeni bir katalog oluşturulmuştur. Yine, günümüze kadar dünyanın değişik bölgelerinde olmuş depremlerden manyitüdü (M_s) ve buna bağlı olarak açığa çıkan sismik enerjisi (E_s) bilinen ve literatürde yayınlanan olaylar gözönüne alınarak yeni bir M_s - $\text{Log}E_s$ ($\text{Log}E_s = 1.5 M_s + 11.32$) ilişkisi geliştirilmiştir. Daha sonra, literatürde yer alan benzer ilişkilerle nazaran daha kapsamlı veriye esas olan bu ilişki, homojen olan kataloğa uygulanmak suretiyle dünyanın değişik bölgelerindeki sismik kaynak zonlarında, zaman içerisinde açığa çıkan enerjinin derinlik boyutunda değişimi incelenmiştir.

Okyanus ortası sırtlarda meydana gelen depremlerin odak derinlikleri 10-15 km civarında yoğunlaşmaktadır. Aktif sismik marjinlerin geliştiği Atlantik Okyanusundaki sismik aktivitede son 30 yılda bir azalma görülmesine karşın, pasif marjinlerin yer aldığı Hindistan Okyanusunda son zamanlardaki sismik aktivite, güneybatı ve güneydoğuya doğru uzanan kollarına göre daha aktiftir. Sismik aktivitesi düşük olan bölgelerle doğu Afrika yükseliminde 1980'den sonra meydana gelen depremlerle açığa çıkan enerji ilk 15 km derinliğinde yoğunlaşmaktadır.

Dalma-batma zonları ile ilişkili olan 1, 10, 11,12, 13, 14, 15, 16, 18, 22 ve 23 ncü bölgelerde, derinlik-deprem sayısı grafikleri süreklilik göstermektedir. Buna bağlı olarak zaman ve derinliğe göre hesaplanan enerjide süreklidir. Bu bölgeler için verilen enerji ilişkileri incelendiği zaman konturların 20-45 km derinlikleri arasında kapanım gösterdiği gözlenir. Ayrıca 50-70 km derinlikler arasındaki konturlarda da bir süreklilik vardır. Değişik araştırmacılar tarafından bu bölgelerde sismojenik zonun derinliğini tesbit etmek

için bazı çalışmalar yapılmıştır. Tichelaar ve Ruff (1993) yaptıkları çalışmada Aleutian trenchinde (Bölge 1) sismojenik zonun 35-41 km ve Kuril trenchinde (Bölge 13) 37-43 km arasında olduğunu tesbit etmişlerdir. Pacheco ve diğ. (1993) sismojenik zonun Japon trenchinde (Bölge 13) 50 km, Şili trenchinde (Bölge 18) 45 km, Tonga trenchinde (Bölge 16) 53 km ve Java trenchinde (Bölge12) 70 km ye kadar sürdüğünü ortaya atmışlardır. Enerjinin yüksek olduğu değerler bu sismojenik zonla ilişkili olan bölgelere denk düşmektedir. Ayrıca, 0-20 km arasında yer alan yüksek enerji dağılımları, yüzey faylanmalarına bağlı olan depremlerden kaynaklanmaktadır.

Kaynaklar

- Båth, M., (1966) Earthquake Energy and Magnitude, Phys. Cem. Earth, 7, 115-165.
- Båth, M., (1973) Introduction to Seismology, Halsted Press, London, 386 pp.
- Båth, M., (1978) Structural and vibrational bedrock properties in Sweeden, J. Comp. Phys., 29, 344-356.
- Båth, M., (1981) Earthquake magnitude - recent research and current trends, Earth Science Reviews, 17, 315-398.
- Berberian M., (1981) Active faulting and tectonics of Iran, in *Zagros, Hindu-Kush-Himalaya Geodynamic Evulation*, edited by H. K. Gupta and F. M. Delany, Geodynamic Series, Vol. 3, 33-69.
- Bergman, E. A. and Solomon, S. C., (1984) Source mechanisms of earthquakes near Mid-Ocean ridges from body waveform inversion: Implications for the early evolution of Oceanic lithosphere, J. Geophys. Res., 89(B13), 11,415-11,441.
- Boatwright, J. and Choy G. L., (1986) Acceleration source spectra anticipated for large earthquakes in northeastern America, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 660-682.
- Bolt, B. A., (1978) Incomplete formulations of the regression of earthquake magnitude with surface fault rupture length, Geology, 6, 233-235.
- Bolt, B. A., (1986) Seismic energy release over a broad frequency band, PAGEOPH., 124, 1919-930.
- Burton, P. W., (1978) The IGS file of seismic activity and its use for hazard assesment, Seismological Bull., 6, 13 p.

- Chen, W. P. and Molnar P., (1983)** Focal depths of Intra-continental and Interplate earthquakes and their implications for the thermal and mechanical properties of the lithosphere, *J. Geophys. Res.*, 88, 4183-4214.
- Choy, G. L. and Boatwright J. L., (1995)** Global patterns of radiated seismic energy and apparent stress, *J. Geophys. Res.*, 100(B9), 18, 205-18,228.
- Cocco, M. and Rovelli, A. (1989)** Evidence for the variation of stress drop between normal and thrust faulting earthquakes in Italy, *J. Geophys. Res.*, 94, 9399-9416.
- di Filippo, O. D. and Marcelli, L., (1949)** "La 'Magnitudo' dei terremoti e la sua determinazione nella stazione sismica di Roma", *Ann. Geofisica*, 2, 486-492
- Dziewonski, A. M., Franzen, J. E. and Woodhouse, J. H., (1986)** Centroid-moment tensor solutions for April-June 1985, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 41, 215-225.
- Fairhead, J. D. and Stuart, G. W., (1982)** The seismicity of the East African rift system and comparison with other continental rifts, *Geodynamic Series*, Vol. 8, 41-61.
- Frederich, J. and McCaffrey, R., (1988)** Source parameters of seven large Australian earthquakes determined by body waveform inversion, *Geophys. J.*, 95, 1-3.
- Grimison, N. L. and Chen, W-P., (1988)** Source mechanisms of four recent earthquakes along the Azores-Gibraltar plate boundary, *Geophys. J.*, 92, 391-401.
- Gupta, H. K., (1993)** Seismic hazard assesment in the Alpide belt from Iran to Burma, *Ann. Geofis.*, 36(3-4), 61-82.
- Gutenberg, B., (1956)** The energy of earthquakes, *Quart. J. Geol. Soc.*, 112, 1-14.
- Gutenberg, B. and Richter, C. F., (1956)** Magnitude and energy of earthquakes, *Ann. Geofis.*, 9, 1-15.
- Hauksson, E., (1990)** Earthquakes, faulting, and stress in the Los Angeles basin, *J. Geophys. Res.*, 95, 15,365-15,394.
- Houston, H., (1990)** A Comparison of broadband seismic energies and stress drop of the 1989 Loma Prieta and 1988 Armenian earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 17, 1413-1416.
- Iida, K., (1971)** A magnitude-energy relation for large and small earthquakes and seismic efficiency factor, *Zisin*, 24, 266-274.
- Kanamori, H. and Anderson, D. L., (1975)** Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 65, 1073-1095.
- Kanomari, H., Mori J., Hauksson E., Heaton T. H., Hutton L. K., and Janes L. M., (1993)** Determination of earthquake energy release and M_L using TERRASCOPE, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 83, 330-346.

- Kikuchi, M. and Fukao Y., (1988)** Seismic wave energy inferred from long-period body wave inversion, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 78, 1707-1724.
- Kulhanek, O., (1990)** Anatomy of seismograms, *for the IASPEI/Unesco Working Group on Manual of Seismogram Interpretation*, Elsevier Science Publishers B. V., Netherlands, 178pp.
- Laane, J. L. and Chen, W-P., (1989)** The Makran earthquake of 1983 April 18: A possible analogue to the Puget Sound earthquake of 1965?, *Geophys. J. Int.*, 98, 1-9.
- Liebermann, R. C. and Pomeroy, P. W., (1970)** Source dimensions of small earthquakes as determined from the size of the aftershock zone, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 60, 879-890.
- Mayer-Rosa, D., (1993)**, Towards uniform earthquake hazard assesment in Europe, *Ann. Geofis.*, 36(3-4), 93-101.
- Murphy, J. R. and Muller R. A., (1971)** Seismic characteristics of underground nuclear detonations, Part II. Elastic energy and magnitude determinations, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82, 1693-1704.
- Ohnaka, M., (1978)** Earthquake-source parameters related to magnitude, *Geophys. J.*, 55, 45-66.
- Pacheco, J. F., Sykes L. R. and Scholz C. H. (1993)** Nature of seismic coupling along simple plate boundaries of the subduction type, *J. Geophys. Res.*, 98, 14,133-14,159.
- Richter, C. F., (1958)** *Elementary Seismology*, W. H. Freeman Company Inc., USA, 768 pp.
- Shoja-Taheri, J. and Anderson G., (1988)** 1978 Tabas, Iran, earthquake and interpretation of strong motion records, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 78, 142-171.
- Shudofsky, G. N., (1985)** Source mechanisms and focal depths of East African earthquakes using Rayleigh-wave inversion and body wave modelling, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 83, 563-614.
- Smith, K. D. , Brune J. N. and Priestley K. F., (1989)** Seismic energy spectrum, and the Savage and Wood Inequality for complex earthquakes, *in Observatory Seismology, edited by J. J. Lithiser*, 279-302.
- Smith, W. E. T., Whitham, K. and Piche, W. T., (1968)** A microearthquake swarm in 1965 near Mould Bay, N. W. T., *Canda Bull. Seismol. Soc. Am.*, 58, 1991-2011.
- Solov'yev, S. L. and Soleyeva, O. N., (1967)** The relationship between th energy class and magnitude of Kuril earhquakes, *Phys. Solid Earth*, 2, 79-84
- Tapponnier, P. and Molnar, P., (1977)** Active faulting and Cenezoic tectonics of China, *J. Geophs. Res.*, 82, 2905-2930.
- Thatcher W., and Hanks, T. C., (1973)** Source Parameters of Southern California Earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 78, 8547-8576.

Tichelaar, B. W. and Ruff, L. J., (1993) Depth of seismic coupling along subduction zones, J. Geophys. Res., 98, 2017-2037.

Tongue, J. A., Maguire, P. K. H. and Young, P. A. V., (1992) Seismicity distribution from temporary earthquake recording network in Kenya, Tectonophysics, 204, 71-79.

USGS/EDBS: The Global Hypocenter Data Base Information Packet, Version 3.0, U.S. Geological Survey, National Earthquake Information Center, Denver Federal Center, Box 25046, MS 967, Colorado 80225-0046.

Vassiliou, M. S. and Kanomari, H., (1982) The energy release in earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 72, 371-387.

Yılmaztürk, A. ve Bayrak, Y., (1996) Basit ve Kompleks Olayların İstatistiksel Dağılımı : Global Depremlerin Genel Karakteristiği, Deprem Araştırma Bilteni, (baskıda).

Zhang, P., (1993), Seismic hazard assesment in Continental Asia, Ann. Geofis., 36, 3-4, 41-59.

EK-1

Bu kısımda, dünyanın değişik bölgelerinde meydana gelen depremlere ait farklı manyitüd türleri için geliştirilen lineer ilişkiler verilmektedir. Herhangi bir bölgede, veri sayısının 10'dan az olması durumunda elde edilen bağıntılar ve söz konusu manyitüd türlerinin her ikisini içermeyen bölgeler tablolarda verilmemiştir. M_s ve m_b arasındaki ilişkiler Yılmaztürk ve Bayrak (1996)'dan alınmıştır.

(a) m_b ve M_s arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve M_s Arasındaki İlişki
Bölge 1	1077	$m_b = 0.665(\pm 0.012) M_s + 2.009(\pm 0.059)$
Bölge 2	767	$m_b = 0.557(\pm 0.015) M_s + 2.424(\pm 0.074)$
Bölge 3	17	$m_b = 0.794(\pm 0.082) M_s + 1.236(\pm 0.398)$
Bölge 4	560	$m_b = 0.458(\pm 0.017) M_s + 2.744(\pm 0.076)$
Bölge 5	122	$m_b = 0.394(\pm 0.084) M_s + 3.412(\pm 0.393)$
Bölge 6	17	$m_b = 0.732(\pm 0.079) M_s + 1.893(\pm 0.387)$
Bölge 7	99	$m_b = 0.529(\pm 0.043) M_s + 2.478(\pm 0.218)$
Bölge 8	97	$m_b = 0.694(\pm 0.030) M_s + 1.795(\pm 0.148)$
Bölge 9	600	$m_b = 0.590(\pm 0.013) M_s + 2.169(\pm 0.058)$
Bölge 10	536	$m_b = 0.514(\pm 0.015) M_s + 2.660(\pm 0.068)$
Bölge 11	1184	$m_b = 0.598(\pm 0.012) M_s + 2.327(\pm 0.062)$
Bölge 12	2166	$m_b = 0.631(\pm 0.007) M_s + 2.124(\pm 0.038)$
Bölge 13	2498	$m_b = 0.642(\pm 0.007) M_s + 2.086(\pm 0.037)$
Bölge 14	1166	$m_b = 0.573(\pm 0.010) M_s + 2.348(\pm 0.046)$
Bölge 15	328	$m_b = 0.623(\pm 0.018) M_s + 2.210(\pm 0.086)$
Bölge 16	1879	$m_b = 0.611(\pm 0.110) M_s + 2.082(\pm 0.570)$
Bölge 17	633	$m_b = 0.439(\pm 0.022) M_s + 2.859(\pm 0.110)$
Bölge 18	589	$m_b = 0.641(\pm 0.015) M_s + 2.123(\pm 0.079)$
Bölge 19	923	$m_b = 0.538(\pm 0.014) M_s + 2.446(\pm 0.070)$
Bölge 20	199	$m_b = 0.472(\pm 0.028) M_s + 2.887(\pm 0.147)$
Bölge 21	276	$m_b = 0.531(\pm 0.029) M_s + 2.535(\pm 0.144)$
Bölge 22	677	$m_b = 0.558(\pm 0.015) M_s + 2.513(\pm 0.076)$
Bölge 23	2754	$m_b = 0.608(\pm 0.007) M_s + 2.200(\pm 0.038)$
Bölge 24	26	$m_b = 0.583(\pm 0.081) M_s + 2.518(\pm 0.443)$
Bölge 25	119	$m_b = 0.394(\pm 0.066) M_s + 3.111(\pm 0.359)$
Bölge 26	308	$m_b = 0.610(\pm 0.024) M_s + 2.269(\pm 0.131)$
Bölge 27	195	$m_b = 0.580(\pm 0.035) M_s + 2.320(\pm 0.183)$
Bölge 28	340	$m_b = 0.516(\pm 0.026) M_s + 2.459(\pm 0.141)$

(b) m_b ve M_D arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve M_D Arasındaki ilişki
Bölge 1	1	
Bölge 2	83	$m_b = 0.941(\pm 0.067) M_D + 0.234(\pm 0.275)$
Bölge 4	17	$m_b = 0.591(\pm 0.307) M_D + 1.969(\pm 0.065)$
Bölge 5	1	
Bölge 6	2	
Bölge 7	222	$m_b = 0.834(\pm 0.043) M_D + 0.656(\pm 0.174)$
Bölge 8	21	$m_b = 1.076(\pm 0.157) M_D - 0.432(\pm 0.175)$
Bölge 9	605	$m_b = 1.864(\pm 0.026) M_D + 0.618(\pm 0.107)$
Bölge 11	6	
Bölge 14	163	$m_b = 0.815(\pm 0.048) M_D + 0.877(\pm 0.224)$
Bölge 15	162	$m_b = 0.877(\pm 0.040) M_D + 0.530(\pm 0.172)$
Bölge 16	8	
Bölge 18	51	$m_b = 1.166(\pm 0.130) M_D - 0.813(\pm 0.018)$
Bölge 20	28	$m_b = 1.450(\pm 0.162) M_D - 1.935(\pm 0.069)$
Bölge 24	3	

(c) m_b ve M_L arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve M_L Arasındaki ilişki
Bölge 1	1881	$m_b = 0.826(\pm 0.013) M_L + 0.853(\pm 0.057)$
Bölge 3	2	
Bölge 4	9	
Bölge 6	11	$m_b = 0.816(\pm 0.284) M_L + 0.895(\pm 0.201)$
Bölge 7	1066	$m_b = 0.522(\pm 0.022) M_L + 2.030(\pm 0.092)$
Bölge 8	9	
Bölge 9	3326	$m_b = 0.723(\pm 0.011) M_L + 1.256(\pm 0.046)$
Bölge 10	41	$m_b = 0.804(\pm 0.108) M_L + 0.967(\pm 0.469)$
Bölge 11	240	$m_b = 0.645(\pm 0.038) M_L + 1.607(\pm 0.170)$
Bölge 12	124	$m_b = 0.676(\pm 0.055) M_L + 1.459(\pm 0.249)$
Bölge 13	8	
Bölge 15	69	$m_b = 0.673(\pm 0.089) M_L + 1.356(\pm 0.375)$
Bölge 16	71	$m_b = 1.090(\pm 0.600) M_L - 0.564(\pm 0.276)$
Bölge 18	1	
Bölge 20	25	$m_b = 0.751(\pm 0.112) M_L + 1.262(\pm 0.532)$
Bölge 23	135	$m_b = 0.804(\pm 0.043) M_L + 0.863(\pm 0.200)$
Bölge 24	23	$m_b = 0.725(\pm 0.164) M_L + 0.777(\pm 0.256)$

(d) m_b ve m_n arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve m_n Arasındaki ilişki
Bölge 2	14	$m_b = 0.696(\pm 0.206) m_n + 1.339(\pm 0.137)$
Bölge 3	10	$m_b = 0.924(\pm 0.125) m_n + 0.169(\pm 0.380)$
Bölge 6	85	$m_b = 0.375(\pm 0.087) m_n + 2.663(\pm 0.370)$
Bölge 7	4	
Bölge 8	49	$m_b = 0.817(\pm 0.085) m_n + 0.862(\pm 0.340)$
Bölge 9	4	
Bölge 20	49	$m_b = 0.334(\pm 0.095) m_n + 3.070(\pm 0.423)$

(e) m_b ve I arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve I Arasındaki ilişki
Bölge 1	1089	$I = 0.466(\pm 0.044) m_b + 1.196(\pm 0.217)$
Bölge 2	788	$I = 0.810(\pm 0.053) m_b + 1.137(\pm 0.241)$
Bölge 4	12	$I = 1.616(\pm 0.656) m_b - 4.231(\pm 0.492)$
Bölge 5	6	
Bölge 6	88	$I = 0.447(\pm 0.160) m_b + 3.300(\pm 0.197)$
Bölge 7	305	$I = 1.172(\pm 0.116) m_b + 0.546(\pm 0.521)$
Bölge 8	71	$I = 1.270(\pm 0.335) m_b - 1.586(\pm 1.596)$
Bölge 9	222	$I = 1.129(\pm 0.130) m_b + 0.103(\pm 0.577)$
Bölge 10	101	$I = 1.664(\pm 0.221) m_b - 3.223(\pm 0.072)$
Bölge 11	641	$I = 1.031(\pm 0.098) m_b - 1.177(\pm 0.482)$
Bölge 12	1487	$I = 0.580(\pm 0.065) m_b + 0.644(\pm 0.325)$
Bölge 13	2450	$I = 1.073(\pm 0.044) m_b - 1.931(\pm 0.218)$
Bölge 14	461	$I = 1.242(\pm 0.116) m_b - 2.576(\pm 0.561)$
Bölge 15	199	$I = 1.073(\pm 0.141) m_b - 1.470(\pm 0.169)$
Bölge 16	150	$I = 0.383(\pm 0.162) m_b + 1.367(\pm 0.181)$
Bölge 17	4	
Bölge 18	949	$I = 0.951(\pm 0.068) m_b - 1.209(\pm 0.347)$
Bölge 19	11	$I = 1.440(\pm 1.130) m_b - 1.899(\pm 0.557)$
Bölge 20	27	$I = 2.606(\pm 0.400) m_b - 8.324(\pm 0.175)$
Bölge 21	5	
Bölge 22	54	$I = 0.387(\pm 0.246) m_b + 0.910(\pm 0.263)$
Bölge 23	925	$I = 1.108(\pm 0.070) m_b - 2.474(\pm 0.366)$
Bölge 24	9	
Bölge 26	2	

(f) m_b ve M_{UK} arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve M_{UK} Arasındaki İlişki
Bölge 1	284	$m_b = 0.695(\pm 0.029) M_{UK} + 1.561(\pm 0.157)$
Bölge 2	83	$m_b = 0.658(\pm 0.048) M_{UK} + 1.694(\pm 0.247)$
Bölge 3	2	
Bölge 4	18	$m_b = 0.475(\pm 0.117) M_{UK} + 2.682(\pm 0.193)$
Bölge 5	10	$m_b = 0.691(\pm 0.105) M_{UK} + 1.754(\pm 0.165)$
Bölge 6	46	$m_b = 0.440(\pm 0.099) M_{UK} + 2.928(\pm 0.162)$
Bölge 7	38	$m_b = 0.625(\pm 0.049) M_{UK} + 1.655(\pm 0.251)$
Bölge 8	8	
Bölge 9	31	$m_b = 0.610(\pm 0.056) M_{UK} + 1.919(\pm 0.319)$
Bölge 10	23	$m_b = 0.566(\pm 0.118) M_{UK} + 1.997(\pm 0.118)$
Bölge 11	63	$m_b = 0.302(\pm 0.066) M_{UK} + 3.911(\pm 0.394)$
Bölge 12	121	$m_b = 0.473(\pm 0.056) M_{UK} + 2.884(\pm 0.343)$
Bölge 13	221	$m_b = 0.336(\pm 0.037) M_{UK} + 3.729(\pm 0.217)$
Bölge 14	185	$m_b = 0.347(\pm 0.031) M_{UK} + 3.428(\pm 0.174)$
Bölge 15	31	$m_b = 0.448(\pm 0.064) M_{UK} + 2.956(\pm 0.367)$
Bölge 16	294	$m_b = 0.399(\pm 0.026) M_{UK} + 3.250(\pm 0.154)$
Bölge 17	46	$m_b = 0.440(\pm 0.099) M_{UK} + 2.928(\pm 0.262)$
Bölge 18	109	$m_b = 0.311(\pm 0.037) M_{UK} + 3.897(\pm 0.217)$
Bölge 19	25	$m_b = 0.351(\pm 0.146) M_{UK} + 3.596(\pm 0.193)$
Bölge 20	9	
Bölge 21	4	
Bölge 22	38	$m_b = 0.157(\pm 0.139) M_{UK} + 4.969(\pm 0.172)$
Bölge 23	382	$m_b = 0.390(\pm 0.032) M_{UK} + 3.328(\pm 0.195)$
Bölge 24	1	
Bölge 25	8	
Bölge 26	13	$m_b = 0.165(\pm 0.262) M_{UK} + 4.977(\pm 0.551)$
Bölge 27	4	
Bölge 28	13	$m_b = 0.659(\pm 0.341) M_{UK} + 1.576(\pm 0.111)$

(g) M_S ve M_D arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	M_S ve M_D Arasındaki ilişki
Bölge 2	5	
Bölge 4	3	
Bölge 7	16	$M_S = 1.145(\pm 0.190) M_D - 0.953(\pm 0.056)$
Bölge 8	3	
Bölge 9	80	$M_S = 1.261(\pm 0.093) M_D - 1.559(\pm 0.428)$
Bölge 14	71	$M_S = 1.359(\pm 0.107) M_D - 2.076(\pm 0.536)$
Bölge 15	25	$M_S = 1.055(\pm 0.177) M_D - 0.659(\pm 0.188)$
Bölge 16	1	
Bölge 18	9	
Bölge 20	1	

(h) M_S ve M_L arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	M_S ve M_L Arasındaki ilişki
Bölge 1	403	$M_S = 0.811(\pm 0.040) M_L + 0.783(\pm 0.206)$
Bölge 2	432	$M_S = 0.904(\pm 0.040) M_L + 0.063(\pm 0.206)$
Bölge 4	1	
Bölge 7	63	$M_S = 0.875(\pm 0.138) M_L + 0.362(\pm 0.108)$
Bölge 8	1	
Bölge 9	399	$M_S = 1.112(\pm 0.041) M_L - 0.779(\pm 0.193)$
Bölge 10	7	
Bölge 11	33	$M_S = 0.520(\pm 0.145) M_L + 1.820(\pm 0.224)$
Bölge 12	19	$M_S = 0.822(\pm 0.169) M_L + 0.672(\pm 0.121)$
Bölge 13	3	
Bölge 14	2	
Bölge 15	11	$M_S = 1.544(\pm 0.061) M_L - 3.230(\pm 0.437)$
Bölge 16	19	$M_S = 0.881(\pm 0.128) M_L + 0.311(\pm 0.301)$
Bölge 20	5	
Bölge 23	32	$M_S = 1.266(\pm 0.144) M_L - 1.797(\pm 0.177)$

(i) M_S ve m_n arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	M_S ve m_n Arasındaki ilişki
Bölge 2	1	
Bölge 3	4	
Bölge 6	7	
Bölge 8	7	
Bölge 20	7	

(j) M_S ve I arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	M_S ve I Arasındaki ilişki
Bölge 1	266	$M_S = 0.577(\pm 0.070) I + 2.994(\pm 0.310)$
Bölge 2	187	$M_S = 0.406(\pm 0.056) I + 2.769(\pm 0.315)$
Bölge 4	11	$M_S = 0.230(\pm 0.217) I + 4.520(\pm 0.061)$
Bölge 5	6	
Bölge 6	9	
Bölge 7	47	$M_S = 0.371(\pm 0.064) I + 2.544(\pm 0.445)$
Bölge 8	21	$M_S = 0.214(\pm 0.082) I + 3.803(\pm 0.494)$
Bölge 9	29	$M_S = 0.289(\pm 0.089) I + 3.137(\pm 0.419)$
Bölge 10	51	$M_S = 0.554(\pm 0.090) I + 1.849(\pm 0.539)$
Bölge 11	118	$M_S = 0.395(\pm 0.047) I + 2.837(\pm 0.260)$
Bölge 12	249	$M_S = 0.186(\pm 0.057) I + 4.480(\pm 0.309)$
Bölge 13	295	$M_S = 0.261(\pm 0.041) I + 4.144(\pm 0.220)$
Bölge 14	87	$M_S = 0.403(\pm 0.059) I + 3.375(\pm 0.327)$
Bölge 15	55	$M_S = 0.263(\pm 0.124) I + 4.007(\pm 0.267)$
Bölge 16	64	$M_S = 0.043(\pm 0.051) I + 5.955(\pm 0.264)$
Bölge 17	1	
Bölge 18	163	$M_S = 0.321(\pm 0.063) I + 3.971(\pm 0.325)$
Bölge 19	4	
Bölge 20	5	
Bölge 21	1	
Bölge 22	6	
Bölge 23	187	$M_S = 0.300(\pm 0.041) I + 4.611(\pm 0.207)$
Bölge 24	3	
Bölge 26	2	

(k) M_S ve M_{UK} arasında elde edilen ilişkiler.

