

# DOĞU ANADOLU'DA SİSMİK AKTİVİTE GÖÇÜNÜN İNCELENMESİ

## Investigation of the Migration of Seismic Activity in the Eastern Anatolia.

Günruh BAĞCI\*

### ÖZET

Sığ ve derin odaklı depremlerin sismik aktiviteleri arasında zamana bağlı bir ilişkinin bulunması nedeniyle bu çalışmada, büyük magnitudlü sığ odaklı depremlerden önce ve sonra derin odaklı sismik aktivitenin artması ve zamana bağlı olarak sismik aktivitenin sığ odak derinliklerinden daha derin odak derinliklerine doğru göç etmesi incelenerek, Doğu Anadolu Bölgesi'nin sismik aktivitesi ve sismik aktivite göçü çalışılmıştır.

Doğu Anadolu Bölgesi'nde, sığ odaklı ( $h < 33$  km) büyük magnitudlü depremlerde sismik aktivitenin arttığı, bu artıştan önce uzun zaman aralıklarında sismik aktivitenin, sismik enerji birikebilmesi için azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, her büyük magnitudlü depremden sonra sismik aktivitede azalma gözlenmiştir.

Bölgenin sismik aktivitesinin incelenmesinde, odak derinlikleri 33 km'den az ve 33 km'den daha büyük olan derinliklerde meydana gelmiş depremlerin magnitudlerinin zamana göre dağılımları incelenmiştir. Odak derinliği büyük ( $h > 33$  km) olan depremler incelendiğinde, büyük magnitudlü bir depremden önce uzun süre ile sismik aktivitenin azaldığı ve arkasından büyük magnitudlü bir depremin oluşarak sismik aktivitenin arttığı gözlenmiştir. Sismik aktivite göçünde doğrusal bir davranış gözlenmiş ve buradan göç hızının bölgede 4 km/yıl - 15 km/yıl arasında değiştiği bulunmuştur.

### ABSTRACT

In this study, seismic activity and migration of seismic activity of East Anatolia were studied to investigate the increase of deep seismic activity before and after a great shallow earthquake and migration of seismic activity from a shallow to a deep region due to relationships between seismic activities of shallow and deep earthquakes.

In East Anatolia, shallow great earthquakes ( $h < 33$  km) were increased seismic activity, before that, seismic activity was decreased to accumulate the seismic energy in long time intervals. In addition to, after great magnitude earthquake, it was observed that seismic activity decreased.

Space-time distribution of earthquakes which occurred in shallow ( $h < 33$  km) and deep ( $h > 33$  km) depths were investigated to determine seismic activity of the region. For deep earthquakes ( $h > 33$  km), seismic activity decreased before great magnitude earthquake. Linear trend of seismic activity was observed and the seismic activity migrated at the rate of 4 km/year-15 km/year along the seismic zone.

### GİRİŞ

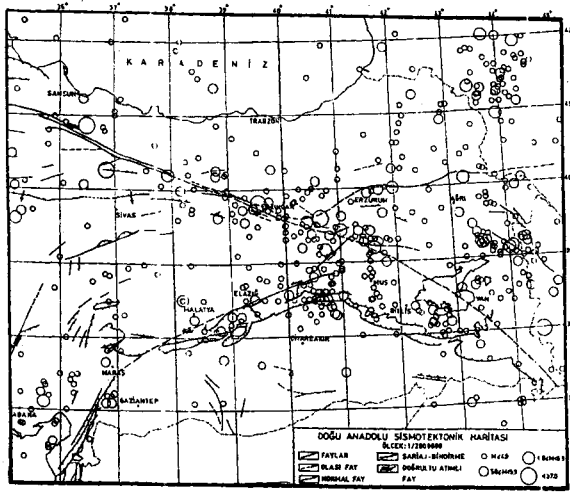
Depremlerin zaman ve yerel dağılımları, yer kabuğunda ve üst mantoda oluşan dinamik ve tektonik olayların oluşumu hakkında önemli sonuçlar vermektedir (Fedotov, 1965; Sykes, 1971; Mogi, 1987). Sismik göç ile ilgili çalışmalar Japonya'da, Alaska ve Filipinler'de araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Richter, 1958; Mogi, 1968; Kelleher, 1970; Makropoulos ve Burton, 1984; Yoshida, 1988). Daha önceki çalışmalardan gözlemlendiği gibi sığ ve derin odaklı depremlerin sismik aktiviteleri arasında zamana bağlı olarak bir ilişki beklenmektedir.

Bu çalışmada: (1) büyük magnitudlü sığ odaklı depremlerden önce ve sonra derin odaklı sismik aktivitenin artması (2) zamana bağlı olarak sismik aktivitenin sığ odak derinliklerinden daha derin odak derinliklerine doğru göç etmesi incelenerek Doğu Anadolu Bölgesi'nin sismik aktivitesi ve sismik aktivite göçü çalışılmıştır.

Doğu Anadolu, Afrika, Arabistan ve Anadolu plakalarının denetiminde olan hareketli ve karmaşık bir bölgedir. Bugüne kadar bölge ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada Doğu Anadolu ve çevresinde  $35^{\circ}$ - $44^{\circ}$ K ve  $34^{\circ}$ - $46^{\circ}$ D coğrafi koordinatları

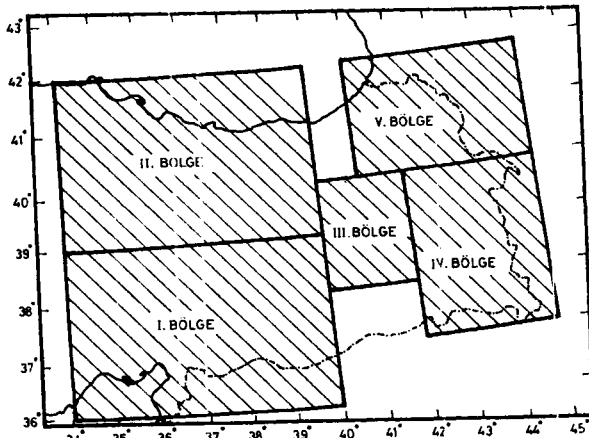
\* Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, ANKARA.

arasında kalan bölgede 1900-1990 yılları arasında oluşan, magnitüdüleri  $M \geq 4.0$ , ön sarsıntılar ve ard sarsıntılar dahil tüm depremlere ait veriler kullanılmıştır. Şekil 1 de sismotektonik haritası verilen Doğu Anadolu ve çevresi beş bölgeye ayrılmıştır. Bunun için 1900-1990 yılları arasında magnitüdüleri  $M \geq 4.0$  olan depremlerin episantır haritalarından yararlanılmıştır. Deprem etkinliğinin yoğun olduğu ve bölgelerin tektonik özellikleri gözönüne alınarak, bölge sınırlarının episantırların en az bulunduğu yerlerden geçirilmesine dikkat edilmiştir. Seçilen bölgelerin sınırları Şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 1: Doğu Anadolu'nun sismotektonik haritası.

Figure 1: Seismotectonic map of Eastern Anatolia.