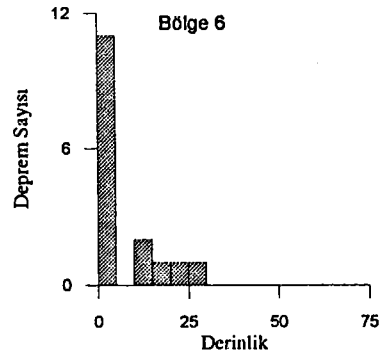
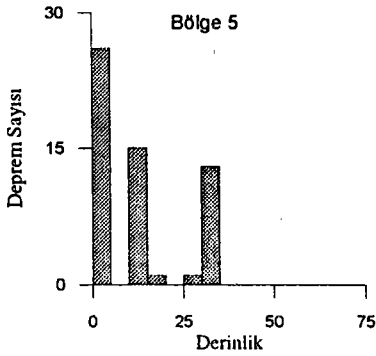
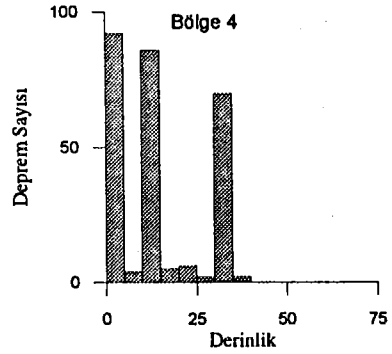
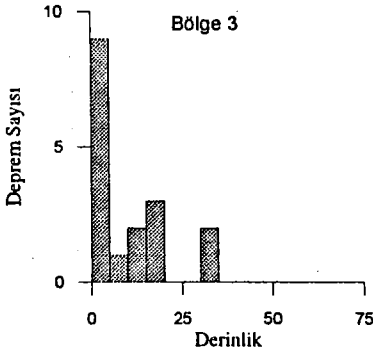
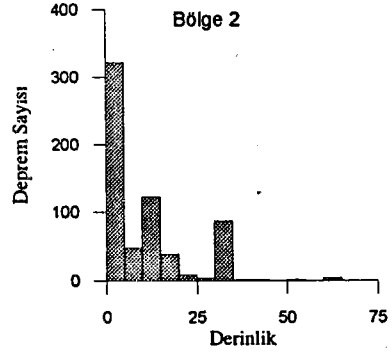
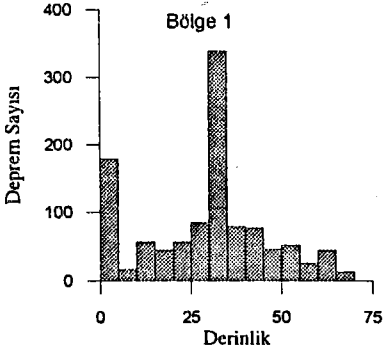
Bölge	Veri Sayısı	M_S ve M_{UK} Arasındaki ilişki
Bölge 1	85	$M_{UK} = 0.806 (\pm 0.061) M_S + 1.117 (\pm 0.348)$
Bölge 2	25	$M_{UK} = 0.606 (\pm 0.101) M_S + 2.340 (\pm 0.565)$
Bölge 3	2	
Bölge 4	14	$M_{UK} = 0.824 (\pm 0.158) M_S + 1.144 (\pm 0.029)$
Bölge 5	7	
Bölge 6	4	
Bölge 7	13	$M_{UK} = 0.893 (\pm 0.100) M_S + 0.825 (\pm 0.591)$
Bölge 8	4	
Bölge 9	16	$M_{UK} = 0.906 (\pm 0.073) M_S + 0.727 (\pm 0.440)$
Bölge 10	10	$M_{UK} = 1.041 (\pm 0.107) M_S - 0.061 (\pm 0.477)$
Bölge 11	22	$M_{UK} = 0.200 (\pm 0.096) M_S + 5.103 (\pm 0.556)$
Bölge 12	60	$M_{UK} = 1.062 (\pm 0.074) M_S - 0.340 (\pm 0.459)$
Bölge 13	105	$M_{UK} = 0.844 (\pm 0.070) M_S + 0.915 (\pm 0.413)$
Bölge 14	93	$M_{UK} = 0.926 (\pm 0.061) M_S + 0.531 (\pm 0.347)$
Bölge 15	15	$M_{UK} = 1.136 (\pm 0.142) M_S - 0.784 (\pm 0.325)$
Bölge 16	152	$M_{UK} = 0.955 (\pm 0.041) M_S + 0.324 (\pm 0.239)$
Bölge 17	31	$M_{UK} = 1.069 (\pm 0.146) M_S - 0.234 (\pm 0.124)$
Bölge 18	37	$M_{UK} = 0.903 (\pm 0.098) M_S + 0.477 (\pm 0.592)$
Bölge 19	20	$M_{UK} = 0.768 (\pm 0.138) M_S + 1.479 (\pm 0.129)$
Bölge 20	5	
Bölge 21	3	
Bölge 22	24	$M_{UK} = 0.730 (\pm 0.112) M_S + 1.695 (\pm 0.307)$
Bölge 23	201	$M_{UK} = 0.900 (\pm 0.042) M_S + 0.657 (\pm 0.258)$
Bölge 24	1	
Bölge 25	6	
Bölge 26	6	
Bölge 27	4	
Bölge 28	9	

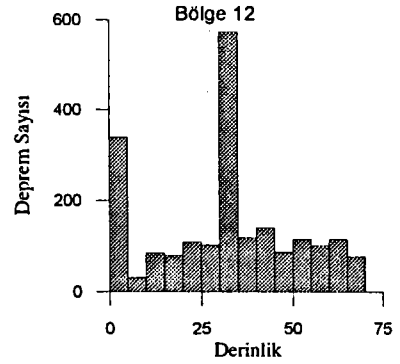
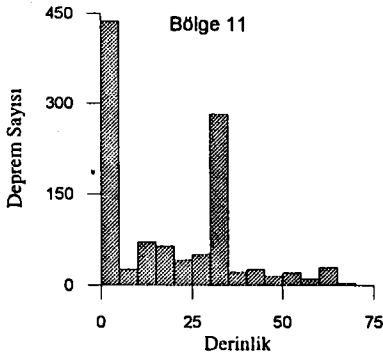
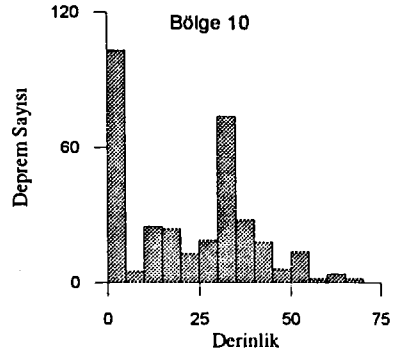
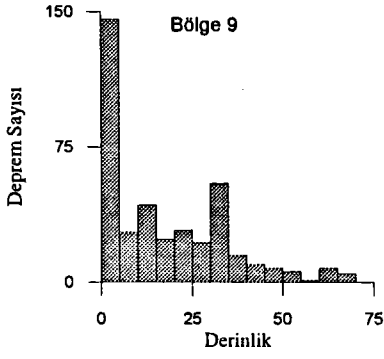
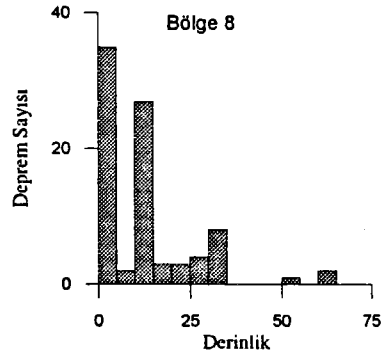
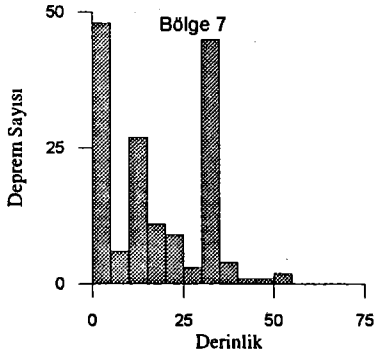
(I) M_S ve m_W arasında elde edilen ilişkiler.

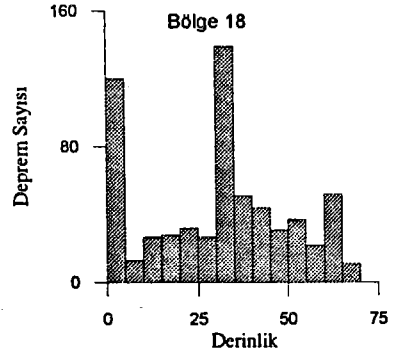
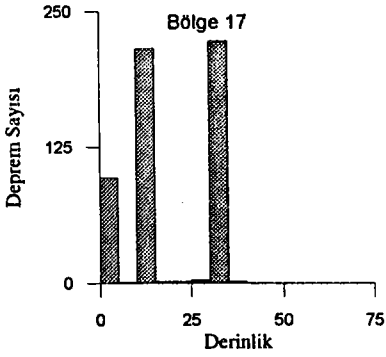
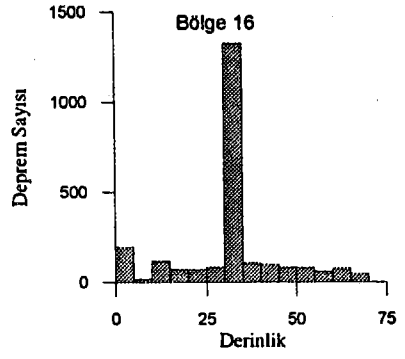
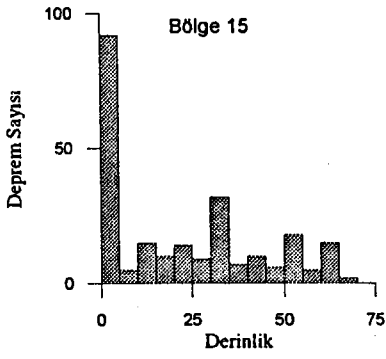
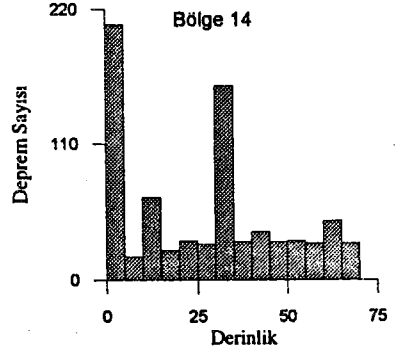
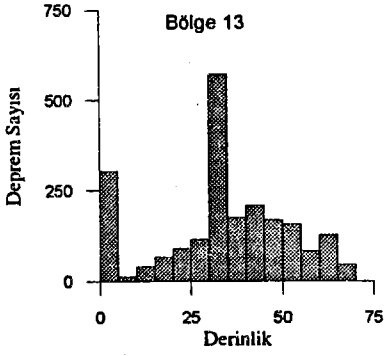
Bölge	Veri Sayısı	M_S ve m_W Arasındaki ilişki
Bölge 1	30	$M_S = 0.622(\pm 0.180) m_W + 2.683(\pm 0.134)$
Bölge 2	10	$M_S = 0.838(\pm 0.219) m_W + 1.242(\pm 0.400)$
Bölge 3	1	
Bölge 6	1	
Bölge 8	4	
Bölge 9	11	$M_S = 0.554(\pm 0.171) m_W + 3.240(\pm 0.227)$
Bölge 10	5	
Bölge 11	30	$M_S = 0.624(\pm 0.085) m_W + 2.767(\pm 0.029)$
Bölge 12	48	$M_S = 0.756(\pm 0.074) m_W + 1.736(\pm 0.541)$
Bölge 13	48	$M_S = 0.859(\pm 0.052) m_W + 0.959(\pm 0.391)$
Bölge 14	350	$M_S = 0.905(\pm 0.077) m_W + 0.621(\pm 0.576)$
Bölge 15	3	
Bölge 16	24	$M_S = 0.769(\pm 0.110) m_W + 1.668(\pm 0.128)$
Bölge 18	25	$M_S = 0.639(\pm 0.087) m_W + 2.585(\pm 0.053)$
Bölge 19	1	
Bölge 21	2	
Bölge 22	12	$M_S = 0.894(\pm 0.046) m_W + 0.722(\pm 0.337)$
Bölge 23	66	$M_S = 0.745(\pm 0.067) m_W + 1.800(\pm 0.491)$
Bölge 26	6	

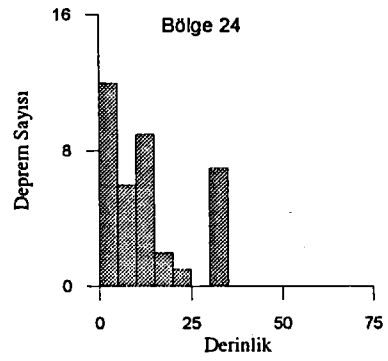
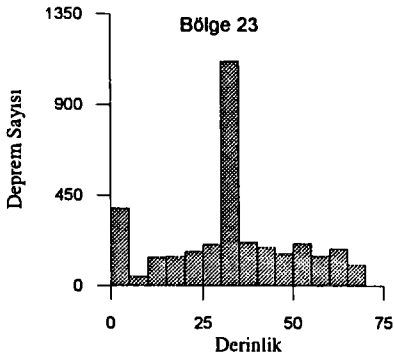
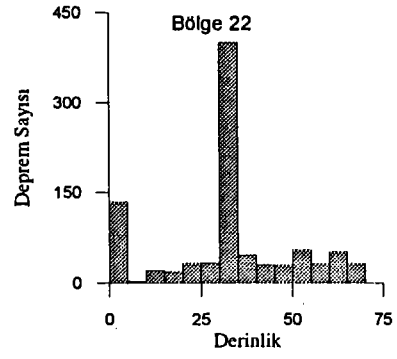
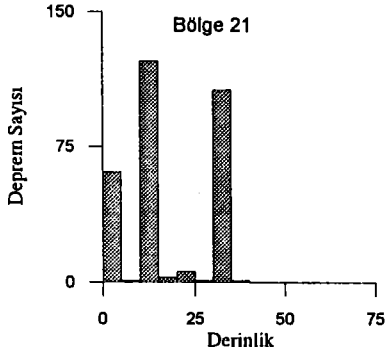
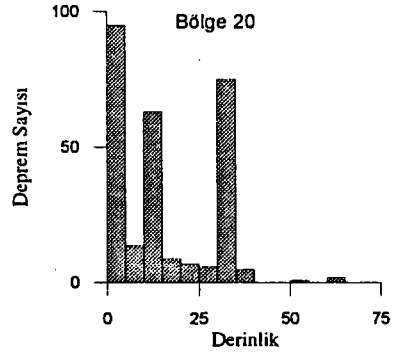
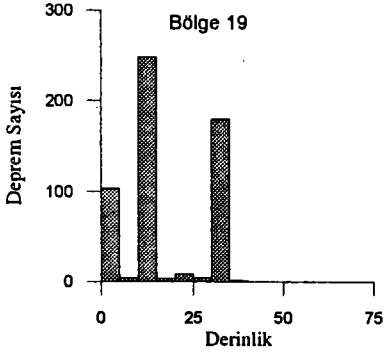
EK-2

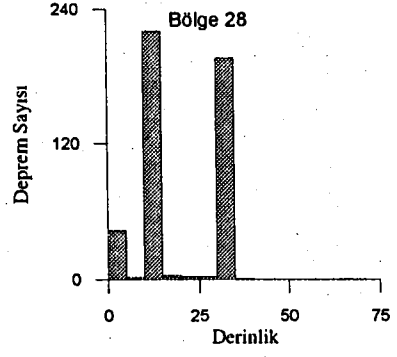
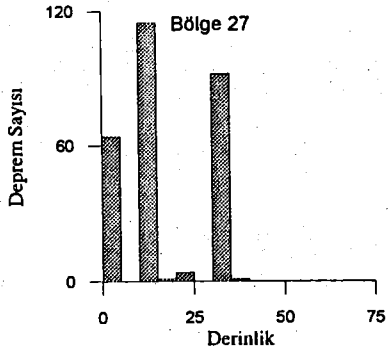
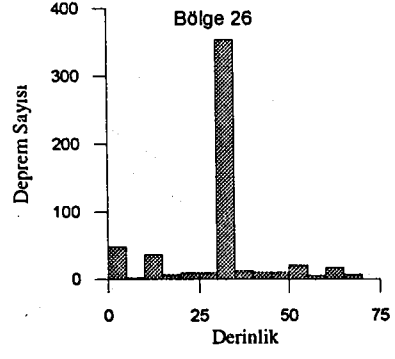
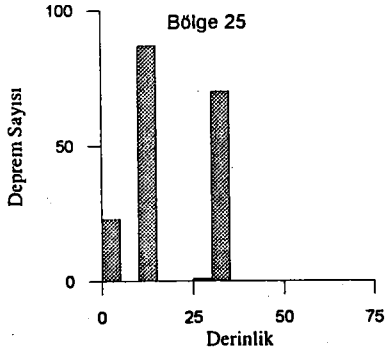
Şekil 2' de görülen 28 ayrı bölge için deprem sayısının derinlikte değişimini gösteren histogramlar. Derinliği bilinmeyen depremlerin odak derinliği 0 km olarak alınmıştır.











Basit ve Kompleks Olayların İstatistiksel Dağılımı : Global Depremlerin Genel Karakteristiği

Ahmet Yılmaztürk, Yusuf Bayrak

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,
Trabzon-TÜRKİYE

Özet : CD-ROM verileri kullanılarak Dünya üzerinde 1900 yılından bu yana oluşmuş depremlerin cisim ve yüzey dalgası manyitüdüleri arasındaki ilişkiler irdelenebilir. Global hiposantur veri bankasından temin edilen toplam 20152 kabuksal olay incelenmiştir. Sismik aktivite dağılımı gözönüne bulundurularak dünya 28 ayrı bölgeye bölünmüştür. Kompleks ve basit olayların kestirimi için daha önceki çalışmalarda önerilen ampirik fonksiyonlar ve depremlerin M_s - m_b ilişkileri en küçük kareler yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, literatürde yayınlanan farklı bölgelere ait kaynak tipleriyle karşılaştırılmıştır. Deprem manyitüdülerinin dağılım istatistiği, doğrultu atım bileşeni olmayan ters ve normal fay mekanizmalarının basit olaylar olarak sınıflandırılabileceğini göstermiştir. Keza, dikçe bir eğime sahip olan levhalarda meydana gelen depremler de basit P dalga form ve kaynak-zaman fonksiyonlarına sahiptir. Nükleer patlatmalar için benzer sonuçlar bulunurken, doğrultu-atım bileşeni içeren küçük manyitüdü kıtasal depremlerin kompleks veya basit olarak ayırt edilemeyeceği gözlenmiştir.

Statistical Distribution of Simple and Complex Events : Characteristics of Global Earthquakes

Abstract : CD-ROM data make it possible to investigate the relationships between body and surface wave magnitudes for events all over the World since 1900. A total of 20152 crustal events from the Global Hypocenter Data Base have been studied. On the basis of the distribution pattern of seismic activity, we divided the World into 28 regions. For each region, the empirical functions, as proposed in previous studies for the prediction of simple and complex events, and the M_s - m_b relations of earthquakes are calculated using a conventional least square procedure. The results are compared with the source types published in literature for different regions. The statistics of the distribution of earthquake magnitudes show that the mechanisms of the thrust and normal faulting with no components of strike-slip motion can be classified as simple events. Earthquakes that occur in a steeply dipping plane also have simple P-waveforms and source time functions. Similar results are true for nuclear explosions while small magnitude continental earthquakes with strike-slip components may not be categorized as simple or complex.

Giriş

Yerkürenin deprem aktivitesi, tektonik hareketlerin meydana geldiği levha sınırlarında yoğunlaştığı bilinmektedir (Şekil 1). Dünya üzerinde 1900-1992 yılları arasında manyitüdü $M > 5.5$ olan 14550 kadar depremin episantr dağılımı Şekil 2'de verilmektedir. Genellikle depremlerin oluşumu itibariyle dört değişik sismik kuşağından bahsedilebilir. Bunlar; Okyanus ortası sırtlar (Orta atlantik sırtı, Reykjanes sırtı, Carlsberg sırtı, Orta Hindistan sırtı, Güneybatı ve Güneydoğu Hindistan okyanusu sırtları, Doğu Pasifik yükselimi), dalma-batma zonları (Honshu, Kuriles, Kamchatka, Aleutians, Alaska, Meksico ve Peru-Chile dalma batma zonları), transform faylar (Kuzey Anadolu fayı, San Andreas fayı) ve levhalar arası sınırlardır (Bitlis-Zagros bindirme zonu, Himalaya kuşakları). Orta Atlantik sırtı, doğu Pasifik ve levhaların birbirlerinden uzaklaştığı diğer okyanus sırtlarında, dar bir kuşak boyunca sismik aktivitenin yüksek olduğu görülmektedir. Okyanus ortası sırtlar genellikle küçük manyitüdü sığ depremler ile karakterize edilirler. Levhaların birbirlerine göre relatif hareket ettiği transform fay kuşakları boyunca oluşan depremler de okyanus ortası sırtlarda meydana gelen depremler gibi sığ odaklıdır. Derin odaklı depremler ise genellikle levhaların birbirlerine yaklaştığı yerlerde meydana gelen dalma-batma zonlarında ve bunlarla ilişkili olan ada yayları ve genç dağ oluşumları ile ilgilidir.

Deprem büyüklüğünün bir ölçüsü olarak bilinen manyitüd, değişik sismik dalga fazlarından hesap edilebilen bir parametredir (m_b ; cisim dalgaları, M_s ; yüzey dalgaları, M_{CODA} ; koda dalgaları v.b). Manyitüd skalaları genellikle

$$M = \log_{10} (A/T) + f(\Delta, h) + c \quad (1)$$

formunda olup, yaklaşık bir ifadeyle hesap edilebilir (Báth, 1974; Báth, 1981; Fowler, 1992). Burada A, kullanılan sismik dalga fazındaki maksimum genliği (mikron olarak), T, maksimum genlikle ilgili periyodu (saniye olarak), $f(\Delta, h)$, uzaklığa bağlı olarak dalga genliğinde meydana gelen azalmayla ilgili olan düzeltme veya kalibrasyon fonksiyonunu, Δ , sismometreden episantra olan açıl mesafeyi, h odak derinliğini ve c sabiti göstermektedir. Bu denklemden görüleceği gibi, farklı frekanslara sahip dalgalar,

farklı genliklere sahip olacağından hesap edilecek manyitüd değeri sismik dalganın olduğu ortamla direk ilişkili olmasına rağmen kaynak mekanizması ve spektrasi, absorpsiyon, geometrik yayılım, dispersiyon, alet ve alıcının bulunduğu ortamın jeolojik özelliklerini içermez. Uzaklık ve derinliğe bağlı olan $f(\Delta, h)$ fonksiyonu ve c sabitinin hesaplanması değişik odak derinlikleri için farklı olacağı gibi hesaplanacak manyitüd değeri belirli bir açısal mesafe için geçerli olacaktır. Bir depremden elde edilen değişik manyitüd skalaları (örneğin; m_b , M_s , M_L , M_w) arasında lineer bir ilişki kurulabilir. Ancak, bu ilişki değişik bölgelere ait depremlere uygulandığında saçılmalar görülecektir. Sismik dalga fazlarının genlik ve frekans içeriği kaynak bölgesindeki tabakalanma durumu, yoğunluk, hız ve derinlik gibi parametrelerin yanısıra kaynak mekanizmasına da bağlıdır (Douglas ve diğ., 1981; Michael ve diğ., 1987). Dolayısıyla farklı kaynak türlerinden elde edilecek magnitüd bilgisi basit ve kompleks olayların (depremin veya nükleer patlatma) ayırımı için kullanılabilir.

Veriler

Kullanılan veri, United States Geological Survey-National Earthquake Information Center (USGS-NEIC) tarafından hazırlanmış olan ve M.Ö. 2100-1992 yılları arasında meydana gelmiş olan 91565 deprem hakkında bilgilerin yer aldığı 40 adet katalog içeren Global Hypocenter Data Base (CD-ROM)'den alınmıştır. Bu kataloglarda her bir depremin tarihi, oluş zamanı, koordinatları, odak derinliği, depreme ait bilinen magnitüd türleri, şiddeti, kültürel etkiler, kayıt edildiği istasyon sayısı gibi bilgiler yer almaktadır.

CD-ROM'da yer alan katalogların bazıları bölgesel olmasından dolayı, yalnızca dünya çapında meydana gelen depremler hakkında bilgileri içeren ABE, BCIS, BDA, REAT, GUTE, ISS, ISSN, P&S ve PDE katalogları dikkate alınmıştır. Parametreleri aynı olan depremlerin yanısıra, oluş zamanları arasında 10 saniyeden az ve episantr noktaları arasında 15 km den az fark bulunan depremler de aynı deprem olarak kabul edilerek elimine edilmiştir. Sonuçta 296739 deprem hakkında bilgilerin yer aldığı yeni bir katalog oluşturulmuştur. Bu depremlerden 151384 tanesi için m_b bilgisi verilmiş olup,

bunlardan 150881 tanesi PDE kataloğundan geriye kalan 503 deprem ise ABE ve GREAT kataloglarından alınmıştır. Oluşturulan katalogta yer alan depremlerin yaklaşık %8 kadarı için M_s manyitüdüleri hakkında bilgi mevcut olup, bunlardan 21399 tanesi PDE katalogundan, geriye kalan 1275 deprem ise ABE, GREAT ve P&S kataloglarından alınmıştır. Bu çalışmada kullanılmayan, fakat dünya depremselliği hakkında diğer bilgileri (episantr, şiddet, derinlik ve diğer manyitüd türleri gibi) içeren yeni bir katalog oluşturmak için BCIS, BDA, GUTE, ISS ve ISSN katalogları'nda diğer 4 katalogla birlikte dikkate alınmıştır. Bu depremlerden M_s manyitüdüleri ≥ 5.5 'den büyük olanların episantr dağılımları Şekil 2'de verilmiş olup, bu dağılım tektonik aktivitenin yüksek olduğu zonlar boyunca yer almaktadır. Çalışmada hesaplanacak olan M_s - m_b ilişkileri dünyanın farklı tektonik yapıya sahip bölgeleri için farklı olacağından, işlemler Şekil 3'de gösterildiği gibi tektonik özellikleri farklı olduğu düşünülen 28 ayrı bölge göz önüne alınarak yapılmıştır. M_s - m_b ilişkisi elde edilirken kullanılacak depremlerin M_s ve m_b bilgilerinin her ikisini de içermesi gereklidir.