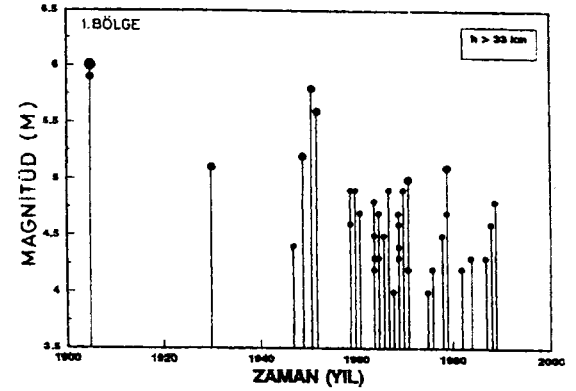
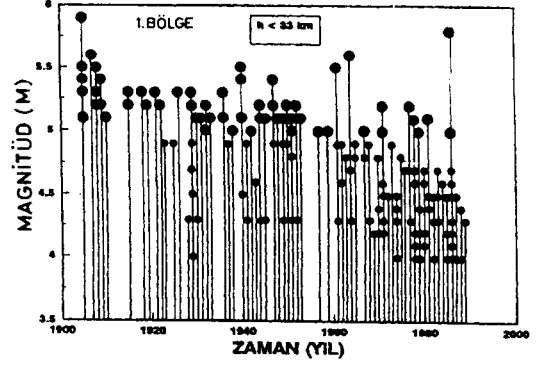
Şekil 2: Seçilen bölgelerin bulduru haritası.

Figure 2: Location map of studies regions.

### DOĞU ANADOLU'DA SİSMİK AKTİVİTE

Bölgenin sismik aktivitesinin incelenmesinde, seçilen bölgelerden I. Bölgede 33 km'den az ve 33 km'den büyük olan derinliklerde meydana gelmiş depremlerin

magnitüdülerinin zamana göre dağılımları Şekil 3 de gösterilmiştir.

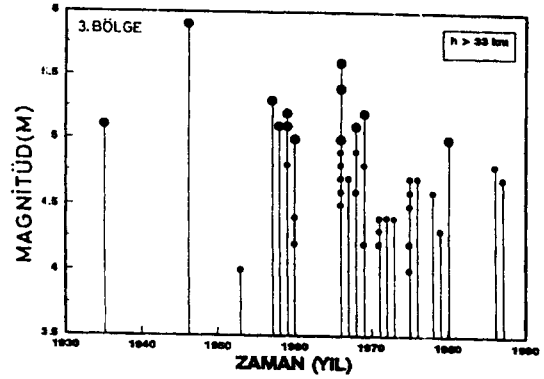
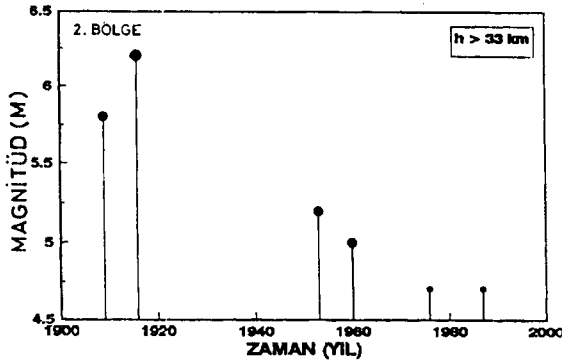
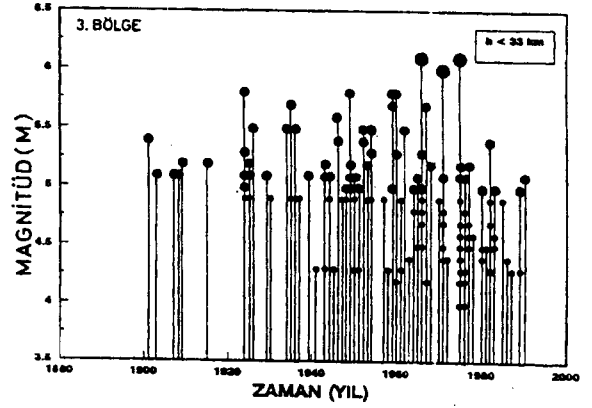
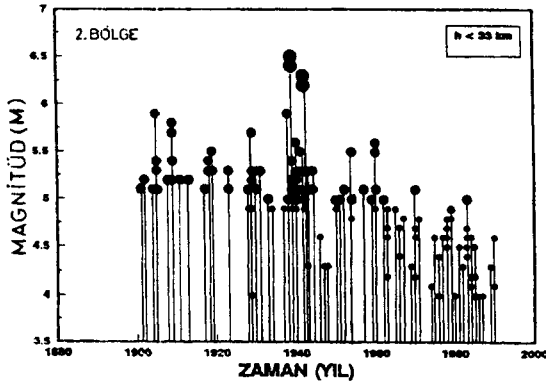


Şekil 3: 1. Bölge deprem magnitüdülerinin zamana göre dağılımları.