M_s - m_b İlişkisi

Lineer bir yaklaşımla, M_s ve m_b arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Gupta ve diğ., 1972; Gupta ve Rastogi, 1972; Prozorov ve Hudson, 1974). Bu tür yaklaşımlar belirli bir zaman periyodu içerisinde bir bölgede oluşan depremler için geçerli kabul edilse de, gerçek verilere uygulandığında bir saçılma gözlenecektir. Bunun sebepleri arasında; kullanılan alıcıların aynı tür olmaması, sismik istasyonların homojen bir şekilde dağılım göstermemesi, lineer ilişkilerin ve manyitüd hesaplamalarında kullanılan metodların farklılığı vs. sayılabilir. Buna rağmen, deprem ve nükleer patlatmalardan elde edilen m_b ve M_s değerleri birlikte çizildiğinde bu iki kaynak türü birbirinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir (Davies, 1971; Gupta ve diğ., 1972; Nowroozi, 1986).

Gupta ve Rastogi (1972), CGS (Canadian Geological Survey) tarafından rapor edilen 900 depreme ait m_b ve M_s verisini kullanarak $M_s=1.07m_b-0.23$ ilişkisini bulmuşlardır. Bu araştırmacılar, elde ettikleri lineer ilişkiye göre aşırı saçılım gösteren olaylara ait olan ve Hyderabad (HYB) istasyonunda kayıt edilen sismogramları inceleyerek kompleks olayların $M_s=1.07m_b+0.27$, basit olayların ise $M_s=1.07m_b-0.73$ ifadesiyle temsil edilebileceğini gözlemişlerdir. Buradan, basit olaylara ait yüzey dalgası manyitüdünün (M_s) kompleks veya karmaşık olaylara göre daha düşük olduğu sonucu çıkar. Bir başka deyişle, basit olaylar için düşük M_s manyitüdüne karşın nispi olarak büyük m_b değeri hesap edilmektedir. Nükleer patlatınalar için de aynı durum söz konusudur. Bunun sebebi şöyle izah edilebilir: Nükleer patlatınalar için kaynak-zaman fonksiyonu çok kısadır. Kısa süreli kaynak-zaman fonksiyonuna sahip basit bir deprem durumunda, enerji spektrumu yüksek frekanslarda daha zengin olacağından m_b değerinin beklenilenden daha büyük hesap edilmesine sebep olacaktır.

Şekil 3'de görülen 28 bölgede meydana gelen depremlere ait yüzey ve cisim dalgası manyitüdüleri arasında hesap edilen ilişkiler Tablo 1'de verilmektedir. Kuzey-batı Amerika'da yer alan Aleutian trench'i ile ilişkili olan birinci bölgede yer alan depremlerden en küçük kareler yöntemi ile elde edilen lineer ilişkiye göre 6.5 değerine kadar $m_b > M_s$ ve bu noktadan itibaren $m_b < M_s$ olduğu gözlenir (Şekil 4). Gerçek veri dağılımında ise, küçük m_b 'ye karşın büyük M_s değerleride yer almaktadır. Aynı m_b değerine sahip olan depremlerin yüzey dalgası manyitüdüleri arasındaki fark 2.4 M_s birimi kadardır (Şekil 4). Bu saçılma hesap edilen lineer doğruya göre küçük depremler için ± 1 civarındadır. Kaynak-zaman fonksiyonunun maksimuma ulaşma zamanı (rise-time) uzun olan büyük boyutlu depremlerde $M_s \approx m_b \approx \log L$ olduğu bilinmektedir (Kanamori ve Anderson, 1975). Bu sonuca göre $M=6.5$ civarında olan depremlerin bazılarının oluşturduğu sismik dalga fazlarındaki enerji, dalga formunun ilk kısmında yoğunlaşmamaktadır. Bir başka deyişle, kaynak-zaman fonksiyonu minimum fazlı değildir. Buna en iyi örnek 10 Kasım 1938 ($M_s=8.3$) büyük Aleutian depremi

verilebilir. Bunun yanısıra aynı bölgede (Bölge 1), manyitüdü $M_s=6.9-7.5$ arasında değişen ve kaynak fonksiyonları incelenen diğer bazı depremlerin kısa süreli basit bindirme fayları olduğu gözlenmektedir (Estabrook ve diğ., 1994). Örneğin; bu bölgede oluşan 31 Mayıs 1917 depreminin kaynak mekanizması ters bir faylanma gösterip, yaklaşık 40 sn süreli olan kaynak fonksiyonu sıfır fazlı basit bir kırılma görünümündedir (Estabrook ve Boyd, 1992). Yine, merkezi Aleutian adalarının Adaka adası bölgesindeki küçük boyutlu olayların bir kısmı basit kırılma gösteren ters faylanmalarla ilgili olup, kaynak-zaman fonksiyonları 2-4 sn sürelidir (Ekström ve Engdahl, 1989). Bu çalışmada kullanılan kataloğa bakıldığında, bölgede oluşan önemli depremlerin ($M_s>6.5$) tamamının sığ (<48 km) ve bindirme fayları ile ilişkili olduğu (Tichelaar ve Ruff, 1993) dikkate alınırca bu sonucun süpriz olmadığı görülür. Bu bölgede yer alan ve m_p-M_s ilişkisinin hesap edilmesinde göz önüne alınmayan diğer olayların odak derinlikleri 275 km'ye kadar uzanmaktadır. Burada dikkati çeken en önemli özellik, verileri temsil eden ilişkinin Gupta ve Rastogi (1972) tarafından önerilen ve basit olayların ayırımında kullanılan ilişkiye çok yakın olmasıdır. Buna göre, $M<6.5$ olan depremlerin çoğu ile $M>6.5$ olan depremlerin bir kısmı basit (ardışıklı kırılma meydana gelmeyen) olaylar olduğu gözlenmektedir. Dalma-batma zonlarında oluşan depremlerin P-ekseni dağılımları incelendiğinde, bu eksenin dalan kütlelerin eğimine uygunluk gösterdiği (Condie, 1976) ve derinlikle dikleştiği gözlenir. Eğim arttıkça dalan zonun hareketine ilave olarak gravite kuvvetleri devreye gireceğinden düşey kopmalar meydana gelecektir. Buna örnek olarak; güney Izu-Bonin ($\approx 400-500$ km arası) ve New Hebrides ($\approx 600-700$ km arası) sismik yaylarında ve Peru dalma-batma zonunda ($\approx 600-700$ km arası) gözlenen kopmalar verilebilir. Bu tür olaylar kısa sürede meydana geleceğinden basit bir kaynak-zaman fonksiyonu ile temsil edilecektir. Ancak, buradaki olaylar sığ olmasından dolayı bu şekilde yorumlanamaz. Aleutian yayının saat yönünde dönen bir takım bloklardan oluştuğu biliniyor (Ryan ve Scholl, 1993; Tichelaar ve Ruff, 1993). Dolayısıyla küçük manyitüdü basit depremler, bu blokların birbirlerine göre hareketi esnasında oluşan olaylar olarak izah edilebilir. Aleutian trench'inde meydana gelen depremler normal fay mekanizması göstermektedir

Tablo 1. Her bir bölge için m_b ve M_s arasında elde edilen ilişkiler.

Bölge	Veri Sayısı	m_b ve M_s Arasındaki İlişki
Bölge 1	1077	$m_b=0.655 (\pm 0.012) M_s + 2.009 (\pm 0.059)$
Bölge 2	767	$m_b=0.557 (\pm 0.015) M_s + 2.424 (\pm 0.074)$
Bölge 3	17	$m_b=0.794 (\pm 0.082) M_s + 1.236 (\pm 0.398)$
Bölge 4	560	$m_b=0.458 (\pm 0.017) M_s + 2.744 (\pm 0.076)$
Bölge 5	122	$m_b=0.394 (\pm 0.084) M_s + 3.412 (\pm 0.393)$
Bölge 6	17	$m_b=0.732 (\pm 0.079) M_s + 1.893 (\pm 0.387)$
Bölge 7	99	$m_b=0.529 (\pm 0.043) M_s + 2.478 (\pm 0.218)$
Bölge 8	97	$m_b=0.694 (\pm 0.030) M_s + 1.795 (\pm 0.148)$
Bölge 9	600	$m_b=0.590 (\pm 0.013) M_s + 2.169 (\pm 0.058)$
Bölge 10	536	$m_b=0.514 (\pm 0.015) M_s + 2.660 (\pm 0.068)$
Bölge 11	1184	$m_b=0.598 (\pm 0.012) M_s + 2.327 (\pm 0.062)$
Bölge 12	2166	$m_b=0.631 (\pm 0.007) M_s + 2.124 (\pm 0.038)$
Bölge 13	2498	$m_b=0.642 (\pm 0.007) M_s + 2.086 (\pm 0.037)$
Bölge 14	1166	$m_b=0.573 (\pm 0.010) M_s + 2.348 (\pm 0.046)$
Bölge 15	328	$m_b=0.623 (\pm 0.018) M_s + 2.210 (\pm 0.086)$
Bölge 16	1879	$m_b=0.611 (\pm 0.110) M_s + 2.082 (\pm 0.570)$
Bölge 17	633	$m_b=0.439 (\pm 0.022) M_s + 2.859 (\pm 0.110)$
Bölge 18	589	$m_b=0.641 (\pm 0.015) M_s + 2.123 (\pm 0.079)$
Bölge 19	923	$m_b=0.538 (\pm 0.014) M_s + 2.446 (\pm 0.070)$
Bölge 20	199	$m_b=0.472 (\pm 0.028) M_s + 2.887 (\pm 0.143)$
Bölge 21	276	$m_b=0.531 (\pm 0.029) M_s + 2.535 (\pm 0.144)$
Bölge 22	677	$m_b=0.558 (\pm 0.015) M_s + 2.513 (\pm 0.076)$
Bölge 23	2754	$m_b=0.608 (\pm 0.007) M_s + 2.200 (\pm 0.038)$
Bölge 24	26	$m_b=0.583 (\pm 0.081) M_s + 2.518 (\pm 0.443)$
Bölge 25	119	$m_b=0.394 (\pm 0.066) M_s + 3.111 (\pm 0.359)$
Bölge 26	308	$m_b=0.610 (\pm 0.024) M_s + 2.269 (\pm 0.131)$
Bölge 27	195	$m_b=0.580 (\pm 0.035) M_s + 2.320 (\pm 0.183)$
Bölge 28	340	$m_b=0.516 (\pm 0.026) M_s + 2.459 (\pm 0.141)$

(Stauder,1968). Bu depremler de minimum fazlı kaynak fonksiyonuna sahip olaylar olarak gözönüne alınabilir.

Benzer şekilde, ikinci bölgedeki olaylar incelendiğinde depremlerin çoğunun küçük ve orta büyüklükte ($M < 6.5$) kabuksal ($h < 70$ km) olduğu görülür. Bu bölgenin, kuzey kısmında kuzey-doğu (KD) yönünde bindirme fayları, güney kısmında kuzey-güney doğrultulu sıkıştırma ve doğrultu atımlı fay tektoniği ile ilgili olarak batı Amerika'da meydana gelen depremleri içerir (Hauksson, 1990).

Ters veya bindirme fayları genellikle kısa süreli (birkaç saniyeden 30 saniyeye kadar) basit olaylar olmasına karşın (Estabrook ve diğ., 1992), büyük boyutlu doğrultu atımlı faylar uzun süreli (60 dakikadan fazla) karmaşık veya kompleks olaylardır (Hartzell ve Heaton, 1985). Buna mukabil kısa süreli doğrultu atımlı faylar (örneğin; manyitüdü ≈ 6.8 , kırılma süresi ≈ 4 sn olan 21 Nisan 1918 San Jacinto depremi) sıfır fazlı basit bir kaynak fonksiyonuyla modellenenilmektedir (Doser, 1992). Bu bölgeye ait olup, m_b ve M_s manyitüd bilgisini içeren depremlerden elde edilen ilişki (Şekil 4), birinci bölgeye benzer şekilde $M_s = 1.07m_b - 0.73$ doğrusal ilişkisine çok yakındır. Bunun sebebi; küçük manyitüdü ($m_b < 6.5$) depremlerin çoğu kısa süreli basit kaynak-zaman fonksiyonuna sahip olan bindirme fayları ile ilgili olmasıdır. Sayıca az olan büyük manyitüdü kompleks olayların bu lineer ilişki ile temsil edilen çizginin altında yer almadığı gözlenir.

Üçüncü bölge, sismik olarak fazla aktif olmayan kuzey Amerika ve Greenland'in bir kısmını kapsamaktadır. Bu alan içerisinde oluşan depremler, sığ ($h < 33$ km) ve küçük manyitüdüdür. Kullanılan katalog'da, bu bölgeye ait olup m_b ve M_s bilgisini içeren çok az sayıda deprem vardır.

Dördüncü bölgede meydana gelen depremler, orta Atlantik sırtının kuzeye doğru devamı olan ve Reykjanes sırtı olarak bilinen okyanus ortası sırt depremleri gibi düşünülse de, bunların çoğu bu sırt üzerinde yer alan İzlanda adasındaki volkanik aktivite ile ilgilidir. Bu sırt üzerinde oluşan depremlerin 5-6 tanesi hariç olmak üzere odak derinlikleri 10 ve 33 km'de yoğunlaşan kabuksal ($h < 33$ km) olaylar olduğu

gözlenmektedir. Odak derinliği bilinmeyen depremlerin 33 km'ya atfedildiği düşünülürse, bu olayların okyanus ortası sırt ve aktif volkanlarda beklenildiği gibi çok sığ (5-10 km) ve küçük ($M_s < 5.5$) olduğu gözlenmektedir (Şekil 4). Izlanda adasında son yıllarda meydana gelen olaylar küçük manyitüdü ($M < 2.0$) ve sığ ($h < 3.0$ km) volkanik depremler olup (Arnott ve Foulger, 1994a), çoğu (%80 den fazlası) doğrudan atımlı faylardır (Arnott ve Foulger, 1994b). Bu olaylar katalog'da yer almadığından Şekil 3'de görülmemektedir. Izlanda adasının kuzeyinde yer alan transform faylar, güney-batıya doğru devam etmemektedir (Press ve Siever, 1986). Dolayısıyla burada meydana gelen küçük manyitüdü ($m_b < 5.5$) basit olaylar okyanus ortası sırtlarda meydana gelen genişleme ile ilgili olarak oluşan normal faylarla izah edilebilir. Transform faylarla ilgili olan diğer depremler ise küçük boyutlu faylanmalarla ilgili olduğundan kompleks bir kırılmaya sebep olmazlar.

Sibirya'nın kuzeyi ve İskandinavya'nın bir kısmını kapsayan beşinci bölgede meydana gelen olayların odak derinlikleri 70 km'ye kadar inmektedir. Bunlardan m_b ve M_s bilgisini içeren kısmının m_b - M_s ilişkisi incelendiğinde ilk bakışta büyük bir saçılma olduğu izlenimini verir. Ancak, bu saçılım ($\approx 1.7 M_s$ birimi) ikinci bölgeye ait depremlere ($\approx 3.0 M_s$ birimi) göre azdır. Buna rağmen yüksek m_b değerlerine karşın çok düşük M_s değerlerine sahip çok sayıda olay gözlenmektedir. Bunlar, Sovyet nükleer patlatmalarına ait basit olaylar olduğu aşıkardır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu kısmını içeren altıncı bölge için rapor edilen olayların birkaçı hariç (≈ 60 km) kabuk içinde ($h < 40$ km) meydana geldiği gözlenir. Çok az sayıda olaya ait manyitüd (m_b ve M_s) bilgisi vardır. Bunlar genellikle bindirme fayları ile ilgili olup (Bent, 1996) basit kaynak fonksiyonuna sahip deprem veya patlatma görünümündedir. Örneğin; bu bölgede oluşan 1 Mart 1925 depremi 5 sn lik basit bir kaynak fonksiyonu ile temsil edilebilmektedir (Bent, 1992). Yine, ters

faylanma sonucu meydana gelen 1 Kasım 1935 depreminin yaklaşık 6 sn süreli sıfır fazlı bir kaynak fonksiyonu ile modellenebileceği gösterilmiştir (Bent, 1996).

Batu Avrupa ve İngiltere'yi kapsayan yedinci bölgeye ait büyük manyitüdü birkaç deprem olmasına rağmen bunlar kompleks değildir. Buna mukabil küçük manyitüdü ($m_b < 5.5$) basit olayların dağılımı normal gözükmemektedir. Bunların birkaçı yayınlanan (Davies, 1971) veya yayınlanmayan İngiliz nükleer patlatmalarıyla ilgili olabilir.

Kuzey batı Afrika İberya (İspanya ve Portekiz)'nin bir kısmını içeren bölgenin sismik aktivitesi Cebelitarik civarında yoğunlaşmaktadır. Burada oluşan olaylar genellikle çok sık ($h < 20$ km) dır. Çok az sayıda görülen büyük manyitüdü olayların en önemlilerinden biri olan El Asnam (10 Ekim 1980) depremi ters bir faylanma sonucu oluşmuştur. Bu deprem birbirini izleyen ve yaklaşık 15 sn süren üç aşamada meydana gelmesine karşın P-dalga formları kompleks değildir (Yielding, 1985). Şekil 4'de görülen ve bu bölgeye ait diğer olayların ($m_b < 6.0$) bir kısmı El Asnam depremine benzer şekilde kısa süreli ani kırılma gösteren basit kaynak fonksiyonlu depremlerle ilgili olmalıdır. Atlas Okyanusunun Cebelitarik Boğazına doğru yapmış olduğu körfezde ters faylanmalar, daha açıkta ise doğrultu atımlı ve normal faylanmalar gözlenmiştir (Grimison ve Chen, 1988). Bunlardan doğrultu atım çözümü veren depremlerin bir kısmı 2 sn gibi kısa süreli basit bir kaynak fonksiyonu ile modellenmesine karşın doğrultu atım bileşeni içeren ve kaynak-zaman fonksiyonu 30 sn süreli kadar olan ters faylanmalar basit veya kompleks kırılma olarak sınıflandırılmaz. Benouar (1994), daha fazla veri kullanarak Cezayir için elde ettikleri $M_s = 0.47 + 0.86m_b$ ilişkisinin eğimi, bu çalışmada kullanılan verilerden elde edilen $m_b - M_s$ ilişkisi (Tablo 1) ile karşılaştırıldığında daha azdır.

Dokuzuncu bölgede oluşan depremler esas itibariyle Anadolu levhasının batıya doğru olan hareketi ve Ege Denizindeki dalma-batma zonuna bağlı olarak meydana gelmektedir. Benioff zonlarının oluşum mekanizmasında beklenildiği gibi bu bölgede ters, normal ve doğrultu atımlı faylar hakimdir. Ancak, büyük depremlerin gözlendiği Kuzey Anadolu fayı boyunca oluşan depremlerin bununla ilgisi yoktur. Batu

Anadolu'da hakim olan kuzey-güney doğrultulu genişlemeye bağlı olarak gelişen doğu-batı doğrultulu graben sistemlerinde oluşan normal faylar, Ege denizi altına 240 km derinliğe kadar dalan Afrika levhasının volkanik ada yayı gerisinde sebep olduğu genişleme sonucu meydana gelirler. Bu faylarla ilgili olan depremler basit kaynak fonksiyonuna sahiptir.

Bitlis-Zagros ve Kafkas sıkıştırma zonlarını da içine alan Hazar ve civarı, kompleks ve basit olayların yer aldığı aktif bir bölgedir (Haessler ve diğ., 1992; Kikuchi ve diğ., 1993). Bu bölgedeki bindirme fayları ile ilgili meydana gelen büyük depremler aynı zamanda doğrultu-atım bileşenine sahip olduğundan (Berberian ve diğ., 1992; Gao ve Wallace, 1995) basit ve ani bir kırılma hareketinden ziyade, fay düzlemi boyunca yavaş kırılma oluşmaktadır. Örneğin; 7 Aralık 1988 Ermenistan depreminde, kırılma kısa süreli ani ve basit olmayıp, ana şoku takiben birbiri ardına üç ayrı olay meydana gelmiş ve bu suretle P-dalga formu karmaşık bir hal almıştır (Kikuchi ve diğ., 1993). Bölgenin güneyindeki Makran dalma-batma zonunda oluşan benzer (ters) faylanmalar sonucu meydana gelen depremlere ait P-dalga formları incelendiğinde, bunları basit ve minimum fazlı olmadığı görülür (Byrne ve diğ., 1992). Şekil 4'de görüldüğü gibi bu bölgede çok sayıda basit olaylar meydana gelmiştir. Bunların bir kısmı kısa süreli bindirme fayları ile diğer bir kısmı da normal faylar ile ilgilidir. Örneğin; İran-Pakistan sınır bölgesinde basit kaynak-zaman fonksiyonuna sahip normal faylar meydana gelmektedir (Laane ve Chen, 1989). Yine bu bölgede gözlenen ve yüksek m_b değerine karşın düşük M_s değerleri veren üç adet olay ise nükleer patlatınalarla izah edilebilir.

Çin Halk Cumhuriyeti ve Sibiryanın bir kısmını kapsayan 11.nci bölge her üç tip faylanma (doğrultu atımlı, ters ve normal) mekanizmasının gözlemlendiği tektonik olarak aktif bir alandır. Buradaki olayların odak derinlikleri 380 km'ye kadar inmektedir. m_b - M_s dağılımında, $m_b=6.5$ civarında veri eksikliğinden kaynaklanan bir kopma gözükmemektedir. Cisim dalgası manyitüdüleri $m_b=5.5-6.5$ arasında olan ters, normal ve doğrultu atımlı depremler basit kaynak-zaman fonksiyonuna sahiptir (Nelson ve diğ.,

1987; Molnar ve Lyon-Caen, 1989). Nelson ve diğ., (1987), P ve SH dalga formlarını kullanarak yaptıkları ters çözümlmeden elde ettikleri sonuçlara göre ters faylanmalara ait kaynak fonksiyonlarının süresi 7.0 sn'den azdır. Burada dikkati çeken diğer bir özellik, yüksek m_b 'ye karşın düşük M_s değerlerine sahip bir kısım olaylar ayrı bir grup teşkil etmesidir. Bu olaylar, basit kaynak fonksiyonuna sahip Çin ve Sovyet nükleer patlatmalarıyla açıklanabilir. Nispi olarak yüksek m_b 'ye (>6.5) sahip depremler kompleks değildir. Ancak, bunların bir kısmı bindirme faylarıyla ilgili basit depremlerdir.

On ikinci bölgenin Japon adalarının büyük bir kısmını kapsayan kısmında, cisim dalgası manyitüdüleri (m_b) 5.8-6.7 arasında değişen kabuksal olaylar bindirme fayları ile ilgili olup, bunlara ait fay düzlemi çözümlerinde doğrultu atım bileşeni ya çok küçüktür (Ishida, 1992) ya da bu bileşen hiç yoktur (Tichelaar ve Ruff, 1993). Dolayısıyla; dalma-batma zonuyla ilgili olarak gelişen tektonik kuvvetlere bağlı olarak oluşan bu depremlerin kırılma süreleri kısa, kaynak fonksiyonları ise basit olmalıdır. Örneğin; Shumagin adalarında 13 ve 25 Mayıs 1993 de ters faylanmalarla ilgili olarak meydana gelen depremlerden ikincisinin ($M_w=6.1$) kaynak fonksiyonu birkaç saniye süreli ve basit görünümündedir (Abers ve diğ., 1995).

Kamçatka, Kuril adaları ve Mariana'yı kapsayan 13'ncü bölgede odak derinlikleri 690 km varan depremler oluşmaktadır. Bunlar, dalma-batma zonlarında beklenildiği gibi ters, normal ve doğrultu atımlı olabilmektedir. Kuzey Mariana yayında, dalma-batma zonunun 200-700 km arasında kalan kısmında eğimi $\approx 90^\circ$ dir (Condie, 1976). Kuril trench'inde meydana gelen depremler bindirme faylarıyla ilgili olup (Tichelaar ve Ruff, 1993), Kuril trench'i ile bunun kuzey-batı kısmında yer alan volkanik ada yayı arasında oluşan kabuksal depremler ters ve doğrultu atım fay mekanizması veren olaylardır. Kabuksal ve derin odaklı bu tür depremlere ait kaynak fonksiyonları basit, kısa süreli ve minimum fazlıdır (Glennon ve Chen, 1993; Kao ve Chen, 1994). Bunun yanı sıra, ters faylanmalar sonucu meydana gelen uzun süreli ($\approx 150-160$ sn) büyük depremlerin

(örneğin; 13 Ekim 1963 Kuril ve 4 Kasım 1952 Kamçatka depremleri) de basit kaynak fonksiyonu ile temsil edilebileceği görülür (Hartzell ve Heaton, 1985). Ancak bu tür yavaş kırılma gösteren olaylara ait dalga formlarında enerji dağılımı sıfır fazlıdır. Kabuksal olaylara ait m_b - M_s ilişkisi incelendiğinde, büyük manyitüdü olayların $m_b \approx 6.5$ civarında diğer olaylardan ayrıldığı görülür. Çok sayıda büyük ve küçük ölçekli depremin basit olay kavramına girmesi sürpriz değildir; zira bu bölgenin tektonik aktivitesini kontrol eden dalma-batma zonu yaklaşık 700 km derinliğe kadar dik bir eğimle dalmaktadır. Böyle bir kütlede, gravite kuvvetinin etkisiyle ani kopmalar meydana gelecektir.

Orta Amerikayı temsil eden 14'üncü bölgede ters ve doğrultu atımlı faylar hakimdir. Burada meydana gelen büyük ölçekli bindirme fayları basit kaynak fonksiyonuna sahiptir. (Goes ve diğ., 1993; Protti ve diğ., 1995). Doğrultu atımlı fayların oluşturduğu sismik fazlar ise komplekstir (Fan ve diğ., 1993). Bu tür faylanmalara sebep olan deprem büyüklükleri $M_s=4.5-8.0$ aralığında değişmektedir. Örneğin; 4 Şubat 1976 Guatemala depremini doğrultu atımlı bir faylanma sonucu meydana gelmiştir. Bu deprem, dokuz aşamada gerçekleşmiş ve yaklaşık 102 sn süreli kompleks kaynak fonksiyonuna sahiptir (Kikuchi ve Kanamori, 1991). Literatürde yayınlanan bu bölgeye ait fay düzlemi çözümleri ve bu çözümleri sağlayan kaynak-zaman fonksiyonları incelendiğinde bindirme fayları ile ilgili depremlerin hemen hemen hepsinin basit depremler olduğu görülür. Bu durumda, Şekil 4'de görüldüğü gibi yüzey dalgası manyitüdü (M_s) 5.5'den küçük olan ve kaynak fonksiyonu bilinmeyen çok sayıda olay bindirme fayları ile ilgili olmalıdır.

Orta Amerika bölgesinde dar bir alanı kapsayan 15.nci bölgedeki depremlerin odak dağılımı incelendiğinde, deprem oluşumu itibari ile ilk 10 ve 33 km'de bir yoğunlaşma olmasına karşın yaklaşık 250 km'ye kadar dik bir eğimle dalan litosferin varlığı, bu bölgedeki sismotektonik aktiviteyi kontrol eden en önemli faktör olarak ortaya çıkar. Daha önceki paragraflarda belirtildiği gibi, dikçe bir eğimle dalan levhalarda, gravite kuvvetlerinin de etkisiyle ani kopmalar olacağından kaynak fonksiyonlarının kısa süreli

ve basit görünümlü olması doğaldır. Zira bu tür faylanmalarla ortaya çıkan enerji, kayıt edilen sismogramın başlangıç kısmında toplanacak ve hızla sönmülenecektir.

Onaltıncı bölgeye ait m_b - M_s ilişkisi Tonga trench'i ve Macquarie sırtı (Güney-Doğu Avustralya) depremlerine dayanmaktadır. Bu bölgede meydana gelen büyük manyitüdü depremler $m_b \approx M_s \approx 6.5$ civarında bu değerden daha küçük olan olaylardan ayrılarak ayrı bir gurup teşkil etmektedir. Bu olaylar genellikle basit kaynak fonksiyonuna sahip olma eğilimindedir. Örneğin; 23 Mayıs 1989 büyük Macquarie depremi doğrultu atımlı olmasına karşın basit kaynak fonksiyonuna sahiptir (Velasco ve diğ., 1995). Yine, bu bölgede meydana gelen çok sayıda olayın basit veya kompleks olarak sınıflandırılmayacağı söylenebilir (Şekil 4). Buna örnek olarak 2 Mart 1987 Edgecumbe depremi ($m_b=5.9$, $h=8$ km) verilebilir. Normal faylanma gösteren bu depremin değişik mesafelerde kayıt edilmiş olan P dalga formlarının modellenmesinden elde edilen kaynak-zaman fonksiyonları kısa süreli (≈ 4 sn) ve sıfır fazlı olma eğilimindedir (Anderson ve diğ., 1990). $M_s \approx m_b \approx 6.5$ değerinden daha küçük olan depremlerin bir kısmı komplekstir. Bunun yanısıra çok sayıda basit olay olduğu gözlenmektedir. Bunlardan, yüksek m_b değerine sahip bir kısmının çok düşük M_s değerleri olması dikkat çekicidir.

Doğu Pasifik yükseliminin kuzey kısmında 1965-79 yılları arasında meydana gelen ve cisim dalgası manyitüdüleri 4.9-6.3 arasında değişen sığ odaklı (5-13 km) depremlerin fay düzlemi çözüm parametrelerine göre, bu bölgede gözlenen üç değişik tür faylanmalara bağlı olarak oluşan depremlerin ortak olan özelliği hemen hepsinin kısa süreli (4-11 sn) olmasıdır (Bergman ve Solomon, 1984). Bu olayların kaynak-zaman fonksiyonu irdelendiği zaman, bunların birçoğunun minimum fazlı ve basit görünümlü olmasına karşın diğer bir kısmının (örneğin; 2 Mayıs 1972 ve 11 Eylül 1975 depremleri) basit veya kompleks olarak sınıflandırılmadığı görülür. Bu yükselim üzerinde oluşan depremlerden açığa çıkan enerji 8 ve 33 km derinliklerinde maksimuma erişmektedir. Bunlardan ikincisinin (33 km) hesaplanan derinlik

olmayabileceği düşünülürse, Okyanus ortası yükselim ile bağlantılı olarak meydana gelen depremlerin odak derinliklerinin ilk 10 km'de yoğunlaştığı söylenebilir. Gupta ve Rastogi (1972)'nin bağıntısına göre, küçük boyutlu ($m_b \leq 5.2$) bazı olayların kompleks olabilir. Ancak, cisim dalgası manyitüdü (m_b) 5.5'dan küçük olan depremlerin dalga formlarındaki karmaşıklık, kompleks bir faylanmadan ziyade kaynaktan çıkan sinyalin basit bir yol takip ederek alıcıya ulaşmamasından kaynaklanabilir (Douglas ve diğ., 1973). Yine bu bölgede çok düşük M_s değerine karşın yüksek m_b 'ye sahip olaylar yer almaktadır.

Peru-Şili trench ve dalma-batma zonunu esas alan 18'nci bölgeye ait depremlerin odak derinlikleri 700 km'ye kadar inmektedir. Bu verilerden sığ olanların m_b - M_s dağılımına göre bu bölgede kompleks olayların yer almadığı gözlenir (Şekil 4). Çok az sayıda olan ve Brezilyada meydana gelen küçük ölçekli ($m_b=4.8-5.5$) depremler ters ve doğrultu atımlı faylanmalarla ilgili olup, çok kısa süreli (≈ 2 sn) kaynak fonksiyonuyla temsil edilebilmektedirler (Assumpção ve Suárez, 1988). Şili trenchinde oluşan büyük ölçekli depremlerin kaynak fonksiyonları uzun süreli olmasına rağmen (örneğin; 7.8 manyitüdüne sahip 22 Mayıs 1960 Şili depremi ≈ 270 sn, 7.5 manyitüdü 9 Haziran 1971 Şili depremi ≈ 40 sn) basit ve sıfır fazlı olduğu gözlenmektedir (Hartzell ve Heaton, 1985). Bölgenin güneyinde yer alan Arjantin'in Sierra Pie De Palo kısmındaki kabuksal olaylar ters, normal ve doğrultu atımlı faylanmalar sonucu meydana gelmiştir. Ancak, bu olayların kaynak fonksiyonları hakkında bilgi olmamasına rağmen, Regnier ve diğ., (1992) buradaki faylanmaların kompleks olduğunu ifade etmişlerdir.

Orta Atlantik sırtı üzerinde meydana gelen ve farklı faylanma mekanizmaları (ters, normal ve doğrultu atımlı) gösteren depremler basit telesismik P dalga formlarına sahip olup, birkaç saniye süreli kaynak-zaman fonksiyonları ile modellenilebilmektedirler (Bergman ve Solomon, 1984). Ters faylanma mekanizması gösteren depremlerin, normal faylanmalara göre daha genç olan litosfer tabakasında oluştuğu gözlenmektedir. Bu sırt üzerinde oluşan olayların odak derinlikleri 5-10 km ile 33 km olarak

verilmektedir. Küçük ve büyük ölçekli depremlerin bir kısmı basit kırılma gösteren olaylar olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 4). Diğerleri ise basit olarak yorumlanamayacağı gibi faylanma sürelerinin kısa olması nedeniyle kompleks bir kırılmaya meydan vermemektedir.

Yirminci bölgeyi temsil eden depremler doğu Afrika rift sistemine bağlı olarak oluşmaktadır. Doğu Afrika riftinde 1900-1992 yılları arasında meydana gelen depremlerin odak derinlikleri birkaçı hariç tamamen üst kabuk içerisinde yer almaktadır. Bu olaylar genellikle, normal veya doğrultu atım bileşeni içeren, şekil olarak basit zaman olarak ise kısa kaynak fonksiyonuyla temsil edilebilen normal faylanmalarla ilgilidir (Wagner ve Langston, 1988). Bölgeye depremlerine ait m_b - M_s ilişkisi de, basit kırılma ile izah edilebilecek çok sayıda depremin varlığını göstermektedir.

Orta Hindistan Okyanusu sırtı ile bunun Arabistan yarımadasına doğru (KB istikametindeki) devamı olan Carlsberg sırtını kapsayan 21'nci bölgede oluşan depremlerin az bir kısmının (11 adet) odak derinlikleri 74-223 km arasında yer almasına karşın diğerleri sığ derinliklerde oluşan küçük ölçekli ($m_b < 6.0$) kabuksal olaylardır. Yükselen mağma tabakasından ötürü okyanus ortası sırtlarda meydana gelen genişlemeye paralel olarak normal faylanmalar beklenebilir. Örneğin; 1965-76 yılları arasında bu bölgede meydana gelen ve cisim dalgası manyitüdüleri 5.0-6.0 arasında olan depremler sığ odaklı ($h < 18$ km) olup, odak mekanizması çözümleri normal faylanma göstermektedir (Bergman ve Solomon, 1984). Bu bölgede oluşan diğer olayların basit P-dalga formlarına sahip olduğu ve normal fay mekanizması gösterdiği bilinmektedir (Wiens ve Stein, 1984). Dünya üzerinde bilinen okyanus ortası sırt veya yükselilerde oluşan depremler transform faylanmalarla bağlantılıdır (Press ve Siever, 1986). Alttaki sıcak materyalin yukarıya doğru olan basıncı yanısıra transform faylar boyunca gelişen yanal hareketler de söz konusu olacağından basit bir kırılma ile temsil edilebilecek normal veya doğrultu atımlı faylanma söz konusu değildir. Fakat, faylanmayı etkileyen tektonik kuvvetler basitçe çift-yönlü (double-couple) olarak düşünülemeyeceğinden fay düzlemindeki kayna miktarı kompleks bir kırılmaya meydan vermeyecek kadar az

olacaktır. Bu nedenle, bu bölgede oluşan küçük ölçekli depremler basit kırılma ile ifade edilebilmesine karşın diğerleri basit veya kompleks olarak adlandırılmaz.

Yirmi ikinci bölgede meydana gelen depremlerin odak dağılımları Bali bölgesinde 670 km'ye kadar inmektedir. Üst kabuğa ($h < 20$ km) ait depremler genellikle ters faylanmalarla ilgili olup, kaynak fonksiyonları kısa süreli (≤ 6.0 sn) ve minimum fazlıdır (McCaffrey ve Nabelek, 1987). Aynı bölgede yer alan doğu Sunda ve Banda yaylarındaki tektonik hareketler sonucu meydana gelen sığ ($h < 40$ km) depremler ters, normal ve doğrultu atımlı fay mekanizmaları göstermektedirler. Bunların kaynak fonksiyonları basit ve kırılma süreleri çok kısadır (McCaffrey, 1988). Şekil 4'de görülen dağılıma göre bu bölgede kompleks olaylar yer almamaktadır.

Güney-batı Pasifikte (N-NE Avustralya) bulunan 23'üncü bölgenin sismik aktivitesi yüksek, basit ve kompleks olayların yer aldığı bir alanı kapsar. Burada meydana gelen depremlerin odak derinlikleri 720 km'ye kadar inmektedir. Johnson ve Molnar (1972) tarafından odak mekanizma çözümleri yayınlanan 96 adet depremin çoğu ters faylanmalarla ilgilidir. Bölgenin kuzey kısmında, Bismarck Archipelago civarında en az üç tane küçük levha olmasından dolayı, Avustralya ve Pasifik levhalarının bu kısımda birbirlerine göre relatif hareketi karmaşık bir hal alır. Bismarck denizini kapsayan bu küçük alan boyunca yer alan doğrultu atımlı (sol yönlü) bir fay Bismarck levhasını iki kısma ayırmaktadır. Dolayısıyla buradaki ters faylanmalara ilaveten doğrultu atımlı fay mekanizması gösteren depremler oluşmaktadır (Johnson ve Molnar, 1972). Şekil 3'deki m_b - M_s dağılımı incelendiğinde, bu bölgede oluşan olayların bir kısmının çok düşük (≈ 3) M_s değerlerine karşın büyük m_b değerlerinin olduğu gözlenir.

Avustralya depremlerinin tamamı kabuksal ($h < 69$ km) olaylardır. Bu bölgedeki deprem kaynakları genellikle bindirme fayları ile ilgili olmasına rağmen, basit P-dalga formlarına sahiptir. Kaynak fonksiyonları ise kısa süreli (≤ 5.0 sn) ve minimum fazlıdır (Fredrich ve diğ., 1988). Bu bölgeye ait olan iki olayın yüksek cisim dalgası

manyitüdüne (m_b) karşın düşük yüzey dalgası manyitüdüleri (M_s) ilgi çekicidir (Şekil 4).

Pasifik yükseliminin güneybatı kolunu oluşturan 25.nci bölgedeki depremlerin az bir kısmının basit olaylar olduğu gözlenirken, diğerlerinin basit veya kompleks olarak sınıflandırılmaz. Okyanus ortası sırtlarda meydana gelen depremlerin yüksek genlikli yüzey dalgaları üretmesine karşın düşük genlikli cisim dalgaları ürettiği bilinmektedir (Kanamori ve Anderson, 1975). Bu bölgedeki olayların M_s manyitüd ölçeğine göre olan saçılımı 2.0 birim kadardır. m_b ölçeği dikkate alındığında bunun sadece 0.5 m_b birimi kadar olduğu görülür. Dolayısıyla, $m_b < 5.5$ olan yüksek M_s değerlerine sahip olaylar kompleks kırılmalardan ziyade tipik okyanus ortası depremler olarak düşünölmelidir.

Normal, ters ve doğrultu atımlı fay mekanizmalarının gözlendiği 26.nci bölgede manyitüdüleri 5.3-6.4 (m_b) arasında değişen 20 kadar depremin telesismik P ve SH dalga formlarının modellenmesinden elde edilen kaynak-zaman fonksiyonları kısa süreli (≤ 10 sn) basit faylanma olaylarına işaret etmektedir (Pelayo ve Wiens, 1989). Bunların çoğu normal ve doğrultu-atımlı fay düzlemi çözümü veren kabuksal ($h=7-27$ km) olaylardır. Alt kabukta meydana gelen ve ters fay mekanizması gösteren iki tanesi ($h=35$ ve 55 km), güney Shetland trenchi boyunca gelişen ve hızı yavaş olan bir dalma-batma zonunun varlığıyla açıklanırken, Bransfield boğazı ve güney Scotia sırtı boyunca meydana gelen normal fayların tipik bir okyanus ortası yayılımından ziyade bu bölgedeki genişleme ile izah edilmiştir.

Güneydoğu Hindistan Okyanusu sırtındaki (Bölge 28) depremlerin büyük çoğunluğu 5-10 km arasında diğerleri ise 33 km derinliğinde yoğunlaşmaktadır. Burada meydana gelen olaylar genellikle normal veya doğrultu atımlı faylarla ilgilidir (Banghar ve Sykes, 1969; Wiens ve Stein, 1984). Şekil 4'deki dağılıma göre bunların çok az bir kısmı basit kırılmalarla ilgili görölmektedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir: (a) Dalma-batma zonlarına ait trench bölgelerinin yakın civarında bindirme fayları ile ilgili olarak meydana gelen ve doğrultu atım bileşeni içermeyen büyük ölçekli depremler genellikle basit kaynak fonksiyonu ile temsil edilmektedir. (b) Doğrultu atım bileşeni içeren büyük ters faylar kompleks olabilir. (c) Doğrultu atımlı büyük faylanmalar sonucu oluşan depremler kompleks olmasına karşın küçük faylanmalara bağlı olarak meydana gelen aynı tip depremler ile doğrultu-atım bileşenli normal faylanmalar kompleks veya basit olarak sınıflandırılmaz. (d) Normal faylanmalar sonucu meydana gelen depremler genellikle basit P-dalga formlarına sahip sismik dalgalar oluşturmakta ve basit kırılma ile temsil edilmektedirler. (e) Kataloğlarda yer alan nükleer patlatmalara ait veriler basit olaylar olarak deprem verilerinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. (f) Dik bir eğimle dalan litosferik kütlede meydana gelen küçük ve büyük ölçekli depremler kısa süreli olup, basit olaylar grubunda yer almaktadır. g) Okyanus ortası sırt veya yükselimlerde oluşan depremler kısa süreli olduğundan kompleks kırılmalara sebep olmazlar. (h) Kompleks olayların istatistiksel ayırımı için Gupta ve Rastogi (1972) tarafından önerilen ampirik ilişki, küçük manyitüdü ($m_b < 5.5$) depremler için geçerli değildir.

Kaynaklar

- Abers, G.A., Beavan, J., Horton, S., Jaumé, S. and Triep, E., (1995) Large Accelerations and Tectonic Setting of the May 1993 Shumagin Islands Earthquake Sequence, Bull. Seism. Soc. Am., 85(6), 1730-1738.
- Anderson, H., Smith, E. and Robinson, R., (1990) Normal Faulting in a Back Arc Basin: Seismological Characteristics of the March 2, 1987, Edgecumbe, New Zealand, Earthquake, J. Geophys. Res., 95(B4), 4709-4723.
- Arnott, S. K. and Foulger, G. R., (1994a) The Krafla spreading segment, Iceland 1. Three-dimensional crustal structure and the spatial and temporal distribution of local earthquakes, J. Geophys. Res., 99(B12), 23,801-23,825.
- Arnott, S. K. and Foulger, G. R., (1994b) The Krafla spreading segment, Iceland 2. The accretionary stress cycle and nonshear earthquake focal mechanisms, J. Geophys. Res., 99(B12), 23,827-23,842.
- Assumpção, M. and Suárez, G., (1988) Source mechanisms of moderate-size earthquakes and stress orientation in mid-plate South America, Geophys. J., 92, 253-267.

- Banghar, A. R. and Sykes, L. R., (1969) Focal Mechanisms of Earthquakes in the Indian Ocean and Adjacent Regions, *J. Geophys. Res.*, 74(2), 632-649.
- Báth, M., (1981) Earthquake magnitude - recent research and current trends, *Earth Science Reviews*, 17, 315-398.
- Báth, M., (1974) *Spectral Analysis in Geophysics*, Elsevier, Amsterdam, 563p.
- Benouar, D., (1994) Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century, *Annali Geofisica*, Vol. XXXVII, No. 4, 497-510.
- Bent, A. L., (1992) A re-examination of the 1925 Charlevoix Québec, earthquake, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 82(5), 2097-2113.
- Bent, A. L., (1996) An Improved Source Mechanism for the 1935 Timiskaming, Quebec Earthquake from Regional Waveforms, *PAGEOPH*, 146(1), 5-20.
- Berberian, M.; Qorashi, M.; Jackson, J. A.; Priestley, K. and Wallace, T., (1992) The Rudbar-Tarom earthquake of 20 June 1990 in NW Persia: Preliminary field and seismological observations, and its tectonic significance, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82(4), 1726-1755.
- Bergman, E. A. and Solomon, S. C., (1984) Source Mechanisms of Earthquakes Near Mid-Ocean Ridges From Body Waveform Inversion: Implications for the Early Evolution of Oceanic Lithosphere, *J. Geophys. Res.*, 89(B13), 11,415-11,441.
- Byrne, D. E.; Sykes, L. R. and Davis, D. M., (1992) Great Thrust Earthquakes and Aseismic Slip Along the Plate Boundary of the Makran Subduction Zone, *J. Geophys. Res.*, 97(B1), 449-478.
- Condie, K. C., (1976) *Plate Tectonics and Crustal evolution*, Pergamon Press, Inc., New York, 288pp.
- Davies, D., (1971) Nuclear Explosions and Earthquakes, *Understanding the Earth, A reader in the Earth Sciences*, The M.I.T. Press, Edited by I. G. Gass, P. J. Smith and R. C. L. Wilson, 333-341.
- Doser, D. I., (1992) Historic earthquakes (1918 to 1923) and an assessment of source parameters along the San Jacinto fault system, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82(4), 1786-1801.
- Douglas, A., Marshall, P. D., Gibbs, P. G., Young, J. B. and Blamey, C., (1973) P signal Complexity Re-examined, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 33, 195-221.
- Douglas, A., Hudson, J. A. and Marshall, P. D., (1981) Earthquake seismograms that show Doppler effects due to crack propagation, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 64, 163-185.
- Ekström, G. and Engdahl, E. R., (1989) Earthquake Source Parameters and Stress Distribution in the Adak Island Region of the Central Aleutian Islands, Alaska, *J. Geophys. Res.*, 94(B11), 15,499-15,519.

- Estabrook, C. H., Nabelek, J. L. and Lerner-Lam, A. L., (1992) Tectonic Model of the Pacific-North American Plate Boundary in the Gulf of Alaska from Broadband Analysis of the 1979 St. Elias, Alaska, Earthquake and its Aftershocks, *J. Geophys. Res.*, 97(B5), 6587-6612.
- Estabrook, C. H. and Boyd, T. M., (1992) The Shumagin Islands, Alaska, earthquake of 31 May 1917, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82(2), 755-773.
- Estabrook, C. H., Jacob, K. H. and Sykes, L. R., (1994) Body wave and surface wave analysis of large and great earthquakes along the Eastern Aleutian Arc, 1923-1993: Implications for future events, *J. Geophys. Res.*, 99(B6), 11,643-11,662.
- Fan, G., Beck, S.L. and Wallace, T. C., (1993) The Seismic Source Parameters of the 1991 Costa Rica Aftershock Sequence: Evidence for a Transcurrent Plate Boundary, *J. Geophys. Res.*, 98(B9), 15,759-15,778.
- Fowler, C. M. R., (1992) *The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics*, Cambridge University Press, 472p.
- Fredrich, J., McCaffrey, R. and Denham, D., (1988) Source parameters of seven large Australian earthquakes determined by body waveform inversion, *Geophys. J.*, 95, 1-13.
- Gao, L. and Wallace, T. C., (1995) The 1990 Rudbar-Tarom Iranian earthquake sequence: Evidence for slip partitioning, *J. Geophys. Res.*, 100(B8), 15,317-15,332.
- Glennon, M. A. and Chen, W-P., (1993) Systematics of Deep-Focus Earthquakes Along the Kuril-Kamchatka Arc and Their Implications on Mantle Dynamics, *J. Geophys. Res.*, 98(B1), 735-769.
- Gees, S. D. B., Velasco, A. A., Schwartz, S. Y. and Lay, T., (1993) The April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica ($M_w=7.7$) Earthquake and Its Tectonic Implications: A Broadband Seismic Study, *J. Geophys. Res.*, 98(B5), 8127-8142.
- Grimison, N. L. and Chen, W-P., (1988) Source mechanisms of four recent earthquakes along the Azores-Gibraltar plate boundary, *Geophys. J.*, 92, 391-401.
- Gupta, H. K., Sitaram, M. V. D. and Narain, H., (1972) Surface-wave and body-wave magnitudes of some Sino-Soviet nuclear explosions and earthquakes, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 62(2), 509-517.
- Gupta, H. K. and Rastogi, B. K., (1972) Earthquake m_b vs M_s Relations and Source Multiplicity, *J. R. astr. Soc.*, 28, 65-89.
- Haessler, H., Deschamps, A., Dufumier, H., Fuenzalida, H. and Cisternas, A., (1992) The rupture process of the Armenian earthquake from broad-band teleseismic body wave records, *Geophys. J. Int.*, 109, 151-161.

- Hartzell, S. H. and Heaton, T. H., (1985) Teleseismic time functions for large, shallow subduction zone earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 75(4), 965-1004.
- Hauksson, E., (1990) Earthquakes, faulting, and stress in the Los Angeles basin, *J. Geophys. Res.*, 95, 15,365-15,394.
- Ishida, M., (1992) Geometry and Relative Motion of the Philippine Sea Plate and Pacific Plate Beneath the Kanto-Tokai District, Japan, *J. Geophys. Res.*, 97(B1), 489-513.
- Johnson, T. and Molnar, P., (1972) Focal Mechanisms and Plate Tectonics of the Southwest Pacific, *J. Geophys. Res.*, 77(26), 5000-5032.
- Kanamori, H. and Anderson, D. L., (1975) Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 65(5), 1073-1095.
- Kao, H. and Chen, W-P., (1994) The double seismic zone in Kuril-Kamchatka: The tale of two overlapping single zones, *J. Geophys. Res.*, 99(B4), 6913-6930.
- Kikuchi, M. and Kanamori, H., (1991) Inversion of complex body waves-III, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 81(6), 2335-2350.
- Kikuchi, M., Kanamori, H. and Satake, K., (1993) Source Complexity of the 1988 Armenian Earthquake: Evidence for a Slow After-Slip Event, *J. Geophys. Res.*, 98(B9), 15,797-15,808.
- Laane, J. L. and Chen, W-P., (1989) The Makran earthquake of 1983 April 18: A possible analogue to the Puget Sound earthquake of 1965?, *Geophys. J. Int.*, 98, 1-9.
- McCaffrey, R. and Nabelek, J., (1987) Earthquakes, Gravity, and the origin of the Bali Basin: An example of a Nascent continental fold-and-thrust belt, *J. Geophys. Res.*, 92(B1), 441-460.
- McCaffrey, R., (1988) Active tectonics of the eastern Sunda and Banda Arcs, *J. Geophys. Res.*, 93(B12), 15,163-15,182.
- Michael, R. N., McCaffrey, R. and Molnar, P., (1987) Source parameters for 11 earthquakes in the Tien Shan, Central Asia, determined by P and SH waveform inversion., *J. Geophys. Res.*, 92(B12), 12,629-12,648.
- Molnar, P. and Lyon-Caen, H., (1989) Fault plane solutions of earthquakes and active tectonics of the Tibetan Plateau and its margins, *Geophys. J. Int.*, 99, 123-153.
- Nelson, M. R., McCaffrey, R. and Molnar, P., (1987) Source parameters for 11 earthquakes in the Tien Shan, Central Asia, determined by P and SH waveform inversion, *J. Geophys. Res.*, 92(B12), 12,629-12,648.
- Nowroozi, A. A., (1986) On the linear relation between m_b and M_s for discrimination between explosions and earthquakes, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 86, 687-699.