Figure 3: Distributions of magnitudes of magnitudes with time (1. Region).

1. Bölgede, 1930 yılına kadar sismik aktivite sabit kalmış ve büyük magnitüdüde depremler olmuştur. 1940 yılından sonra sismik aktivitede magnitüd olarak azalma gözlenmiştir. 1961 yılında sismik aktivite kısa süreli artmış ve 1964 yılına kadar sismik aktivite artmamış, tekrar azalarak 1986 yılına kadar sabit kalmıştır. 5 Mayıs 1986 yılında Doğanşehir depremi 4 km odak derinliğinde  $M=5.8$  magnitüdüde olmuştur. 2. Bölgenin magnitüdülerinin zamana göre dağılımları Şekil 4'de verilmiştir.

Şiş odak derinlikli depremlerle, 26 Aralık 1939 Erzincan depremiyle sismik aktivite artmıştır. Ayrıca, 26 Kasım 1942,  $M=6.3$  ve 20 Aralık 1942,  $M=6.2$  depremleriyle sismik aktivitedeki artış devam etmiştir. Moği (1987)'nin çalışmasında belirttiği gibi, büyük magnitüdüde bir depremin oluşmasından önce sismik aktivite de devamlı bir azalma olmaktadır.



Şekil 4: 2. Bölge deprem magnitüdlerinin zamana göre dağılımları.

Figure 4: Distributions of magnitudes with time (2. Region)

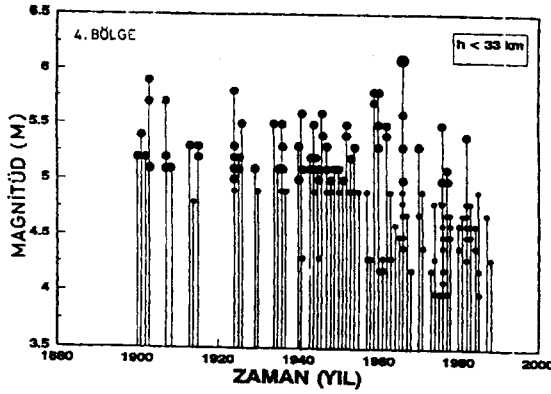
Şekil 5: 3. Bölge deprem magnitüdlerinin zamana göre dağılımları.

Figure 5: Distributions of magnitudes with time (3. Region).

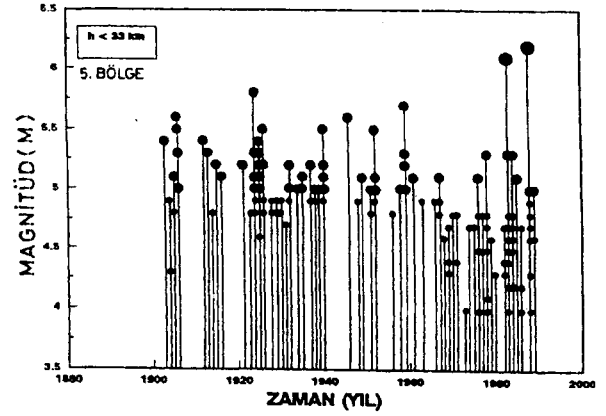
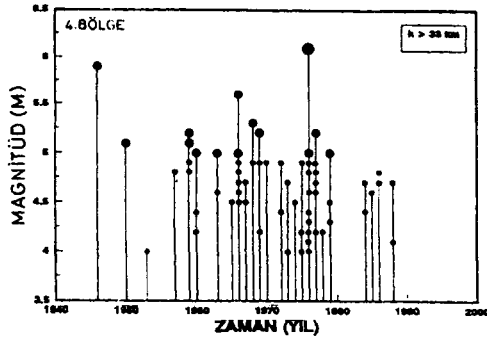
1. ve 2. inci bölgelerde, derin odaklı depremlerle sismik aktivitede azalma gözlenmiştir. Bu bölgelerde derin odaklı büyük magnitüdü deprem olmadığından sismik aktivitenin davranışı derin odaklı depremlerden önce ve sonra incelenememiştir. 3. Bölge de, magnitüdülerin zaman içerisindeki dağılımları Şekil 5'de verilmiştir.