Pelayo, A. M. and Wiens, D. A., (1989) Seismotectonics and relative plate motions in the Scotia Sea region, *J. Geophys. Res.*, 94(B6), 7293-7320.

Press, F. and Siever, R., (1986) *Earth*, W.H. Freeman and Company, 656 p.

Protti, M., McNally, K., Pacheco, J., González, V., Montero, C., Segura, J., Brenes, J., Barboza, V., Malavassi, E., Güendel, F., Simila, G., Rojas, D., Velasco, A., Mata, A. and Schillinger, W., (1995) The March 25, 1990 ($M_w=7.0$, $M_L=6.8$), earthquake at the entrance of the Nicoya Gulf, Costa Rica: Its prior activity, foreshocks, aftershocks, and triggered seismicity, *J. Geophys. Res.*, 100(B10), 20,345-20,358.

Prozorov, A. and Hudson, J. A., (1974) A study of the Magnitude Difference M_s-m_b for Earthquakes, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 39, 551-564.

Regnier, M., Chatelain; J. L., Smalley, R.; Chiu, Jr. J-M.; Isack, B.L. and Araujo, M., (1992) Seismotectonics of Sierra Pic De Palo, a basement block uplift in the Andean foreland of Argentina, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 82(6), 2549-2571.

Ryan, H. F. and Scholl, D. W., (1993) Geologic Implications of Great Interplate Earthquakes Along the Alcutian Arc, *J. Geophys. Res.*, 98(B12), 22,135-22,146.

Stauder, W. (1968) Tensional character of earthquake foci beneath the Alcutian trench with relation to sea-floor spreading, *J. Geophys. Res.*, 73, 7693-7701.

Tichelaar, B. W. and Ruff, L. J., (1993) Depth of Seismic Coupling Along Subduction Zones, *J. Geophys. Res.*, 98(B2), 2017-2037.

Velasco, A. A., Ammon, C. J. and Lay, T., (1995) Source time function complexity of the great 1989 Macquarie Ridge earthquake, *J. Geophys. Res.*, 100(B3), 3989-4009.

Wagner, G. S. and Langston, C. A., (1988) East African earthquake body wave inversion with implications for continental structure and deformation, *Geophys. J.*, 94, 503-518.

Yielding, G., (1985) Control of rupture by fault geometry during the 1980 El Asnam (Algeria) earthquake, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 81, 641-670.

Wiens, D. A. and Stein, S., (1984) Intraplate seismicity and stresses in young oceanic lithosphere, *J. Geophys. Res.*, 89(B13), 11,442-11,464.

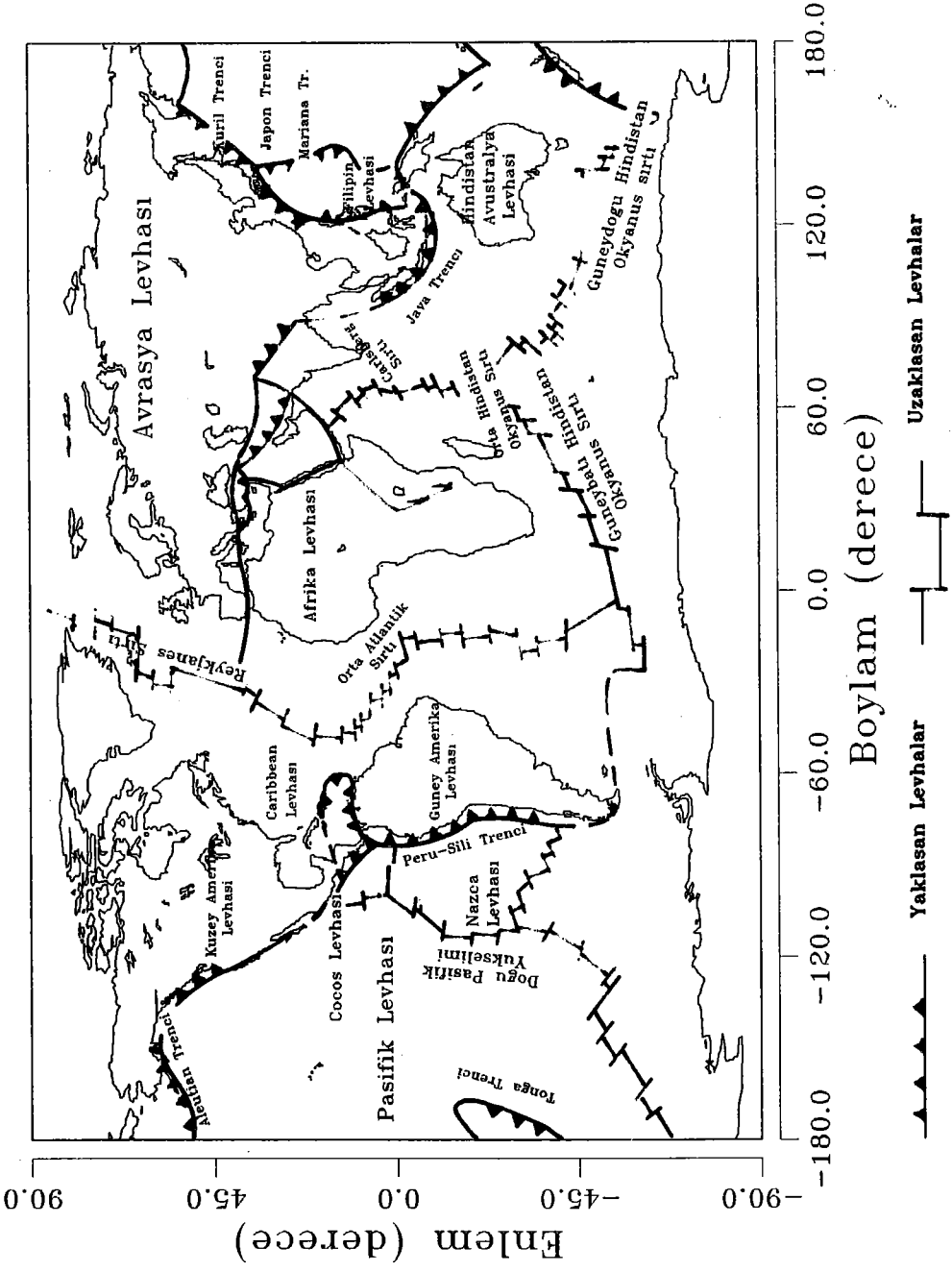
Şekil Alt Yazıları

Şekil 1. Dünya üzerindeki okyanus ortası sırtları ve dalma-batma zonlarını gösteren levha tektoniği modeli (Press ve Siever, 1986'dan yararlanılarak çizilmiştir).

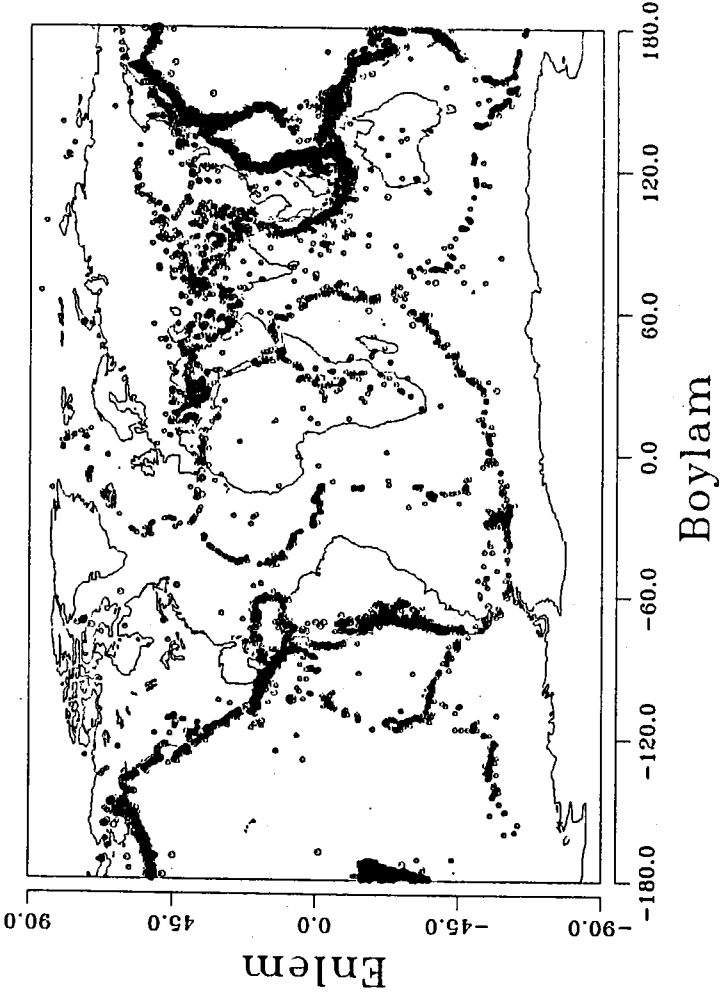
Şekil 2. 1900-1992 yılları arasında oluşan manyitüdü (M_s) 5.5'dan büyük olan depremlerin dünya üzerindeki dağılımı.

Şekil 3. Deprem oluşumu itibari ile farklı tektonik özelliklere sahip olan 28 ayrı bölgenin coğrafik sınırlarını gösteren harita.

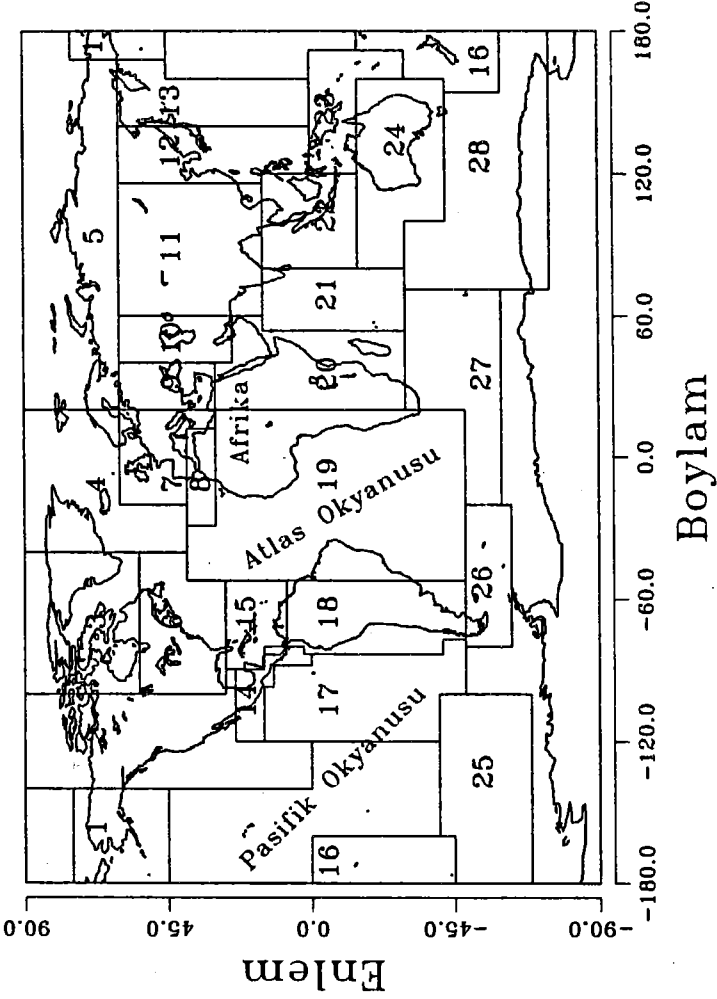
Şekil 4. Cisim dalgası manyitüdülerinin yüzey dalgası manyitüdülerine göre bölgesel dağılımı. En küçük kareler yöntemiyle elde edilen $M_s - m_b$ ilişkileri sürekli çizgilerle gösterilmiştir. Grafiklerin üst kısmındaki kesikli çizgiler kompleks olayların ayrımı için kullanılan $M_s=1.07m_b+0.27$ ilişkisini, alt taraftaki kesikli çizgiler ise basit olayların ayrımı için kullanılan $M_s=1.07m_b - 0.73$ ilişkisini temsil etmektedir.



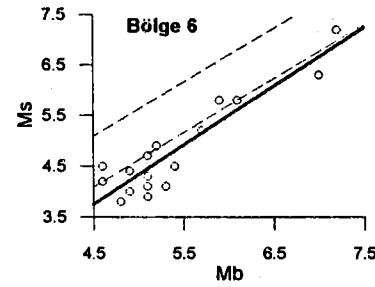
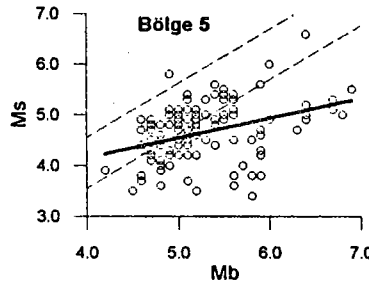
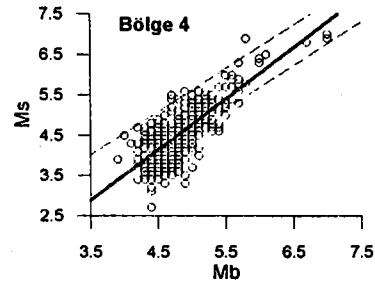
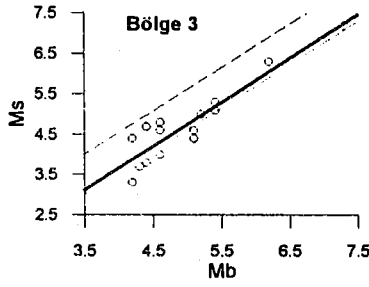
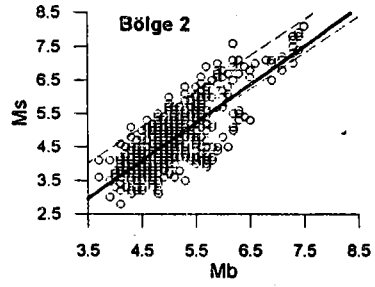
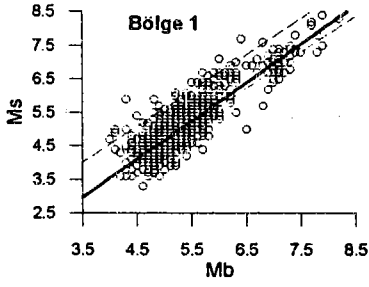
Şekil 1



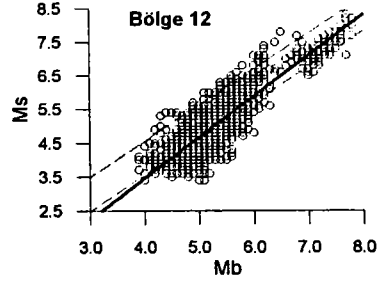
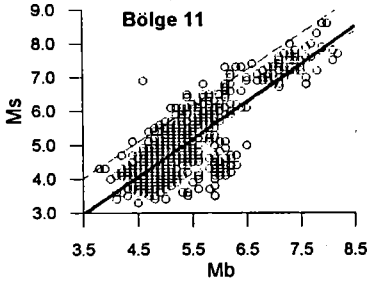
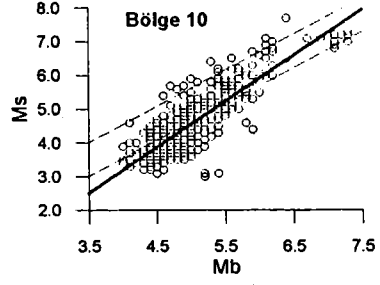
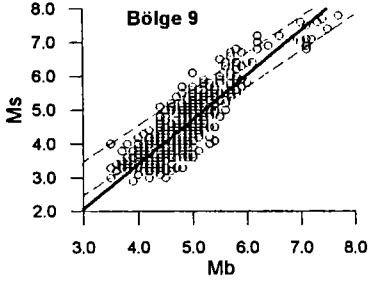
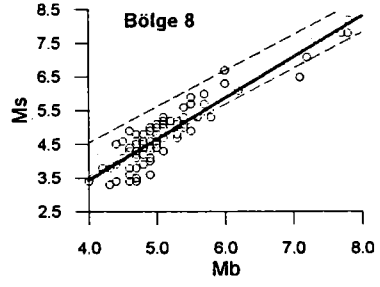
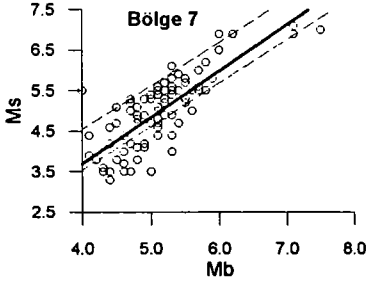
Şekil 2



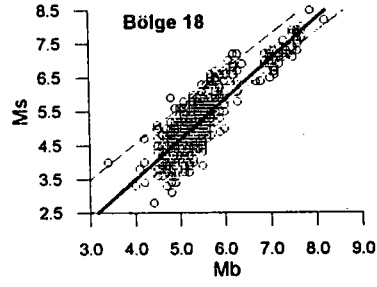
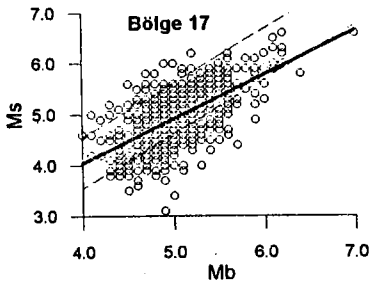
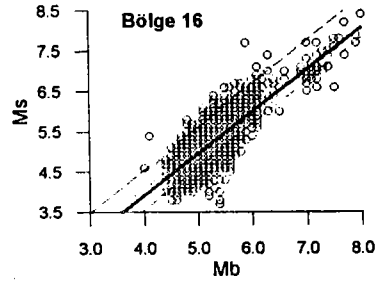
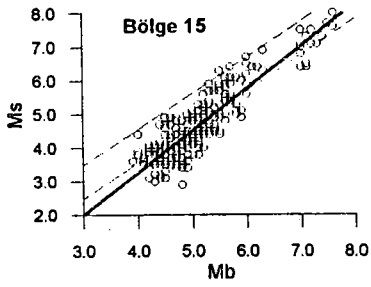
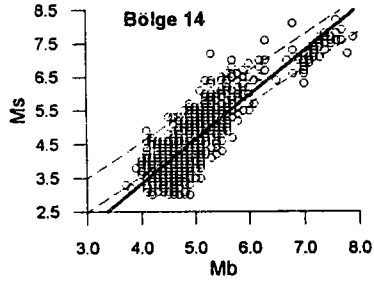
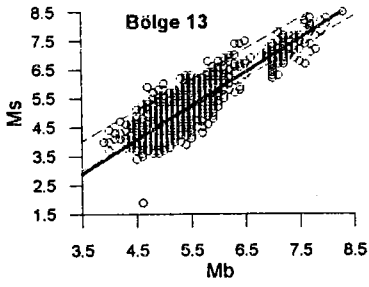
Şekil 3



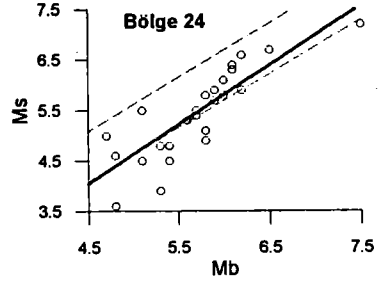
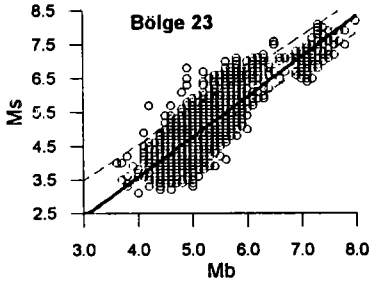
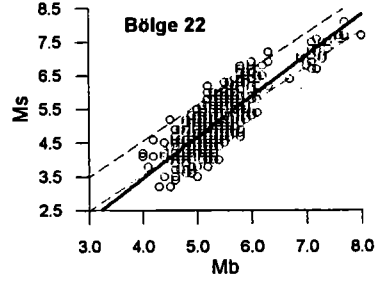
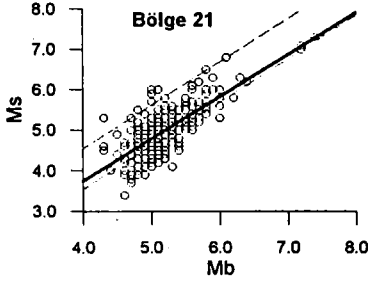
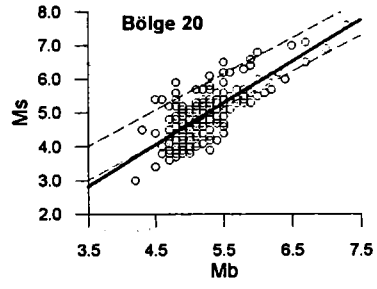
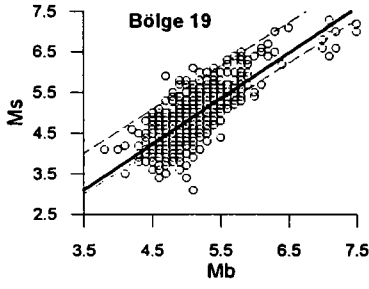
Şekil 4



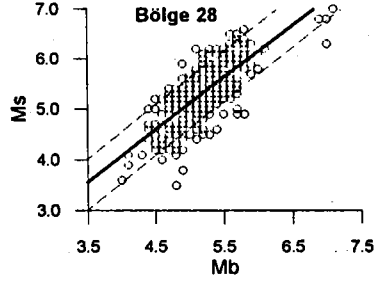
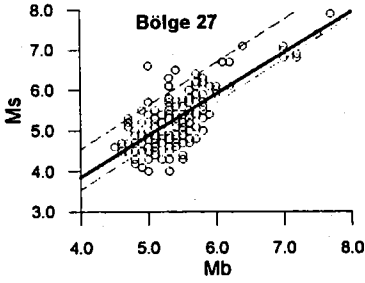
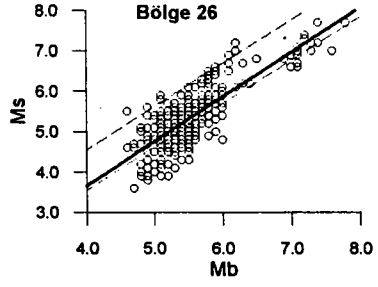
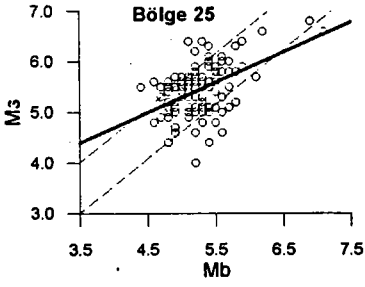
Şekil 4 (devamı)



Şekil 4 (devamı)



Şekil 4 (devamı)



Şekil 4 (devamı)

SAĞLIK AÇISINDAN TÜRKİYE'DE DEPREMLER *

Prof.Dr.Necati Dedeoğlu, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı

ÖZET

Türkiye dünyanın en çok deprem geçiren bölgelerinden birinde yer almaktadır. Bu depremler nedeniyle de önemli can ve mal kayıpları olmaktadır. Bu makale ülkemizde 1900 yılından bu yana görülen depremlerin yarattığı sağlık sorunlarını inceleyerek daha sonra görülecek depremlere hazırlıklı olunmasını amaçlamaktadır. Araştırma, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı kayıtları, halk sağlığı makale indeksleri ve gazete arşivlerine dayandırılarak yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre depremlerden yılda ortalama 689.7 kişi öldüğü, yıllara göre depremlerden yıkılan bina sayısı veya ölen insan sayısında bir artma olmadığı anlaşılmaktadır. Bina inşaat niteliğini gösteren "100 yıkılan bina başına ölüm" ölçütünde de belirgin bir değişiklik yoktur. Kışın, gece vakti veya Ankara'nın doğusunda kalan bölgelerde olan depremler yaz, gündüz veya Ankara'nın batısında görülen depremlere göre 2-3 misli daha fazla can kaybına neden olmaktadır. Ölüm nedenleri arasında ezilme ve kanama yanında toprak altında boğulma da sıkır.Yaralanmalarda da travma yanında yanıklar ve hayvan ısırılmaları görülebilmektedir. Bulaşıcı hastalık salgını veya beslenme bozuklukları görülmemiştir. Sağlık hizmetlerinde örgütlenme ve planlama ile personel eğitimi konularında büyük eksiklikler saptanmıştır. Sonuçta depremlerden sonra sağlık sorunları ile ilgili kayıtların mutlaka tutulması gerektiği ve hem imar hem de sağlık hizmetlerinin önceden planlanmasıyla deprem kaosunun ve zararının azaltılabileceği önerisi getirilmiştir.

SUMMARY: Earthquakes in Turkey and their health implications

Turkey is situated in one of the most earthquake prone areas of the world. The earthquakes lead to important life and material losses. This article investigates post-earthquake health problems in Turkey since 1900, with the aim of being prepared for future earthquakes. The study was based on data gathered from Ministry of Reconstruction and Settlement and Ministry of Health records, public health reviews, and newspaper archives. The study discloses that on the average 689.7 people die every year of earthquakes, that there is no increase in number of deaths or number of buildings collapsed by time. There is also no change in the "number of death/100 houses collapsed" an indicator which reflects the quality of constructions. Earthquakes that occur of night, in winter or on the east of Ankara cause 2-3 times more life loss than those at daytime, in summer or on the west of Ankara. Suffocation under earth is as frequent a cause of death as crushing or bleeding. Wounds include animal bites and burns as well as trauma. Nutritional problems and infectious disease outbreaks have not been observed. Major deficiencies were noted in organisation and planning of health services and training of personnel. In conclusion it was suggested that records of post-disaster health problems must be kept and that both reconstruction and health services have to be planned beforehand to decrease chaos and injury during earthquakes.

* 12.10.1996 tarihinde V. Ulusal Halk Sağlığı Kongresinde poster olarak sunulmuştur.

GİRİŞ ve AMAÇ

Türkiye, yeryüzündeki en önemli iki deprem kuşağından birisi olan Akdeniz-Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Kuşak boyunca, Anadolu'nun batı, kuzey ve doğusunda çeşitli fay ve kırıklar oluşmakta, bunlarsa Türkiye'yi dünyanın en sık tektonik deprem geçiren bölgelerinden biri haline getirmektedir. Aslında topraklarımızın %91'i deprem tehlikesi altında bulunan bölgeler içindedir. Bu bölgelerde nüfusun %98'i, sanayinin %95'i ve barajlarımızın %92'si yer almaktadır (1).

Türkiye 32962 kişinin öldüğü 1939 yılı Erzincan Depreminin ardından 1940'lı yılların başında yine binlerce kişinin öldüğü Niksar, Ladik ve Gerede depremlerini yaşamıştır. Bunun üzerine 1944 yılında depremlerden önce ve sonra yapılması gerekenlerle ilgili 4723 sayılı yasa çıkartılmıştır (2). Çağdaş görüşlere son derece uygun olan bu yasa ile Türkiye dünyada Japonya'dan sonra depremden önce yasal önlem alan ikinci ülke olmuştur (3). Türkiye'de ilk deprem tehlikesi haritası, ilk deprem yönetmeliği ve örgütlenme çalışmaları pek çok ülkeden önce, 1950'li yıllarda başlamıştır. Ülkemizin bu öncü konumuna karşın, daha sonra çeşitli nedenlerle yasalar uygulanamamış, örgütler çalıştırılmamıştır. Depremde can ve mal kaybını azaltacak en hayati önlemler olan kent planlaması, bina yapı tekniği, kurtarma örgütleri gibi konular ihmal edilmiş, yasalar depremden sonra yapılacak yardımları düzenlemek ve evi yıkılan vatandaşa ev yapmak için kullanılmıştır (4). Sağlık Bakanlığı da deprem ve diğer afetlerde önceden planlama, örgütlenme, eğitime çabalarında geri kalmış, daha çok afet sonrasında yardım sağlamakla yetinmiştir.

Türkiye'de 20. yüzyılın başından beri, zarar veren, 127 adet deprem kaydedilmiştir. Bu depremlerin neden olduğu can ve mal kaybı diğer bütün afetlerin toplamından çoktur. Ancak her depremden kısa bir süre sonra depremler kamuoyu ve yetkililerce unutulduğu için etkili önlemler alınamamakta, deprem zararları süregelmektedir. Depremlerden sonra sağlık sorunları olarak ölümler, çeşitli nedenlere bağlı yaralanmalar, bulaşıcı hastalıklar, gıda zehirlenmeleri, beslenme bozuklukları, ruh hastalıkları görüldüğü bilinmektedir (5). Ayrıca ülkemizde enkaz kaldırma ve kurtarma, ilk yardım, hasta nakli, tedavi hizmetleri, koruyucu hizmetler konularında planlama, örgütlenme, yürütme sorunları bulunduğu belirtilmektedir (6).

Bu yazının amacı ülkemizde 1900 yılından bu yana yaşanan depremleri inceleyerek yarattıkları sağlık sorunlarını özetlemek, böylece daha sonra olabilecek depremlerde hazırlıklı olunmasına yardımcı olmaktır. Ayrıca deprem zararları zaman ve yer açısından da

incelenerek yıllar içinde bir eğilim bulunup bulunmadığı araştırılacak, inceleme sonuçları sağlık hizmetleri açısından irdelenecektir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Türkiye'de 1900-1991 yılları arasında görülen ve herhangi bir zarara neden olacak kadar şiddetli olan depremlerle ilgili bilgiler Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi süreli yayını olan Deprem Araştırma bülteninden elde edilmiştir (7). 1991-1995 yılı sonuna kadar geçen süredeki depremler için ise Deprem Araştırma Dairesi kayıtlarından yararlanılmıştır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Gn.Md. kaynaklarında ilgili depremin tarihi, yeri, magnitudü (açığa çıkan enerjinin logaritması olarak), derinliği, hasarlı bina sayısı (ağır veya yıkık, orta, hafif), can kaybı ve yaralı sayıları bulunmaktadır. Ölü ve yaralı sayıları ev ev dolaşarak yapılan bina hasar tespiti sırasında, ev sahiplerine sorularak elde edilmekte ve muhtarlara onaylatılmaktadır. Yapılacak yardımla ilişkili olabileceğinden sayıların abartılma olasılığı vardır. Yine de başka kaynak bulunmadığından ölüm sayıları kullanılmıştır. Yaralı sayıları, özellikle 1960 öncesinde çok eksik olduğu için analize alınmamıştır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü her afetten sonra raporlar hazırlamakta ve bunları yayınlamaktadır. Ancak bu raporlarda sağlıkla ilgili kayıt bulunmamakta, depremin jeolojik özellikleri ve yaptığı yıkımla ilgili bilgiler kaydedilmektedir.

Depremlerden sonra görülebilecek sağlık sorunları için Sağlık Bakanlığı istatistikleri incelenmek istenmiştir. Ancak Sağlık Bakanlığında depremlerden sonra yazılmış olması gereken raporlara, tutulmuş olması gereken kayıtlara rastlanılamamıştır. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü yetkilileri ile yapılan görüşmeden ise gerekli istatistiklerin bulunmadığı, ancak kendi bilgileri ve deneyimleri dahilinde "ülkemiz tarihinde depremden sonra bir bulaşıcı hastalık salgını veya beslenme sorunu görülmediği" sonucu çıkmıştır (8). Kızılay kurumunun Sağlık Dairesi Başkanlığı ile yapılan görüşmede, Kızılayın afetlerde sağlık hizmeti götürmeyip sadece ilaç ve diğer malzeme yardımı yapması nedeniyle sağlık sorunlarıyla ilgili bilgi bulunmadığı öğrenilmiştir. Depremlerden sonra yaşanan sağlık sorunlarını belirleyebilmek için bavorulan diğer kaynaklar Halk Sağlığı İndeksi (9), dört Halk Sağlığı Kongresinin özet kitapları, Sağlık Bakanlığının Sağlık Dergisi ve Türk Tabipleri Birliğinin Toplum ve Hekim Dergisi ciltleridir. Adı geçen yayınlarda da ülkemizdeki depremlerden sonra görülen sağlık sorunlarına ilişkin makaleye rastlanılamamıştır. Son olarak Milli Kütüphane arşivinden 1939 Erzincan depreminden bu güne kadar yaşanan en büyük 10

depremle ilgili Cumhuriyet, Ulus ve Hürriyet gazetelerinde yazılanlar taranmış, haberlerde yer almış bulunan depremlerden sonraki sağlık sorunları kaydedilmiştir. Herhangi bir depremden sonra gazete haberleri ikinci veya üçüncü günde başlamakta, genellikle depremden üç veya dört hafta sonra deprem konusu gazete gündeminden düşmektedir. Yukarıda belirtilen gazetelerin 1939 Erzincan, 1946 Varto, 1966 Varto, 1970 Gediz, 1971 Burdur, 1971 Bingöl, 1975 Lice, 1976 Çaldıran, 1983 Erzurum, 1992 Erzincan depremleriyle ilgili tüm yazdıkları depremin ilk gününden haber bulunan son gününe kadar taranmıştır. Erzincan depremi için ayrıca Erzincan Valiliğinin depremle ilgili kitabından da yararlanılmıştır (10). Yazarın kendisi 1971 Bingöl depreminde ve 1995 Dinar depreminde sağlık hizmeti vermiş, 1976 Çaldıran ve 1983 Erzurum depreminden sonra bölgede incelemelerde bulunmuştur. Bu deneyimlerin sonuçları da makaleye yansıtılmıştır.

BULGULAR

Yıllara göre ölçütlerdeki değişimler:

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı kataloglarına göre 1900 yılından 1995 yılı sonuna kadar hasar yapmış 127 adet deprem bulunmaktadır. Hasar yapmayan ufak depremler buraya alınmamıştır. Tablo I'de bu depremlerle ilgili bilgiler onar yıllık ortalamalar şeklinde verilmektedir. Ortalama magnitüd on yıl içinde görülen depremlerde saptanan yüzeyel enerji miktarının matematik ortalamasıdır. Türkiye'de görülen depremlerin hemen hepsi sığ deprem (depremin odak noktası 0-60 km derinde) olduğu için ortaya çıkan enerji miktarı depremin şiddetinin oldukça güvenilir bir ölçütü olmaktadır. Toplam yıkılan veya ağır hasarlı bina kolonu 10 yıllık period içinde tamamen yıkılan veya oturulamayacak kadar hasar gören binaların toplam sayısını vermektedir. Aynı şekilde, toplam ölen kolonunda 10 yıl içinde depremden veya depremin neden olduğu ikincil bir afetten (yangın, toprak kayması vb.) ölenlerin sayısı verilmektedir.

Üç depremle ilgili bazı veri eksiklikleri (ikisinde hasarlı bina, birisinde ölü sayısı) bulunmakla beraber, mevcut verilerden yararlanabilmek amacıyla bunlar da ilk tabloya alınmışlardır. Tablo I'deki verilerden son 95 yıl içinde depremlerden yılda ortalama 689.7 kişi öldüğü anlaşılmaktadır. Yılda ortalama 1.3 deprem olmakta, deprem başına ortalama 515.9 kişi ölmektedir. Yıkılan bina ve ölü sayısı açısından en kötü 10 yılın 1930-39 yılları olduğu görülmektedir. Aslında bu durumu yaratan, 116720 evin yıkılıp 32962 kişinin öldüğü Türkiye'nin en büyük depremi 1939 Erzincan depremidir. Yıllara göre incelendiğinde deprem

başına ölen insan sayısında bir eğilim saptanamamıştır. Deprem başına ölen insan sayısı, nüfus yoğunluğu ve bina inşa tekniği yanında deprem sırasında götürülen sağlık hizmetlerinin niteliğini de göstermektedir. Deprem başına yıkılan bina sayısı ise hem deprem enerjisine, hem bina yoğunluğuna, hem de inşaat tekniğine bağlı olarak değişir. Son 5 yılda arttığı gözlemlenmekte ise de bu 1990-95 yılları arasında görülen Erzincan ve Dinar depremlerinin magnitüdlerinin de yüksek oluşuna (6.4) bağlanabilir. Her 100 bina başına düşen ölü sayısı daha çok nüfus yoğunluğu ve bina inşa tekniğinin birer göstergesidir. Burada da yıllara göre bir artma veya azalmadan söz etmek mümkün değildir. Tabloda verilen sayıların ortalama veya toplam sayılar olduğu unutulmamalıdır. Şiddetli depremlerde ortalamalardan çok farklı oranlar görülebilmektedir. Örneğin, 1976 Muradiye-Çaldıran depreminde yıkılan 9552 eve karşın 3840 ölü (100 binaya 40.2 ölü) saptanmıştır. Diğer bir önemli konu da depremin zamanıdır. Aynı magnitüdü iki deprem gece veya gündüz, kış veya yaz oluşuna göre 2-3 misli farklı hasar yapabilmektedir (Tablo II).

Coğrafi farklılıklar

Depremin oluş saati ve mevsim yanında depremin hasarını artıran diğer bir faktör depremin coğrafi bölgesidir. Tam Ankara'dan geçen bir kuzey-güney doğrusunun batısı Batı, doğusu Doğu olarak alındığında Doğu'daki aynı büyüklükteki bir deprem Batı'ya göre çok daha fazla can ve mal kaybına yol açmaktadır. Tablo III'de olağan dışı bir deprem olan 1939 Erzincan depremi çıkartıldıktan sonra bile Doğu ve Batı arasındaki deprem hasarlarında önemli farklar olduğu görülmektedir. Ortalama deprem büyüklüklerinde fark olmamakla beraber Doğu'daki bir depremde can kaybı iki misli fazladır. Deprem başına yıkılan/ağır hasarlı bina sayısı da büyük farklar göstermezken yıkılan 100 bina başına olan ölümler Doğu'da Batı'ya göre 2.3 kez fazladır. Doğudaki binaların çoğunun tek katlı ve bina başına düşen nüfusun Batı'dakine göre aslında daha az olduğu düşünülürse zararın boyutu daha iyi anlaşılabilir. Bu durumun başlıca nedeni Doğu'da en ufak bir sarsıntıda dahi yıkılıp insanları taş ve toprak yığınları altına gömebilen yığma taş duvarlı, toprak damlı yapılarıdır.

Yukarıdaki analizlerde afete maruz kalan bölgedeki nüfus bilinmediğinden çok önemli bir ölçüt olan ölüm hızları verilememiştir. Aynı şekilde götürülecek sağlık hizmetlerinin planlanmasında hayati önemi olan ölüm nedenleri, ölüm zamanları, yaralanmalar ve bunların nedenleri, ölüm ve yaralanmaların yaş ve cinsiyet gruplarına dağılımı, kullanılan tıbbi malzeme ve ilaçlar ile ilgili istatistikler de bulunmamaktadır. Günümüz veri kaynakları açısından bu

eksiklikleri giderebilmek mümkün değildir. Tek olasılık bundan sonra olacak depremlerde bu bilgilerin toplanarak daha sonra analizlerinin yapılabilmesidir.

Veri yokluğunda anekdotal kayıtların, gözlemlerin, gazete haberlerinin de değeri olmaktadır. Olayın tüm boyutlarını objektif olarak veremeseler de bazı önemli ipuçları sağlamaları açısından yararları göz ardı edilemez. Gereç ve Yöntem kısmında değinilen kaynaklardan derlenen bilgiler aşağıda belirtilen şekilde sunulmuştur.

Mortalite

Ölümlerin büyük kısmı depremden sonraki ilk yarım saat içinde, kurtarma çalışmaları henüz başlamadan olmaktadır. Yıkıntı altından kurtarılabilenlerde ağır yaralı olanların sayısı ve daha sonra olan ölümler çok azdır. Bu durum depremlerde insanların genellikle ya öldüğünü veya depremi oldukça hafif yaralarda atlattığını düşündürmektedir. Örneğin Afet İşleri Gn.Md.lüğü tespitlerine göre 1976 Çaldıran-Muradiye depreminde 3840 ölü, 497 yaralı, 1983 Erzurum depreminde 1155 ölü, 1142 yaralı bulunmaktaydı. Ölüm nedenleri arasında travma, ezilme, kanama önemli yer tutmakla beraber ülkemiz için damda bulunan tonlarca toprak altında kalıp boğulmak da sık rastlanan bir ölüm nedenidir.

Morbidite

Yaralanmalar arasında kırıklar, laserasyonlar, travmaya bağlı ezikler sıklıkla görülmektedir. Kırıkların türleri konusunda bilgi yoktur. Uluslararası kaynaklara ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü hesaplamalarına göre her ölüye karşın 3 yaralı bulunmaktadır (11). Ancak depremden depreme büyük farklılıklar görüldüğü unutulmamalıdır. Can kaybının yüksek olduğu depremlerde yaralı sayısı ölümlerden az olabilmektedir. Yaralanmaların bazıları asıl depremden sonra gelen daha ufak artçı depremler sırasında olmuştur.

1939 Erzincan depreminden sonra Reşadiye kasabası, 1970 Gediz depreminden sonra Akçalar kasabaları tamamen yanmış, 1992 Erzincan depremi sonrasında da 17 yangın ihbarı yapılmıştır. Özellikle kışın olan depremlerde yangınlara sıklıkla rastlanmaktadır. Bu nedenle yaralılar arasında yanık olayları önemli yer tutabilmektedir.

Kurt ve köpeklerin özellikle kış aylarında insanları ısırıldığı, yaralıları ve cesetlere saldırdığı pek çok haberde yer almaktadır. Başka ülkelerde de deprem sonrasında köpek ve yılan ısırmalarının arttığı bildirilmiştir (12).

Ülkemizdeki depremlerde deprem hasarı yanında en büyük sıkıntıyı doğuran sorun soğuk, yağmur, rüzgar ve çamurdur. Gece ve kış aylarında meydana gelen depremlerde

insanlar yalınayak, gece kıyafetleriyle kendilerini kar üstüne atmaktadırlar. Giysi ve yakıt bulunamamakta, elde edilebilenler de ıslak veya yetersiz olmaktadır. Doğu Anadolu gibi kış geceleri çok soğuk olabilen bir coğrafyada hastalıklardan bazıları tamamen bu maruziyete bağlıdır. Depremlerde ilk ve acil yardımdan sonra en önemli hizmet barınma sağlamaktır.

Deprem sonrasında görülen bazı rahatsızlıklar doğrudan depreme bağlı olmayıp olumsuz deprem koşulları nedeniyle görülmektedirler. Örneğin zaten diyabet veya hipertansiyonu, başka sistemik hastalığı bulunan birisi önce ekstrem yaşam koşulları, sonra da sürekli kullanılan ilaçların bulunamayışı nedeniyle kötüleşip ölebilmektedir. Bu tür sorunlar en çok soğuk, açlık yorgunluk gibi koşullara uyumu düşmüş bulunan yaşlıları, çocukları ve hastaları etkilemektedir. Bu grupta diyareler, pnömoni ve influenza gibi hastalıklar ölümlere yol açmaktadır.

Ruh hastalıklarının depremden sonra arttığı bildirilmiştir (13). Hemen deprem sonrasında insanların şoka girdikleri bir gerçektir. Ayrıca deprem geçiren bir kişi uzun süre bunun etkisinden kurtulamamaktadır. Ancak gazete haberlerinde ruh hastalıkları sorununa ilişkin bir kayıt yoktur.

Deprem ertesi, yardımın dağıtılması sırasında kavgalar, yaralanmalar olabilmektedir. 1995 Dinar depreminden sonra adli vakalar görülmüştür.

Normal beslenme düzeninin bozulması, ekonomik yıkım, hayvan varlığının kaybı beslenmeyi olumsuz etkilemiş olmalıdır. Bazı depremlerden sonra insanların 2-3 gün aç kaldığı bildirilmiştir. Deprem sonrasında kurulan mutfaklar ve yapılan gıda yardımları kısa süreli olup besin açığını kapatacak nitelikte değildir. Asıl sorun protein veya vitamin eksikliği olmayıp enerji yetersizliğidir (14). Uzun dönemde beslenme sorunları ortaya çıkmış olabilir, ancak önce-sonra antropometrik araştırmalar yapılmadığından sorunun varlığı veya yaygınlığı konusunda bilgi de yoktur.

Bulaşıcı Hastalıklar

Kolera, tifo, dizanteri gibi sindirim sistemi hastalıklarının salgınlarına ilişkin hiç bir kayda rastlanılamamıştır. Her ne kadar, her afetten sonra bulaşıcı hastalık tehdidinden söz edilmişse de bu tehditlerin gerçekleşmediği anlaşılmaktadır. Bu tür bir salgın çıkıp kayda geçmeme veya hatırlamama olasılığı varsa da bu düşüktür. Sindirim sistemi enfeksiyonları salgını çıkmama nedenleri, Sağlık Bakanlığının aldığı etkin önlemler yanında depremden sonra insanların genellikle toplu kamplarda değil, dağınık çadırlarda kalmaları ve farklı su

kaynaklarından yararlanmaları olabilir. Öte yandan hijyen koşullarının bozulması ve sıkışık yaşama bağlı olarak özellikle temasla geçen sindirim sistemi enfeksiyonları (Hepatitis A, Dizanteri) görülmektedir. Gıdaların bekletilmeden yenmesine bağlı olsa gerek, besin zehirlenmeleri ile ilgili bir kayıt da yoktur.

Sıkışık çadır yaşamına bağlı olarak solunum yolu enfeksiyonlarında artışlar sıklıkla. Tonsillit, farenjit ve diğer ÜSZE, enfluenza hatta bazı çocuklarda sporadik kızamık ve difteri hastalıkları görüldüğü bildirilmiştir. Bunlarla ilgili olarak da salgın kaydı veya haberine rastlanılmamıştır. Ancak önlem olarak depremlerden sonra rutin çocukluk dönemi aşılarını aksatmadan sürdürme çabaları vardır.

Örgütlenme Sorunları

Ülkemizde depremlerden sonra sağlık ve diğer hizmetlerin nasıl örgütleneceği, ilgili mevzuatta detaylı olarak belirlenmiştir. Yine de bu örgütlenme şemalarının deprem sonrasında işlemediği, çeşitli komitelerin kağıt üzerinde kaldığı, büyük depremlerde işlerin kargaşa içinde yürütüldüğü veya yürütülemediği bilinen bir olgudur (15, 16). Gazete haberlerinde de her depremden sonra yetkililerin panik ve kaosa yer verilmiştir. Bu durumu önlemenin tek yolu depremlere hazırlıklı olmaktır. Eğer daha deprem öncesinde, deprem sırasındaki kurtarma ve ilk yardım, hasta nakli, hasta tedavi ve bakımı, çevre sağlığı hizmetleri, beslenme gibi sağlık hizmetlerine ilişkin kaba planlar yapılmış, kimin, nerede, neler yapacağı belirlenmiş, arada bir yapılan provalarla çıkabilecek sorunlar törpülenmiş, insanlar eğitilmiş olsa idi sıkıntılar yaşanmazdı.

Kargaşanın nedenlerinden birisi yasaların öngördüğü İl Kurtarma ve Yardım Komitelerinde ve sağlık kurumlarında çalışan kişilerin kendileri veya yakınlarının da depremden zarar görmeleridir. Depreme müdahale etmekle görevli kamu personeli de, yardımcı olacağı diğer depremzedeler gibi, panik ve şok içinde kalmaktadır. Yine de kendileri de şaşırmış olduğu halde ilk fırsatta yaralıların yardımına koşan, gece gündüz dinlenmeden çalışan sağlık personelinin sayısı az değildir.

Yıkıntı kaldırma ve yıkıntı altından insan kurtarma özel bir beceri ve özel donanım gerektirmektedir. Ülkemizde bu konu bilinmediği için bazı insanlar kurtarılabilecekken ölmekte veya yıkıntı altından çıkartılırken yaralanmaktadır. Özenle kaldırılması gereken yıkıntıya dozer, vinç gibi ağır vasıtalarla girildiği için zarar görenler vardır.

1992 Erzincan ve 1995 Dinar depreminde Ankara'dan gelen Sivil Savunma ekibinin geç ve sınırlı ancak etkin kurtarma faaliyetleri gelecek için umut vericidir. Merkezi kurtarma ekipleri yerel olarak itfaiye ve sivil savunma elemanlarının eğitimleri ile desteklenebilir. Hem Sağlık Bakanlığı Merkez Örgütünde hem İl Müdürlüklerinde bölgesel veya ulusal deprem hazırlık planları yoktur. Aslında Sağlık Bakanlığında acil hizmetlerle ilgili şube ancak bir kaç yıl önce kurulmuş olup hazırlıktan çok, deprem sonrası sağlık hizmetlerinin eşgüdümü ile uğraşmaktadır. Tek başına çalışan şube şefi gerekli eğitim ve deneyime de sahip değildir.

Sağlık hizmetlerinin örgütlenmesinde ayaktan tanı ve tedavi hizmetleri öncelik taşımaktadır. Yatacak kadar hasta olanlar ambulanslarla en yakın hastanelere sevk edilmektedirler. Bir kaç saatlik gözlem olguları dışında, deprem bölgesinde yataklı tedavi hizmeti sağlamak çok güç ve anlamsızdır. Çadır koşullarında hastaların beslenmeleri, ısıtılmaları, temizlenmeleri, bakımları, asepsi gerçekleştirilememekte, ameliyathane, röntgen, laboratuvar gibi destekler bulunmadığı için tedavi de aksamaktadır. Aynı nedenlerle seyyar hastaneler de yararlı olmamaktadır. Depremden bir iki gün sonra depreme bağlı başvurular bitmekte rutin poliklinik olguları gelmeye başlamaktadır. Bu durumlarda uzmanlardan çok genel pratisyenler yararlı olmaktadır.

Çevre Sorunları

Deprem sonrasında boruların patlaması, suların kesilmesi, kanalizasyon sistemlerinin bozulması sık olarak görülmektedir. Ancak anlaşıldığı kadarıyla belediyelerin ve sağlık örgütünün de gayretiyle sorun kolayca çözülebilmektedir. Sahra tuvaletleri ve etkin klorlama ile bulaşıcı hastalıkların önüne geçilebilmiştir. Hayvan ve insan ölümlerini yıkıntı altından çıkarmak ve gömmek güç olmaktadır. Yaz aylarında bir kaç gün yıkıntı altında kalan cesetler kokmaktadır. Ölümlerde kimlik belirlemesi ve usulüne uygun olarak gömülmesi de sık rastlanan sorunlardır.

Yardım

Tıbbi yardım deprem bölgesine en erken ulaşan yardım türü olmaktadır. Yine de sıklıkla geç kalınmaktadır. Yardım geldiğinde yıkıntının altından insanlar çıkartılmış, herhangi bir vasıta ile en yakın hastaneye gönderilmiş ve diğer hafif yaralıların tedavisi yapılmış bulunmaktadır. Hele kış aylarında yolların zaten kapalı olduğu veya deprem nedeniyle köprü yıkılması ve toprak kaymasına bağlı olarak kapandığı durumlarda afet bölgesine ulaşmak çok

uzun sürebilmektedir (1939 Erzincan depreminde bazı köylere depremin 12. gününde ulaşılabilmektedir).

Gelen uluslararası hekimler ve Türk gönüllüler, eğer profesyonel ekipler değilse fazla yardımcı olamamaktadırlar. Üstelik bu ekiplerin barındırılması, beslenmesi, hizmette gerekli eşgüdümün sağlanması sorun oluşturmaktadır. Son yıllarda uluslararası yardım daha organize olmuştur. Ulusal ekipler de daha çok oranda kendi ambulans, benzin, çadır ve yiyecekleri ile gelmektedirler. Uluslararası ilaç yardımı gereksiz olmaktadır. Hele jenerik isimleri bulunmayan ve ufak kutularda ambalajlanmış yabancı ilaçlar hiç kullanılmamaktadır. Yurt dışından gelen yiyecek ve giyecek yardımı da vatandaşın gelenek ve göreneklerine uygun olmadığı için yararsız kalmaktadır.

Gerek yurt içi gerek yurt dışı yardımın vatandaşa ulaştırılmasında ve dağıtılmasında çeşitli sorunlar yaşandığı, yolsuzluklar yapıldığı gazete haberlerinde sıklıkla yer almaktadır. Yardım dağıtımındaki bu tür sorunlar depremedelerde kızgınlık ve güvensizlik yarattığı gibi görevlilerle arasında sürtüşmelere de neden olmaktadır.