7 Mart 1966 tarihinde olan  $M=5.6$  magnitüdündeki Varto depremine kadar sismik aktivite fazla artmadan sabit kalmıştır. Bu tarihte sismik aktivitede artış gözlenirken, 19 Ağustos 1966,  $M=6.1$  magnitüdündeki diğer Varto depremiyle daha da artmıştır. Bu sismik aktivite artışından sonra 22 Mayıs 1971, Bingöl depremine ( $M=6.0$ ) kadar sismik aktivitede azalma gözlenmiş ve bu tarihten itibaren sismik aktivite tekrar artmıştır. Bu artış devam ederek 6 Eylül 1975, Lice depreminden sonra, sismik aktivitede inceleme süresinin sonuna kadar azalma gözlenmiştir.

Aynı bölgede 31 Mayıs 1946 tarihinde  $M=5.9$  magnitüdündeki depremin 60 km odak derinliğinde olmasından sonra sismik aktivite azalmış ve 7 Temmuz 1957 tarihinde  $M=5.3$  magnitüdünde 60 km odak derinliğindeki depremlerle tekrar artmıştır. Bu tarihten sonra, 7 Mart 1966 tarihinde olan  $M=5.8$  magnitüdündeki Varto depremiyle tekrar artmış ve bu depremden sonra sismik aktivitenin azaldığı gözlenmiştir. 4. Bölge de, Şekil 6'da verilen magnitüd-zaman davranışı incelendiğinde, sismik aktivite 24 Kasım 1976 Çaldıran depremine ( $M=6.1$ ) kadar sabit kalmış ve bu depremlerle artış göstermiştir. Bu depremden sonra sismik aktivite azalmaya devam etmiştir. 5. bölge de magnitüdülerin zaman içerisindeki dağılımları Şekil 7 de verilmiştir.



Şekil 6: 4. Bölge deprem magnitüdülerinin zamana göre dağılımları.  
Figure 6: Distributions of magnitudes with time (4. Region).



Şekil 7: 5. Bölge deprem magnitüdülerinin zamana göre dağılımları.  
Figure 7: Distributions of magnitudes with time (5. Region)

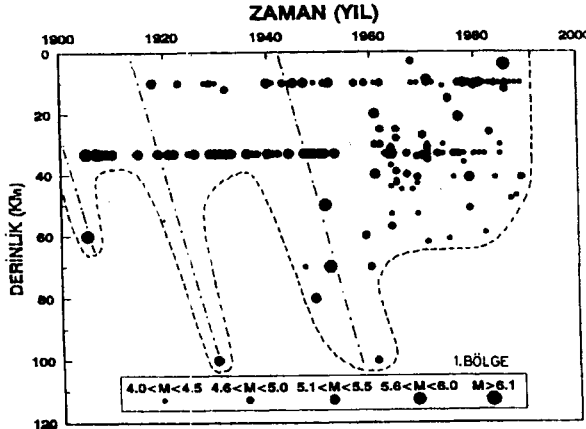
Küçük magnitüdü depremlerden dolayı sismik aktivite 1959 yılına kadar fazla artmayarak sabit kalmıştır. 20 Mayıs 1959 tarihinde  $M=5.7$  magnitüdü Batum civarında olan depremle sismik aktivite biraz artmıştır. Sismik aktivitedeki bu artış 15 Nisan 1960 tarihinde  $M=6.1$  magnitüdü Horosan-Narman depremine kadar devam etmiştir. Bu depremle sismik aktivite tekrar artmış ve Kafkaslar Bölgesi'nde 7 aralık 1988 tarihinde olan  $M=6.2$  magnitüdü depremle bu artış sürmüştür. Yine bu depremden sonra sismik aktivite azalmaya başlamıştır. bu bölgede 20 Mayıs 1959 tarihinde Batum civarında olan depreme kadar derin odaklı depremlerden sadece iki veri mevcut olduğundan ve bunlara göre sismik aktivite fazla azalmamış, 20 Mayıs 1959 depremiyle ( $M=6.0$ ) sismik aktivite artmıştır. Bütün bu sonuçlardan, Doğu Anadolu Bölgesi'nde sığ odaklı ( $h < 33$  km) büyük magnitüdü depremlerde sismik aktivitenin arttığı, bu artıştan önce uzun zaman aralıklarında sismik aktivitede, sismik enerji birikebilmesi için azaldığı gözlenmektedir. Aynı şekilde, derin odaklı ( $h > 33$  km) depremlerde de, büyük magnitüdü bir depremden önce uzun süre ile sismik