Askeri birlikler bütün depremlerde afet yerine en erken ulaşan organize gruplardır. Enkaz kaldırmada, sıklıkla görülen yağmalara karşı önlem almada, yiyecek sağlamada, çadır kurmada, bölge dışına yaralı taşımada en etkin hizmeti sağlarlar.

Sosyal ve ekonomik sorunlar

Depremlerden sonra deprem yaşanan bölgeden dışarıya göç olması beklenen bir olgudur. Pek çok fabrika, imalathane, dükkan yıkılmaktadır. İşyerini, evini kaybeden insanlar, en azından bunları tekrar yapılabildiği kadar bölgeyi terk etmektedirler. Aynı şekilde deprem sonrasında bölgedeki sağlık personeli ve diğer devlet memurları da bölge dışına atanmak istemektedirler. Bu işyeri ve insangücü kaybı deprem geçiren yer için önemli bir ekonomik felaket olmaktadır. 45 bin kişinin yaşadığı Dinar'da depremden 6 ay sonra sadece 8 bin kişi kalmıştır. Hayvancılık yapılan kırsal kesimde kaybın boyutu farklıdır. Buralarda insandan çok hayvan kaybı olmaktadır. 653 kişinin öldüğü 1983 Erzurum depreminde 30000 büyükbaş ve küçükbaş hayvan kaybı vardır.

Mal ve can kaybı yanında pek çok kimsesiz yaşlı, öksüz çocuk ortada kalmaktadır. 3840 kişinin yaşamını yitirdiği 1976 Muradiye-Çaldıran depreminde 1000 kadar çocuğun anasız-babasız kaldığı bildirilmiştir. Depremler onu yaşayanlar için büyük yıkım olmaktadır. Kişiler anne, baba veya çocuklarını, yıllarca emek vererek geliştirdikleri işlerini, içinde

yaşadıkları yuvalarını kaybetmektedirler. Depremlerin zararını görece azaltan faktörlerden birisi böyle afet durumlarında toplumun gösterdiği dayanışmadır. Deprem sırasında yıkıntı kaldırmada, yiyeceklerini ve barınaklarını paylaşmada, depremzedeler örnek davranışlar sergilerler. 1939 Erzincan depreminde de kent hapisanesi yıkılmış ama sağ kalan mahkumlar kaçmamışlar, savcı ile beraber enkaz altından insan çıkartmaya koşmuşlardır. Gerek devlet, gerekse bölge dışında yaşayanlar da deprem geçiren bölgeye destek olmuş, yardımlarını esirgememişlerdir. 1992'de yerle bir olan Erzincan neredeyse yeniden inşa edilmiştir. Deprem sırasında çadır, yiyecek v.b. alımında bazı eşitsizlikler olsa da, yağmalara rastlansa da, yardım malzemelerinin bazıları depremzedelere ulaşmadan piyasada satılmaya başlansa da, depremde sonra yapılan afet evlerinde suistimaller görülüyorsa da bunlar genel davranış olan toplumsal acıyı paylaşma, dayanışma, yardım gerçeklerini göz ardı ettirmemelidir.

TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Ülkemiz dünyanın en sık deprem geçiren ve bu nedenle en fazla kayıp veren ülkelerinden biridir. Buna karşın depremlerdeki sağlık sorunları, yaralanmalar, ölümlerle ilgili kayıt olmayışı, bu konularda hiç araştırma yapılmamış olması çok üzücüdür. Veri olmayışı nedeniyle Türkiye'deki deprem sonrası sağlık sorunları ile ilgili bu inceleme daha çok gazete haberleri, görevlilerden elde edilen görüşler ve yazarın deneyimlerine dayandırılmak zorunda kalmıştır.

Deprem ile ilgili ölü ve yaralanmaların özgül bir tanımı yoktur. Örneğin depremden bir ay sonra deprem sırasında geçirilen bir travma nedeniyle olan ölüm, deprem ölümü mü sayılacaktır? Aynı şekilde depremin neden olduğu toprak kayması sel veya yangını ölümleri, deprem ölümü müdür? Açlıktan, soğuktan veya deprem nedeniyle ilaç bulamadığı için ölen kronik bir hasta, deprem istatistiklerine girecek midir? Yaralanmalar için de benzer sorunlar bulunmaktadır. Bir kayıt ve istatistik çalışmasından önce bu soruların yanıtlanması gerekmektedir.

Deprem sonrasında ölümlerin zaman ve nedene dağılımı, günlere göre yapılan poliklinik sayıları, görülen hastalıklar, bunların yaş ve cinsiyet gruplarına dağılımı, kullanılan ilaç ve tıbbi malzeme türü ve miktarı, karşılaşılan çevre sorunları gibi rutin istatistiklerin tutulması şarttır. Her ne kadar bu dönemde bütün sağlık personeli büyük bir telaşa hastalara ilk yardım ve tedavi ile uğraşmaktaysa da en fazla bir kişi ilgili formların dağıtımı, toplanması,

bilgilerin dökümü, daha sonra depremle ilgili raporun yazılmasıyla görevlendirilebilir. Depremler tanım olarak dışarıdan yardıma gereksinim duyulan olaylardır. Yerel personel bu tür verileri toplayabilecek nicelik ve nitelikte değilse Sağlık Bakanlığından gelen yetkililerin böyle bir analiz yapmaları gereklidir.

Depremlerden sonra çeşitli üniversitelerden yer bilimciler ve yapı bilimciler deprem yerinde incelemelerde bulunmakta, depremle ilgili bilimsel makale ve raporlar yayınlamaktadırlar (10). Ne yazık ki, sağlık bilimcilerin bu konuda hiç çabasına rastlanamamıştır. Her tıp branşını ilgilendirmekle beraber depremden sonraki sağlık sorunları en çok halk sağlığı uzmanlarının inceleme alanı olmaktadır. Depremler ve diğer afetler epidemiyolojik yöntemler kullanılarak incelenmelidir. Daha sonraki depremlere ancak böyle araştırmalardan elde edilebilecek bilgilerle hazırlıklı olunabilir.

Tablo III'ün de ima ettiği gibi ülkemizde can ve mal kaybının temel nedeni yerleşim ve bina yapım tekniklerine uyulmamasıdır. Özellikle fay üzerinde bulunan yerleşim yerlerinin alüvyon veya moloz üstüne yapılmaması gerekir. Hastane ve resmi binaların çöktüğü de göz önüne alınırsa bina yapım tekniğinde de büyük eksiklikler olduğu anlaşılır. Nitekim yapı mühendisleri bu eksiklikleri, yapıda kullanılan demir, çimento ve diğer malzemedeki eksiklikler, yapı işçiliğinde ve yapı kontrolündeki yetersizlikler, projelerdeki eksiklikler ve yapı mevzuatındaki yetersizlikler olarak belirlemişlerdir (17). Bu eksiklikler giderilmeden deprem hasarları giderilemez. Hele "çok yağmurda bile erir, yıkılır" nitelikteki çamur harçlı, toprak damlı köy evleri daha çok can alır (18). Aslında fazla masraf yapmadan hem kentte hem köyde hafif depremde zarar görmeyen, orta şiddetli depremde az zarar gören, şiddetli depremde zarar gören ama yıkılmayan bina inşa etmek mümkündür ve bunun teknikleri Bayındırlık ve İskan Bakanlığının çıkarttığı yönetmeliklerde açıklanmıştır. Ancak ne belediyelere ne vatandaşa yönetmelik hükümlerini benimsetmek ve uygulamak mümkün olmamıştır.

Sağlık hizmetlerinde de gerekli örgütlenme, planlama, eğitim, malzeme depolaması gibi önlemlerle, önceden hazırlıklı olarak deprem sırasındaki panik ve kaosu önlemek mümkündür. Sağlık Bakanlığındaki ilgili şube güçlendirilmelidir. Bu şubenin de desteği ile deprem bölgelerindeki iller deprem planları yapmalı, planda yer alan görevliler, görevleri konusunda eğitilmeli ve çeşitli egzersizlerle eğitimlerini pekiştirmelidirler. Deprem ve diğer afetlerde kullanılmak üzere sağlık hizmetlerinin örgütlenmesi, kurtarma ve ilk yardım, bulaşıcı

hastalık mücadelesi ile ilgili el kitapları hazırlanmalıdır. Deprem sonrasında gerekli tıbbi malzeme önceden belirlenmeli, illerde, ilçelerde depolanmalıdır. Depremde gerekli kayıtların tutulmasına özen gösterilmelidir.

Deprem sonrası hasta bakım ve tedavi gereksiniminin en yoğun olduğu dönem ilk 24-48 saattir. Deneyimlere göre yıkıntı altında kalanların %85-95'i ilk 24 saat içinde kurtarılmaktadır (19). Bölgeye bundan sonra gelecek olan sağlık ekiplerinin mortaliteyi azaltmada bir etkisi bulunmamaktadır.

Gerek Tıp fakültelerinde müstakbel doktora, gerekse Halk Sağlığı Uzmanlık eğitimi sırasında geleceğin yöneticilerine depremlerle ilgili temel bilgilerin verilmesi nüfus yoğunluğu ile daha da artması beklenen deprem hasarlarının azaltılmasında önemli rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Bayülke N. *Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar*. İmar ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Enstitüsü; 20, 1978; Ankara.
2. *Yer Sarsıntısından Önce ve Sonra Alınacak Tedbirler*. Kanun no 4623, Resmi Gazete 22.7.1944.
3. Ergünay O. *Türkiye'de Deprem Zararları. içinde: Deprem Paneli*. TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, No 17; 14, 1984; Ankara.
4. Yavuz F., Keleş R., Geray C. *Şehircilik, Sorunlar, Uygulama ve Politika*; Ankara Üniv. Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, No 415; 752-56, 1978; Ankara.
5. Lechat FM. Epidemiology of Disasters. *Proceeding of the Royal Society of Med.* 1976; 69: 421-426.
6. Dedeoğlu N. *Depremlerde Sağlık Hizmetleri*; Hatipoğlu Yayınevi; 3-4, 1989; Ankara.
7. Bağcı G. ve diğerleri. Türkiye'de hasar yapan depremler. *Deprem Araştırma Bülteni*. 1991; 69: 113-126.
8. Dr. Muzaffer Keçeci. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Genel Müdür Yardımcısı, Dr. Levent Eker. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Bulaşıcı Hastalıklar Şube Şefi.
9. Karababa AO. (ed.) *Halk Sağlığı İndeksi*: İzmir Tabip Odası Halk Sağlığı Bürosu Yayını No 2; 1994; İzmir.
10. TC Erzincan Valiliği. *Deprem ve Erzincan*; 1992; İstanbul.
11. Lechat MF. Disasters and Public Health. *Bulletin of the WHO*. 1979; 57: 11-17.
12. de Goyet CV., Lechat MF. Health aspects in natural disasters. *Tropical Doctor*. Oct 1976: 152-170.
13. Giel R. Psychosocial processes in disasters. *Int.J.of Mental Health*. 1990; 19/1: 7-20.
14. United Nations. *A Guide to Food and Health Relief Operations for Disasters*. United Nations; 69, 1977; New York.
15. Geray C. Türkiye'de afet olayları karşısında önlemler ve örgütlenmeler. *Amme İdaresi Dergisi*. Eylül 1977; 10/3: 91-114.
16. Dedeoğlu N. Dinar depreminin hatırlattıkları. *Toplum ve Hekim*. Eylül-Aralık 1995; 10/69,70: 171-172.
17. Gülkan P., Ergünay O. Case study of Erzincan earthquake of 13 March 1992. *Yayınlanmamış UNDP Afet Yönetimi Kursu ders notu*. Bölüm 5.2; 2-5 Haziran 1992; Ankara.
18. Som D. Evler çok yağmurda bile erir, yıkılır. *Cumhuriyet Gazetesi*. 1.sayfa haberi. 2 Kasım 1983.
19. Schultz CH. et al. A medical disaster response to reduce immediate mortality after an earthquake. *New Eng.J.Med.* 1996; 334: 438-444.

Tablo I: 1900-1995 Yılları Arasında Görülen Depremler ve Yaptıkları Hasarlar *

Yıllar	deprem sayısı	ortalama magnitüd	toplam yıkılan/ ağır hasarlı bina	toplam ölen	yıkılan 100 bina başına ölen	deprem başına yıkılan bina	deprem başına ölen
1900-1909	4	6.4	9015	2630	29.2	2253.8	657.5
1910-1919	2	6.2	7240	616	8.5	3620.0	308.0
1920-1929	8	6.1	12388	861	7.0	1548.5	107.6
1930-1939	11	6.1	128015	35965	28.1	11637.7	3269.5
1940-1949	25	6.1	101550	11864	11.7	4062.0	474.6
1950-1959	16	6.0	24624	650	2.6	1539.0	40.6
1960-1969	30	5.6	46733	2729	5.8	1557.8	91.0
1970-1979	21	5.6	38757	8281	21.4	1845.6	394.3
1980-1989	8	5.8	6743	1174	17.4	842.9	146.8
1990-1995	2	6.4	10012	747	7.5	5006.0	373.9
TOPLAM	127	5.87	385077	65517	17.0	3032.1	515.9

* 7 Nolu kaynaktaki verilerden yararlanılarak düzenlenmiştir.

Tablo II: Yaz ve Kış Mevsiminde Görülen Depremlerde Mal ve Can Kaybı 1900-1995 *

Deprem ayı	deprem sayısı	ortalama magnitüd	toplam yıkılan/ ağır hasarlı bina	toplam ölen	yıkılan 100 bina başına ölen	deprem başına yıkılan bina	deprem başına ölen
Haziran, Temmuz, Ağustos	27	5.8	54079	3734	6.9	2002.9	138.3
Aralık, Ocak, Şubat	24 **	5.7	62543	7261	11.6	2606.0	302.5

* 7 No'lu kaynaktaki verilerden yararlanılarak düzenlenmiştir.

** Aralık ayında görülmesine karşın ortalamayı çok değiştirdiği için 1939 Erzincan depremi analize alınmamıştır.

Tablo III: 1900-1995 Yılları Arasında Görülen Deprem ve Hasarlarının Coğrafi Bölgelere Dağılımı *

Bölge	deprem sayısı	ortalama magnitüd	toplam yıkılan/ ağır hasarlı bina	toplam ölen	yıkılan 100 bina başına ölen	deprem başına yıkılan bina	deprem başına ölen
Doğu	68	5.74	165310	25512	15.4	2431.0	375.2
Balı	55	5.76	103079	7015	6.8	1874.2	127.6
TOPLAM	123 **	5.75	268389	32527	12.1	2182.0	264.4

* 7 Nolu kaynaktaki verilerden yararlanılarak düzenlenmiştir.

** Erzincan depremi ile eksik veri bulunan 3 deprem dahil edilmemiştir.

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİNDE YAYIMLANAN MAKALELER

MAKALE ADI	YAZAR ADI	BÜLTEN NO
Sismisite Çalışmaları ve Kıbrıs'ın Sismisitesi hakkında bir inceleme	O. Ergünay ve O. Yurdatapan	1
Betonarme kısa kolonların depreme dayanıklı yapımı	N. Bayülke	1
Nükleer santrallerin depremlere karşı hesabı	G.W. Housner Çev: O. Göksel	1
Mikrotremorlar IX.	K. Kanai, T. Tanaka and S. Yoshizawa Çev: S. Gencoğlu	1
Bir yapının depreme olan maksimum mukabelesinin tayini için istatistiksel bir yöntem	H. Tajimi Çev: M. E. Özel	1
1971 San Fernando depremi konferansından rapor	D. Leeds Çev: N. Bayülke	1
Kuvvetli depremlerin spektrum analizleri	G. W. Housner, R. R. Martel and J. L. Alford Çev: E. Buket	1
Mikro Bölgeleme	O. Ergünay	2
Depreme dayanıklı köprü yapımı	N. Bayülke	2
Japonya'da uygulanan mikro bölgeleme metodları	Yorihiho Ohisaki Çev: S. Gencoğlu	2
Zemin şartlarının esas alınmasıyla yapılacak mikrobölgeleme haritaları için bir metod	H. Kobayashi and H. Kagami Çev: S. Gencoğlu	2
Kuvvetli deprem hareketi kayıtlarından mukabele spektrumlarının hesaplanması	Navim C. Nigam and Paul Jennigs Çev: U. Z. Çapan	2
Kumlu zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin tesbiti	Hajime Tsuchida and Satoshi Nayashi Çev: N. Bayülke	2
Yeni Türkiye deprem bölgeleri haritasının getirdikleri	A. Tabban	2
1969 Güney Afrika Boland depreminde bina hasarlarının onarımı	Ç. J. Thomson Çev: T. Güzey	3
Nükleer güç santrallerinin depremlere karşı projelendirilmesi	Kiyoshi Muto Çev: O. Göksel	3
Depremler sırasındaki zemin hareketlerinin önemli özellikleri	Prof. G. W. Housner Çev: U. Z. Çapan	3
Mikro bölgeleme için Jeofizik mühendisliği araştırma teknikleri	V. J. Murphy Çev: E. Buket	3
Japonya'nın bazı bölgelerinde gözlenen deprem zararları ve zemin alt şartları	Tokyo Üniv. Deprem Araş. Ens. Zemin altı araştırmaları grubu Çev: M. E. Özel	3
Dolgu-duvar-çerçeve ilişkileri için analitik model	P. Gürkan ve T. Vasti	4

Basit bir sarsma tablası	M. Çelebi	4
Zemin yapısının deprem yer hareketlerine etkisi konusunda literatür araştırması	Ç. Soydemir, D. Özgür ve A. Gürpınar	4
1967 Caracas depreminde yapı-zemin müşterek davranışının deprem hasarına etkisi	H.B. Seed, J.L. Alonso Çev: M. A. Erguvanlı	4
Yerinde "S" dalga hızı ölçmeleri yapmak için çeşitli teknikler	S.D. Schawarz and J. M. Musser Çev: K. E. Kasapoğlu	4
Kolon-kriş ek yerlerinin yatay (deprem) kuvvetlere dayanıklı yapılması	N. Bayülke	5
Türkiye'de kırsal konutların son yıllardaki tahripkar depremlere mukabelesi	E. Arıoğlu ve K. Anadol	5
İzmit ili mikrobölgeleme etüdünde yapılan mikrotremor çalışması	S. Gencoğlu ve E. Ayhan	5
S.S.C.B. de sismik mikrobölgeleme metodlarının geliştirilmesi	V. Stheisberg Çev: O. Yurdatapan	5
Deprem esnasında büyük toprak altı yapılarında zemin yapı ilişkileri	H.B. Seed and M. Idriss Çev: T. Durgunoğlu	5
Kuvvetli deprem hareketi ve Hollywood' da zemin durumu	C. Duke, J.E. Luco, A. Carriveau, P.J. Hradilek, R. Lastrico and D. Ostrom Çev: E. Buket	5
Tarihsel perspektifte Süleymaniye Camii'nin depremlere mukavemeti	K. Anadol	6
Zemin dinamiği problemlerinde kullanılan zemin parametrelerinin tayini	Y. Wasti	6
Deprem parametrelerinin ampirik olarak hesaplanması üzerinde bazı uygulamalar	S. Gencoğlu	6
"S" dalgalarının meydana getirilişi ve uygulaması üzerinde deneysel çalışmalar	S. Gencoğlu	6
Yapılara gelen maksimum deprem etkilerinin "Mod Süperpozisyonu" metodu ile hesaplanması	N. Bayülke	6
Deprem şiddeti ve düzeltilmiş deprem spektrumları	Arturo Arias S.	6
Yapı sistemlerinin özel periyodları	Dr. M. Çelebi ve Dr. E. Çıtıptoğlu	7
Depremlerin endüstri yapıları, enerji üretim ve dağıtım tesisleri ve yapıların taşıyıcı olmayan kısımları üzerindeki etkileri	N. Bayülke	7
Elasto-plastik sistemlerin gelişigüzel titreşimi	İ. Helvacı ve A. Gürpınar	7
Çok katlı perdeli yapıların yatay yüklere göre yaklaşık hesap metodu	Dr. M. Çelebi ve Dr. E. Çıtıptoğlu	7

Arazi ve laboratuvar deneyleri ile zeminlerin kayma modülünün saptanması	M. A. Erguvanlı	7
27 Haziran 1966 Parkfield depreminde elde olunan Sismoskop kayıtlarının incelenmesi	O. Yurdatapan	7
Tahripkar depremlerde zemin hareketlerinin ölçülmesi	M. Köylüoğlu	7
Sismik dalgaların deneysel etüdler yoluyla mikrotremorların karakteristikleri üzerine araştırmalar	S. Gencoğlu	8
Balkan bölgesindeki deprem riskinin değerlendirilmesi	S.T. Algermissen, D.M. Perkins, W. Isherwood, D. Gordon, G. Reagor and C. Howard (Çev: M. E. Özel)	8
Sömel altındaki çökmeyi hesaplamak için basit bir metod	Max. L. Calhoon and M. Asce Çev: E. Yarar	8
Haliç Köprüsü deprem analizi	B. Pakman	9
Depreme dayanıklı çokkatlı yapılarda sünek perde duvarları	Dr. M. Fintel Çev: P. Gülkan	9
Mühendislikte deprem riski analizi	Dr. A. Cornell Çev: O. Ergünay ve U. Zeki Çapan	9
Banja-Luka şehrinde sismik mikro-bölgeleme etü lü ve mühendislik sismolojisi araştırma çalışma projesi	Dr. M. Stojkovic Çev: A. Tabban	9
Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte betonarme yapılarla ilgili bölümün temel ilkeleri ve açıklamalar	Prof. Dr. U. Ersoy Çev: Dr. P. Gülkan	10
Düşey titreşim genliğinin kohezyonsuz zeminlerin sıkıştırılmasına etkisi	B. Güngör ve Dr. Y. Wasti	10
Kırım'ın geliştirilmiş sismik sarsılabilirlik (Shakeability) haritaları	Dr. A. G. Kamenobrodskiy, Çev: U. Z. Çapan	10
Deprem ve parametreleri	A. Tabban ve S. Gencoğlu	11
Yeni deprem yönetmeliği 13 ncü bölümün açıklanması	H. Celasun	12
Binaların burulmaya göre hesabı	S. Tezcan	12
100 metreküplük bir yüksek su haznesinin deprem analizi	N. Bayülke	12
Depremlerin önceden bilinmesi	O. Ergünay	12
İstinat duvarlarında deprem sırasında oluşan basınçlar	R. F. Scott Çev: A. Erguvanlı	12
Depremler sırasında oluşan basınçlar hakkında kısa bir not	A. Erguvanlı	12
Deprem hasar çalışmalarını için yöntemler ve güvence limitleri	J. Ficher and I.H. Chou Çev: R. Can	12
Nikaragua için yapılan sismik risk çalışmalarını	H. Shah, C. Mortgat, A. Kiremidjian and T.C. Zsutty (Çev: M. E. Özel)	12

Toprak barajların dinamik hesap yöntemleri	Dr. K. Özaydın ve Dr. A. Erguvanlı	13
Kalifornia eyaleti su projesi sismik risk analizi	C. Shah and M. Movassate Çev: M. E. Özel	13
Yeni deprem şiddet skalası	C.P. Mortgard and H.C. Shah Çev: R. Can	13
Zemin ve jeolojisinin yerel deprem mukabelesine olan etkinliği	H. Bolton Seed and Per B. Schnabel Çev: M. Köylüoğlu	13
Ankara'nın deprem bölgesinde bulunmasının nedenleri	A. Tabban	14
Perde duvarları ile çerçevelerin karşılıklı etkisi	F.R. Khan and J.A. Sbaraunis Çev: P. Gülkan ve T. Wasti	14
Deprem bölgelerindeki yerleşimlerin gelişme planlamasının bazı yönleri	Adolf C. Browksi Çev: N. Bayülke	14
Arazi kullanımı alanları ve diğer afetlerin azaltılması	William J. Petak Çev: Z. Bozer	15
Risk analizi	E. Rosenblueth Çev: U. Z. Çapan	15
Betonarme krişlerde düktilite şartları (Deprem mühendisliği açısından)	N. Bayülke	15
Yapı dinamiğine giriş	M. Çelebi ve M. Erdik	16
Sismik bölgelemede problemler	G. W. Housner and P.C. Jennings Çev: A. Tabban	16
Deprem hareketi ve dinamik zemin parametreleri ilişkisi	M. Y. Özkan, A. Gürpınar ve Ç. Soydemir	17
Nükleer güç santralleri için deprem riski analizi	M.S. Yücemem ve P. Gülkan	17
Zeminlerin dinamik davranışlarına ait gerilme deformasyon bağıntıları	W. D.Z. Finn ve A. Erguvanlı	17
Aletsel sismolojide bazı ana yöntemler ve uygulamalar	E. Başarır	17
Türkiye'nin deprem bölgelerinin belirlenmesinde bazı istatistiksel yaklaşımlar	S.B. Üçer, E. Ayhan ve E. Alsan	18
Depremlerle ilgili hükümleri açısından "yol köprüleri için teknik şartname" üzerine düşünceler	N. Bayülke	18
Deprem yönetmeliğindeki "yapı tipi" katsayısının karar tablosu tekniği ile incelenmesi	S. Senirkent	18
Deprem bölgelerinde bulunan büyük boyutlu panolardan oluşmuş yapılarla ilgili bazı araştırmalar	M. Diaconu vd. Çev: N. Bayülke	18
Depremlerin önceden bilinmesi ve alarma geçme konusunda bilimsel ve sosyal problemler	C. Kisslinger and Y. E. Hass Çev: M. Erdik ve M. Çelebi	18
Perde duvarlı açık yapılarda yatay yüklerin analizi	R.T. Toprakçı	19

Dönel ince kabuk-sıvı sistemlerinin dinamik hesabı	H. Karadeniz	19
Batı Türkiye deprem etkinliği	S.B. Üçer, E. Alsan, N. Ulusan, E. Başarır, E. Ayhan, L. Tezuçan ve C. Kaptan	19
Sismolojide son 25 yıl	O.W. Nuttli Çev: R. Ateş	19
Yeni bir deprem monitör sistemi	Çev: R. Ateş (EOS)	19
Öngörülmesi beton yapıların deprem dayanımı	U. Ersoy, E. Aktan ve T. Tankut	20
Elastik zemine oturan çok katlı çerçevelerin deprem hesabı için teorik ve deneysel incelemeler	A. A. Dumanoglu	20
Düsey titreşimlerle kohezyonsuz zeminlerin maksimum birim ağırlığının tayini	Y. Wasti	20
Maksimum deprem magnitudünün belirlenmesi	S. W. Smith Çev: U. Vegkioglu	20
Yansıtmayan sınırların yapı-zemin dinamik etkileşim problemlerine uygulanışında hata analizleri	A. Dumanoglu	21
Yapı mühendisliğinde Eigendeğer problemlerin çözümü	H. Karadeniz	21
Batı Anadolunun deprem riski analizi	A. B. Numanoğlu	21
Plastisite endisinin kayma dalgası hızına etkisi	V. Kumbasar ve A. Erguvanlı	21
Türkiye'nin konut sorunu	S. Tezcan	22
Yığma yapıların yatay yüklere göre hesabı	F. Çılı	22
Tuğla yığma yapıların depremlerdeki davranışı	N. Bayülke	22
Deprem açısından mimari tasarım	N. Bayülke	22
Deprem risk analizlerindeki belirsizlikler hakkında tartışma	A. Erguvanlı ve K. Özaydın	22
Küçük depremlerin getirdiği sorunlar	R. Ateş	22
Düzeltilme	E. Alsan	22
Yapısal sistemlerde doğal titreşim mod ve frekanslarının "Newmark" yöntemi ile sayısal saptanması	M. Erdik	23
Kohezyonlu zeminlerin dinamik mukavemeti hakkında	A. Erguvanlı	23
Kumlu zeminlerin dinamik özellikleri	T. Edil	24
Zemin yapı periyod etkileşimi ve deprem yönetmelikleri	N. Aydınoğlu, A. Erguvanlı ve K. Özaydın	24
Depremlerin oluş nedenleri hakkında	A. Erguvanlı	24

1-5 saniyelik mikrotremorların gözlemi ve deprem mühendisliğine uygulaması	Y. Ohta, H. Kagami, N. Goto and K. Kudo, Çev: A. Yatman ve R. Ateş	24
Büyük Menderes alçalımı ile Menderes masifi yükseliminin sınırını oluşturan kuşağa uygulanan bir deprem öncesi çalışması	S. Sipahioğlu	25
Batı Anadolu için geliştirilmiş deprem büyüklüğü-şiddet uzaklık ilişkisi	D. Kolçak ve S. Sipahioğlu	25
Tsunami ve Türkiye kıyılarını etkilemiş Tsunamiler	H. Soysal	25
Depremle ilgili zaman parametrelerinin elde edilmesinde kullanılan laboratuvar deneyleri	K. Özüdoğru	25
İstanbul için deprem riski analizi	S. Tezcan, Y. Acar ve A. Çivi	26
Çerçeve sistemlerinin yatay yükler altında incelenmesi	R. Aydın	26
Batı Anadolu'da bazı yerleşim alanlarında beklenen deprem şiddetlerinin saptanması	D. Kolçak ve Y. Karayel	26
Deprem dalgalarının faz karakteristikleri ve uygulamasına ilişkin inceleme	M. İpek	26
Ağır yapıların yaklaşık üç boyutlu dinamik analizi	A. Dumanoglu	27
Ağır yapıların dinamik analizinde matematik model seçimi	A. Dumanoglu	27
Batı Türkiye'de deprem etkinliği (Ocak-Ağustos, 1976)	B. Üçer, E. Ayhan, N. Uluşan, L. Tezuçan, E. Alsan ve E. Başarır	27
Depremlerin önceden bilinmesi konusundaki araştırma için bir Avrupa programı önerisi	Çev: A. Yatman	27
Zemin-yapı sisteminde sönüm	P. Sotirov Çev: A. Yatman	28
Depremler sırasında sıvılaşma ve nedenleri hakkında düşünceler	Dr. A. Erguvanlı	28
1977 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği	E. Alsan vd.	29
Sismolojik verilere göre Doğu Akdenizin kuzeyinde ve Güneydoğu Anadolu' da Avrasya-Afrika levha sınırının özellikleri	S. Büyükaşkoğlu	29
Çerçeve ve perdelerden meydana gelen sistemlerin yatay yükler altında statik çözümü	R. Aydın	29
Simetrik olmayan yapıların dinamik özellikleri	R. Rosman Çev: A. Coşkunyel	29
1978 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği	E. Başarır vd.	30

Duyarlı ve sürrekli gravite, eğim ve streyn ölçüleri	U. yaramancı	30
1979 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği	S. B. Üçer vd.	31
Adapazarı yöresinde yapılan yapay patlatma ile ilgili ön değerlendirme sonuçları	C. Gürbüz vd.	31
Depreme dayanıklı betonarme yapı tasarımı üzerine notlar	N. Bayülke	32
Kuzey Anadolu fay zonunda deprem-kaynak parametrelerinin magnitüde ilişkisi	Dr. Ü. Ezen	32
Batı Anadolu'da depremlerle parametreleri arasındaki ilişkiler	Ü. Kıyak	32
Gezenler sismolojisi ve iç yapıları	M. N. Toksöz Çev: Ü. Ezen	33
Toprak dolgu barajların deprem analizinde yeni tip yapısal denklemler	Dr. A. Ansal	33
San Fernando fay yakını deprem kayıtlarının deprem tasarımına getirdikleri	V. V. Bertero vd. Çev: A. Coşkunyel	33
Silindirik kabuk, ayaklı su haznesinin deprem hesabı	N. Bayülke	33
Perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerin yanal yüklere göre çözümü için bir yöntem	S. Yelken	34
Yaygın temelli yapıların dinamik analizleri	Dr. D. Altınışık	34
İl, ilçe ve kasabalarımızın buldukları deprem bölgeleri	Derleme	34
Yapı-zemin etkileşiminin kuramsal temeli ve yönetmeliklere yansması	Doç. Dr. M. Erdik	35
Deprem bölgelerinde mimari tasarım ve kent planlaması	Ye Yaoxian Çev: Prof. Dr. M. Yorulmaz	35
"Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik"te kolon minimum donatısının %1 olarak sınırlandırılması üzerine düşünceler	N. Bayülke	35
Dinamik üç eksenli sıvılaşma deneyleri ve tekrar sıvılaşma	A. Ansal ve G. Ögünç	35
Zemin modüllerinin arazide ve laboratuvarında belirlenmesi	W. F. Marcuson and J. R. Curran Çev: S. Gül	35
1980 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği	L. Tezuçan vd.	36
Mekanik darbeye kuyular arası (cross-hole) v. kuyu içi (down-hole) sismik kesme dalgaları ölçümü	B. Auld Çev: N. Bayülke ve E. İnan	36

Sismik mikrobölgelemede kesme dalgası hızının kullanılması	S. Peixiu vd Çev: S. Gül	36
Kaynak parametrelerine göre Kuzey Anadolu fay zonunda faylanma dinamiğinin incelenmesi	Dr. Ü. Ezen ve Dr. C. Gürbüz	37
Kumlu zemin tabakalarında sivilaşma	Doç. Dr. A. Ansal	37
Çerçeve yapılarda yüksek modların yaklaşık olarak belirlenmesi	M. İ. K. Aksel	38
Marmara bölgesi için sismik gürtültü ölçüleri	E. Aslan	38
Çerçeve taşıyıcı sistemlerin yatay yük etkisi altında hesabı için bir bilgisayar programı	R. Aydın	38
Kuzey Anadolu fay zonunun İzmit-Kastamonu kesiminin tarihsel dönem (1900 öncesi) deprem etkinliği	S. Sipahioğlu ve O. Gündoğdu	38
Bazı ülkelerin deprem yönetmeliklerindeki yatay kuvvet hesabı yöntemlerinin karşılaştırılması	H. Demir ve Z. Polat	38
Perde-çerçeveli yüksek yapıların yatay yüklere göre hesabı ve temel teşkili (hesap ve konstrüktif esaslar)	Dr. K. Özden ve A. Portakalçı	39
Güney Kaliforniyada deprem sezinlemelerinde manyetotellurik yöntem	A. Ercan	40
Yapıların deprem hesapları üzerine bir uygulama örneği	İ. E. İyalek	40
Kandilli rasathanesi deprem ağı için yerel magnitud denklemlerinin saptanması	K. Sevimay	40
Depreme dayanıklı hastane tasarımı	S. Köse	40
Perdeli yapıların yatay yüklere göre yaklaşık çözümü ve kesin çözüm için bir bilgisayar programı	R. Aydın	41
1981 yılı Batı Türkiye deprem etkinliği	E. Ayhan vd	41
Barajların eğilebilirliği gözönüne alınmak suretiyle depremden dolayı baraj-su yüzeyinde meydana gelen hidrodinamik basıncın etkin bir metodla hesap edilmesi	Dr. D. Altınışık	41
Tünel projeleri seçimi ve kontrolü için karmaşık yerbilim araştırma programları	H. K. Helfrich vd. Çev: M. Altıntaş	41
Makina temellerinin bileşik devrilme ve yatay ötelenme hareketi	M. Y. Özkan ve M. İnada	42

Yapıların deprem hesapları üzerine bir uygulama örneği (2. kısım)	İ. E. Leylek	42
1971-1975 yıllarında Batı Türkiye deprem etkinliği	E. Ayhan ve N. Sancaklı	42
Girişime uğramış yapay ve gözlemsel dispersif dalgalarda gecikme zamanının saptanması	Ü. Ezen	43
Kuzey ve Doğu Anadolu'da zone dalgalarının dispersiyonu ve yer kabuğu yapısı	Ü. Ezen	43
Bitlis-Zagros kıtasal çarpışma kuşağı boyunca etkin sığ deformasyonlar ile depremler arasındaki ilişkiler	H. Eyidoğan	43
Sismik hız oranları kullanılarak depremlerin önceden kestirilmesi	Roger W. Sherburne Çev:N. Bayülke ve E. İnan	43
Sayın İbrahim Leylek'in "yapıların deprem hesabı üzerine bir uygulama örneği" adlı yazısı ile ilgili bir irdeleme	U. Ersoy	44
Baraj-rezervuar sistemlerinin dinamik analizi	N. K. Öztoran ve Nuri Akkaş	44
Başlangıç gerilme şartlarının depremler sırasında sıvılaşmaya etkisi (deneysel ve bir yorum)	M. A. Erguvanlı and İ. K. Özyayın Çev: S. Onur	44
1982 Batı Türkiye deprem etkinliği	N. Sancaklı vd.	44
Kuzey Anadolu fay zonu ve çevresinin deprem etkinliğinin incelenmesi	S. Sipahioğlu	45
İstanbul için deprem olma olasılığının Weibull dağılımından yararlanarak elde edilmesi	A. M. Işıkkara	46
İki doğrultuda bileşik eğilme etkisindeki kesitlerin taşıma gücüne göre hesabı	A. Durmuş ve U. Eyüboğlu	46
5 Temmuz 19°3 Biga depremi ve artçı deprem etkinliği	E. Aslan vd	46
Rayleigh dalgalarının Güney Ege denizindeki bölgesel atenüasyonu	Ü. Ezen	46
Heterojen ortamda sismik hacim dalga sönümlerinin yerinde araştırılması	P.J. Newman and M. H. Wordhington Çev: S. Gül	46
Deprem bölgelerinde çerçeve krişleri ve perde bağ krişlerinin donatı miktarı ve yerleştirilmesi	M. Altan	47
Yeraltı boru hatlarının dinamik analizi	F. İmer ve N. Akkaş	47
Ege denizinde Rayleigh dalgalarının faz hızları ve girişimin etkisi	Ü. Ezen	47

Değişen dalgalar içeren yakın depremleri kullanarak kabuk yapısının tayini	N. Sancaklı	47
Killerin tekrarlı gerilmeler altında davranışı	A. Ansal ve A. Erken	48
1983 Erzurum-Kars depremi kuvvetli yer hareketi ivme kayıtlarının mühendislik sismolojisi yönünden analizi	R. Yılmaz	48
Depremlerde yapılara gelen kuvvetlerin özellikleri	N. Bayülke	49
Anadolu kavağında yapılan taşocağı patlatmalarından elde edilen sismik kayıtların değerlendirilmesi	C. Gürbüz ve S.B. Üçer	49
Deprem araştırma bülteni 1-48 sayılarında çıkan makale isimleri	Derleme	49
Taş yığma duvarlar üzerinde yapılan deney çalışmaları	T. Özmen	49
Öz (Abstract) hazırlama kılavuzu	Türdok	49
3 Eylül 1968 Bartın depreminin kaynak mekanizması ve Karadeniz'in aktif tektoniği hakkında düşünceler	Ö. Alptekin, J.L. Nabelek ve M.N. Toksöz	50
Kuzeydoğu Anadolu'nun depremselliği ve Erzurum'un deprem tehlikesi	S. Gül ve N. Bayülke	50
Genç göl çökellerindeki deforme olmuş yapılardan deprem tekrarlanma sürelerinin belirlenmesi	J.D. Sims Çev: E. Yiğit	50
Sismik refraksiyon araştırmalarında frekans ve amplitüd izlerinin kullanılması	H. Palm Çev: N. Bayülke ve R. Yılmaz	50
Kanal dalgalarının doğrusal frekans modülasyonlu uyumlanmış süzgeç ile bastırılması	R. Saatçılar	51
Charleston-Güney California yakınlarından deprem tekrarlanmaları ile ilgili paleosismik deliller	P. Talwan, J. Cox Çev: Dr. S. Pampal ve E. Yiğit	51
Doğu Anadolu ve Kafkasya bölgesinin depremselliği ve aktif tektoniği	İ. Osmañahin, F. Ekşi ve Ö. Alptekin	52
1975-1982 yıllarına ilişkin Batı Anadolu deprem verilerinin istatistiksel çözünülemesi	H. Tatlıdil ve H. Çıngı	52
Deprem hasarı üzerine yerel zemin koşullarının etkisi	Y. Ohsaki Çev: Z. Haşgör	52
Kademeli veya kesik perdeler içeren binaların yatay kuvvetler etkisinde yaklaşık hesabı	Dr. Ö. Z. Alku	53

Yayıllı kütleli ve toplanmış kütleli sistemlerde titreşim mod ve periyotların hesabı	R. Aydın	53
Killerin dinamik mukavemet ve şekil değiştirme özellikleri	M. Yıldırım	53
Yapı tasarımında deprem kayıtlarının, spektrumlarının seçimi ve kullanımları	Doç. Dr. Z. Hasgör	53
Manyitüd türleri ve sınıfları üzerine	Doç. Dr. Ü. Ezen	53
Depreme dayanıklı prefabrik yapılar	N. Bayülke	54
İki doğrultuda bileşik eğilme etkisindeki betonarme kesitler için taşıma gücü hesap yöntemleri	E. Çokça ve U. Ersoy	55
Enstantane genliklerden spektral magnitüd tayini	Ü. Ezen	55
Kayaçlarda sismik dalgaların atenüasyon mekanizması	Ü. Ezen	55
Göller bölgesinin depremselliği	A. Yılmaztürk ve Özer Kenar	55
5.5.1986 ve 6.6.1986 Doğanşehir depremleri ve Doğu Anadolu fay zonları ile ilişkisi	Ü. Kıyak, D. Kalafat ve O. Gündoğdu	55
Prefabrike yapı sistemlerinin depreme dayanıklı tasarımı yaklaşımları	N. Bayülke	56
İnşaat mühendisliği araştırmalarında sismik kırılma uygulamalarının tasarımı	Çev. M. Altıntaş ve C. Özalp	56
Uluslararası Portofor S1 binasının uzay kalas kabuğunun tasarımı, statik ve dinamik analizi, inşaatı	M. Saituh Çev. E. Coşkun	56
9 Ağustos 1912 Şarköy-Müreftede depremi	F. Öztin	56
Açıkkiyı çerçeve yapılarının dinamik davranışı	T. Sümer	57
Nükleer enerji yapılarının dinamik çözümlemesi	T. Sümer	57
Kandilli rasathanesi deprem ağı için yerel mag: itüd denklemlerinin saptanması	K. Sevimay ve A. Güngör	57
Kuzey Anadolu fay zonunda Weibull olasılığı dağılımı ile deprem riskinin saptanması	D. Kolçak, Y. Altınok ve D. Gündoğdu	57
Yatay yüklerin etkisi altında bulunan ve çerçeve kayma rijitliği yapı yüksekliğince nonlineer değişen yapılarda yatay yerdeğiştirmelerin hesabı	Y. Ertutar	57
1983 yılı Batı Türkiye depreminin etkinliği	BÜ Kandilli Rasathanesi Gök ve Yer Bilimleri Merkezi	57

Çok katlı yapılar ve deprem	BÜ Kandilli Rasathanesi Gök ve Yer Bilimleri Merkezi	58
Batı Türkiye'de kabuk ve üst manto yapısının araştırılması	D. Kalafat, C. Gürbüz ve S.B. Üçer	59
Sayısal sismolojideki gelişmeler	Ü. Ezen	59
24 Nisan 1988 Kuzey Marmara denizi depremi ve artçı deprem etkinliği	E. Ayhan, D. Kalafat, Ş. İnce ve Z. Öğütçü	59
Depremlerde sağlık hizmetleri	N. Dedeoğlu	59
Tek katlı yapıların sarsma tablası deneyleri	N. Bayülke	60
Oymapınar baraj gölünün depremler üzerine etkisinin araştırılması	G. Kocabaş ve E. Ada	60
Türkiye'de 1981-1988 yılları arasında oluşmuş şiddetli depremler ($M_s \geq 5.5$) ve sonuçları	E. Ayhan	61
Kırsal yapılarda deprem hasarlarının tayini	P. Gülkan ve M. Sucuoğlu	62
Marmara bölgesi maksimum yer ivmesi tahminleri	S.S. Tezcan	62
Deprem verilerinin risk analizleri için değerlendirilmesi	M. A. Yurdaşen	62
Yüzey dalgalarının dispersiyonuna göre Batı Anadolu'da kabuk yapısı	Ü. Ezen	62
Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Lefkoşe deprem istasyonu süreye bağımlı manyitud denklemi	Z. Öğütçü	62
Kavak deprem istasyonuna ait süreye dayalı magnitud denklemi kullanılarak Doğu Anadolu depremlerinin magnitudlerinin saptanması	E. Ayhan	62
Güneybatı Anadolu ve yakın çevresinin depremselliği, aktif tektoniği	D. Kalafat	63
İstasyon sayısı ile magnitud ilişkisi kullanılarak 1976-1989 Batı Türkiye depremlerine magnitud verilmesi	E. Ayhan, D. Kalafat, S. İnce ve Z. Öğütçü	63
1976-1986 yılları arasında Batı Türkiye'de diri fay zonlarının ve depremlerin etkinliği	E. Ayhan, E. Kasnak, Z. Öğütçü, D. Kalafat, Ş. İnce, B. Akkartal, S. Püskülcü, N. Özel, G. Öz, K. Sevimay, M. Kara ve A. Pınar	64
Köse frekansı ile deprem kaynak süresi ve patlama süresi arasındaki ilişki	C. Kurtuluş	65
Türkiye ve yakın çevresinde 1949-1980 yılları arasında oluşan magnitudleri saptanamamış depremlerin kayıt süresi magnitud ilişkisi ile magnitudlerinin tayini	E. Ayhan ve D. Kalafat	65

Izmit deprem istasyonu için yerel magnitüd denkleminin saptanması	D. Kalafat	65
Türkiye'de inşa edilen betonarme ayaklı su depolarının deprem emniyeti	A. Durmuş ve A. Doğangün	65
Batı Anadolu'da yeralan sismik istasyonların süreye bağlı yerel magnitüd denklemlerinin çıkartılması	D. Kalafat	65
Deprem araştırmaları Türk-Alman ortak projesi sismoloji çalışma grubunun sismik refraksiyon alt proje çalışmaları	R. Ateş	65
Dijital çok kanallı Wiener süzgecinin çok kanallı deprem sismogramlarına uygulanması	C. Kurtuluş	65
Türkiye kuvvetli yer hareketi kayıt şebekesine kaydedilmiş depremler	Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı	66
Son yıllarda oluşmuş bazı büyük depremlerin odak mekanizması açısından irdelenmesi	D. Kalafat	66
Levha tektoniğinde iki katman kavramı: Jeodinamiğe uygulanması	Tercüme: O.M. İlkışık, B. Ekizer ve Y. Bektur	66
Karkheh (İran) baraj yeri ve göl alanının deprem risk analizi	F.A. Yüksel ve A. Khalılı	66
Mafsallı bağlantı kirişli bir açıklıklı birleşik çerçevenin kayma rijitliği	Z. Alku ve Y. Ertutar	66
Betonarme perdelerinin tersinir yükler altında davranışı	S. Altın	67
13 Mart 1992 Erzincan depreminin yüzey kırıkları, artçı sarsıntıları ve 19 ekim 1989 loma depremi ile karşılaştırılması	R. Demirtaş, R. Yılmaz, H. Berchemer ve B. Baier	67
Kuzey Anadolu fay zonunun batı kesiminde Taşkesti-Çayköy (Bolu-Adapazarı) arasında trench (hendek) çalışması	R. Demirtaş	67
Yatay yük etkisindeki betonarme çerçevelerde kat deplasmanı ve kesme kuvveti arasındaki ilişkinin incelenmesi	M. Y. Kaltakçı	68
Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana ilkeleri	H. Çatal ve Y. Erturar	68
Depremlerde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi	H. Çatal	68
28 Ocak 1994 Manisa depremi ve bölgenin deprem etkinliği	N. Türkeli, D. Kalafat, K. Kılıç ve G. Öz	68
6 Kasım 1992 İzmir depremi ve artçı şokları	N. Türkeli, D. Kalafat ve Ş. İnce	68

Batı Anadolu deprem riskinin incelenmesi	G. Bağcı	68
Kuzey Anadolu fay zonunun batı kesiminde (Mudurnu vadisi) mikrodeprem çalışmaları	R. Yılmaz, A. Yatman, R. Demirtaş, S. Özdemir, H. Bayülke, M. Demir ve C. Fenerci	69
Türkiyede hasar yapan depremler	G. Bağcı, A. Yatman, S. Özdemir ve N. Altın	69
Yapıda denetim ve sertifikalı mühendis	S. S. Tezcan, R. Yarar ve H. Boduroğlu	70
17 Ocak 1995 Hyogoken Nanbu depreminin oluşum mekanizması ve deprem dalgalarının özellikleri	Ö. Aydan	70
Kuzey Anadolu fayının paleosismisitesi Mudurnu vadisi segmentinde örnek çalışma	R. Demirtaş	70
Batı Anadolu'da kabuk yapısının saptanması	D. Kalafat, M. Kara, Z. Ögütçü ve G. Horasan	70
Prefabrike çerçevesi yapılar da depreme dayanıklı kolon-kiriş ek yeri tasarımı	N. Bayülke	70
Türkiye ve civarının deprem kataloğu (1970-1990)	A. Yatman, G. Bağcı, S. Özdemir, H. Bayülke ve S. Zünbül	71
Yapı temellerinin deprem titreşimlerinden lastik takozlarla yalıtımı	N. Bayülke	71
Güney Batı Anadolunun göller bölgesinde deprem oluşumlarının incelenmesi	G. Bağcı	71
1 Ekim 1995 Dinar depremi	R. Demirtaş, S. Karakısa, M. Demir, Y. İravul, B. Baran, G. Bağcı, A. Yatman, S. Zünbül ve R. Yılmaz	72
17 Ocak 1995 Kobe (Hyogoken-Nanbu/Great Hanshin) depremi	R. Demirtaş	72
Itoigawa-Shizvoka tektonik hattında (ISTL) trench çalışmaları ilk sonuçları	R. Demirtaş and K. Okumura	72
1964-1987 yılları arası Türkiye'deki büyük depremlerin odak mekanizması çözümleri	S. Karakısa	72
13 Mart 1992 Erzincan depremi	D. Kalafat	73
Burulma yapan çok katlı perde çerçevede sistemlerin sürekli burulma çubuğu analojisi ile hesabı	Y. Ertutar, Ü. Çelebi ve Ö. Duyar	73
Simetrik olmayan boşluklu perdelerin kayma rijitliğinin hesabı	Y. Ertutar	73
Asperiti ve bariyer deprem modelleri açısından 1995 Dinar depremi	A. Pınar ve D. Kalafat	73

1964-1994 yılları arasında Türkiye ve yakın çevresinde etkili olmuş depremlerin makrosismik gözlemleri	D. Kalafat	73
1 Ekim 1995 Dinar depremi mekanizması	R. Demirtaş, S. Karakısa, A. Yatman, B. Baran, S. Zünbül, Y. İravul, N. Altın ve R. Yılmaz	74
1995 Dinar depremi ve artçı sarsıntılarının 3 boyutlu dağılımı	M. Kara, A. Pınar, Ş. İnce, A. Güngör ve Z. Öğütçü	74
1995 Dinar depremi artçı sarsıntılarının istatistiki değerlendirilmesi ve makrosismik gözlemler	Z. Öğütçü, Ş. İnce ve A. Pınar	74
1 Ekim 1995 Dinar depremi ve saha gözlemleri	D. Kalafat	74

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ YAYIN KOŞULLARI

1. Bülten'e gönderilecek telif ve tercüme yazılarının :
 - a) Depremle doğrudan doğruya, ya da dolaylı yoldan ilgili olması.
 - b) Bilimsel ve teknik bir değer taşınması.
 - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması.
 - d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması.
 - e) Şekillerin ayırtıcı kağıda ya da mürekkebi ile çizilmiş olması.
 - e) Fotoğrafların net ve küçük alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 20 kelimelik özet, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. Başarıklık ve Üskan Bakanlığı mensubu elemanları tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış başka yazan derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde dairesi başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) temin etmek bir belge ile belgelenmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bülten'de yayımlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bülten'de yayımlanacak yazılara «Kamu Kurum ve Kuruluşlarına Ödenen Telif ve İşleme Ücretleri Hakkında Yönetmelik» esaslarına göre ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Yazıların bülten'de yayınlanması Genel Müdürlüğümüz bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulunun kararı ile olur.
8. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplama, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısıtlanmasını teklif etmeye, verilecek ücrette esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
9. Kurulca incelenen yazıların bülten'de yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
10. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurudan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Genel Müdürlüğümüz sorumlu değildir.
11. Yayınlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler tamamen yazarlarına ait olup, Afet İşleri Genel Müdürlüğümüze bağlanmaz ve Genel Müdürlüğümüzün resmi görüşünü yansıtmaz.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Genel Müdürlüğümüz mensupları Genel Müdürlükçe kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından dolayı her hangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.