aktivitenin azaldığı ve arkasından büyük magnitüdü bir depremin oluşarak sismik aktivitenin arttığı gözlenmiştir.

### SİSMİK AKTİVİTE GÖÇÜ

Sismik aktivite göçünün incelenmesinde, çalışılan Doğu Anadolu Bölgesi'nde seçilmiş olan 5 bölge için gruplandırılmış depremlerin magnitüdülerinin odak derinliklerinin zamana göre dağılımları Şekil 8'de gösterilmiştir.

1. Bölgede, 1905 yılından 1930 yılına kadar sismik aktivite sığ odak derinliklerinde göç ederek daha derinlere gitmiştir. 1. Bölge depremleri, derinlik zaman grafiği bazı zamanlarda doğrusal bir davranış göstermektedir. Bundan, derin odaklı sismik zon boyunca, sismik aktivitenin göç hızı 10 km/yıl olarak bulunmuştur. Ayrıca, 1905 yılı civarında sismik aktivite göçü olduğu görülmesine rağmen daha önceki yıllarda yeterli deprem verisi mevcut olmadığından, sadece sismik aktivite göçünün burada olduğu söylenebilmektedir.

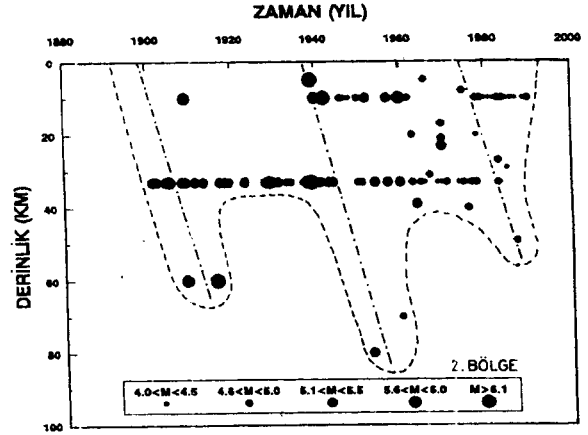


Şekil 8: 1. Bölge deprem odak derinliklerinin zamana göre dağılımları.

Figure 8: Focal depths of earthquakes as a function of time (1. Region).

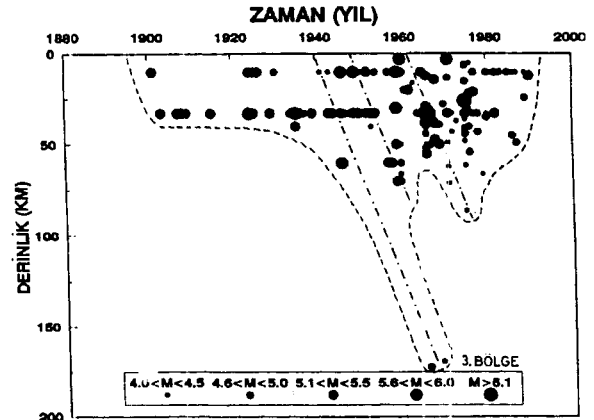
2. Bölgenin derinlik-zaman grafiği incelendiğinde, 1900-1920 ve 1940-1960 yılları arasında sismik aktivite göçü yine doğrusal bir davranış göstermektedir. 1920 yılına kadar, 60 km derinliğe kadar olan sismik aktivite göçünden sonra 26 Aralık 1939 Erzincan depremiyle ( $M=7.1$ ) sismik aktivite daha sığ odak derinliklerinde kendisini göstermiştir. Erzincan depreminden sonra sismik aktivite hızla derinlere doğru göç etmiştir. En derin odak derinliğine 1953 yılında ulaşmıştır. Bu bölgede, 1959 yılında olan büyük magnitüdümlü bir depremden sonra sismik aktivite yine derinlere doğru göç etmiştir ve derin sismik zon boyunca sismik aktivite göçünün hızı 4 km/yıl olarak bulunmuştur. 3. Bölgede, 1940 yılına kadar sismik aktivite sığ odak derinliklerine göç etmiştir. 1960 yılından itibaren 1970 yılına kadar sismik aktivite sığ odak derinliklerinden derin odak derinliklerine doğru tekrar göç etmiştir. Bu bölgede de sismik aktivite göçünde yine doğrusal bir davranış gözlenmiştir. Aynı şekilde 1960 yılından sonra 6 Eylül 1975 Lice depremiyle ( $M=5.9$ ) 26 km derinlikte sismik aktivite sığ odak derinliğine göç etmiştir. Bu bölge için, sismik aktivite göçünün hızı 15 km/yıl olarak bulunmuştur. 4. Bölgede 1930 yılına kadar sığ odak derinliklerinde göç eden sismik aktivite, farklı zamanlarda yine derin odak derinliklerine göç etmiş ve doğrusal bir davranış göstermiştir. 24 Kasım 1976 tarihinde olan  $M=6.1$  magnitüdümlü Çaldıran depreminden sonra sismik aktivite yine 37 km olan odak derinliğinden daha derin odak derinliklerine doğru göç etmeye başlamıştır. Sismik aktivite göçünün hızı 4 km/yıl olarak bulunmuştur. 5. Bölgede 1960 yılına kadar sismik aktivite sığ odak derinliklerinde ( $h < 33$  km) göç ederken 20 Mayıs 1959 tarihinde  $M=6.0$  magnitüdümlü depremin 30 km derinlikte olmasından sonra, sismik aktivite daha derine doğru göç etmeye başlamıştır. Sismik aktivite göçünün hızı 15 km/yıl olurken, en derin odak derinliği olan 150 km'ye

ulaşmıştır. 30 Ekim 1983 tarihinde  $M=6.0$  magnitüdümlü depremin 14 km odak derinliğinde olmasıyla, sismik aktivite sığ odak derinliğine yönelmiştir. Bu tarihten itibaren sismik aktivite tekrar derinlere doğru göç etmeye başlamıştır.



Şekil 9: 2. Bölge deprem odak derinliklerinin zamana göre dağılımları.

Figure 9: Focal depths of earthquakes as a function of time (2. Region).



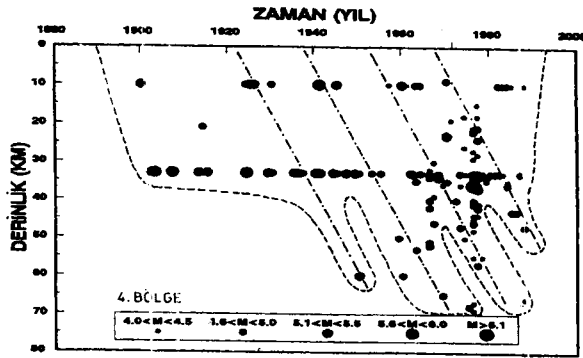
Şekil 10: 3. Bölge deprem odak derinliklerinin zamana göre dağılımları.

Figure 10: Focal depths of earthquakes as a function of time (3. Region).

## SONUÇLAR

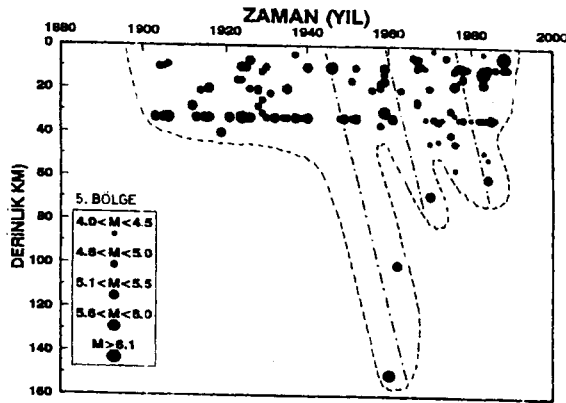
Doğu Anadolu'da sığ odaklı büyük magnitüdümlü depremlerden sonra sismik aktivitenin artmasıyla, bu artıştan önce uzun zaman aralıklarında sismik aktivitede, sismik enerjinin birikebilmesi için azalma görülmüştür. Derin odaklı depremler de, büyük magnitüdümlü bir depremden önce uzun süre ile sismik aktivitenin azaldığı ve arkasından büyük magnitüdümlü bir depremin oluşarak sismik aktivitenin yine arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, sismik aktivite sığ odak

derinliklerinden derin odak derinliklerine doğru dereceli olarak göç etmiştir. En derin odak derinliğine ulaştığında büyük magnitüdü bir depremin olmasına neden olmuştur. Doğu Anadolu'da sismik aktivite göçünün incelenmesiyle, derin odaklı sismik zon boyunca, sismik aktivite hızının 4 km/yıl - 15 km/yıl arasında değiştiği bulunmuştur



Şekil 11: 4. Bölge deprem odak derinliklerinin zamana göre dağılımları.

Figure 11: Focal depths of earthquakes as a function of time (4. Region).



Şekil 12: 5. Bölge deprem odak derinliklerinin zamana göre dağılımları.

Figure 12: Focal depths of earthquakes as a function of time (5. Region).

## KAYNAKLAR

Erdik, K. and Marthur, S.K., 1980, M.E.T.U. Report No:4.

Fedotov, S.A., 1965, Regularities of the distribution of strong earthquakes in Kamchatka, the Kurile Islands and northeastern Japan: Tr. Inst. Fis. Zemli, akad. Nauk. USSR., 36, 66-93.

Kelleher, J.A., 1970, Space-time seismicity of the Alaska-Aleutian seismic zone: J. Geophys. Res., 75, 5745-5756.

Makropoulos, K.C. and Burton, P.W., 1984, Greek tectonics and seismicity: Tectonophysics, 106, 275-304.

Mogi, K., 1968, Sequential occurrence of recent great earthquakes: J. Phys. Earth, 16, 30-36.

Mogi, K., 1973, Relationship between shallow and deep seismicity in the Western Pacific region: Tectonophysics, 17, 1-22.

Mogi, K., 1987, Recent seismic activity in the Tokai (Japan) region where a large earthquake is expected in the near future: Tectonophysics, 138, 255-268.

Mogi, K., 1987, Precursory seismic activity before the 1944 Tonankai (Japan) earthquake: focusing on the downward migration of seismic activity: Tectonophysics, 139, 205-221.

Richter, C.F., 1958, Elementary Seismology: W.H. Freeman and Co., San Francisco, 768p.

Sykes, Z.R., 1971, Aftershock zones of great earthquakes, seismicity gaps, and earthquake prediction for Alaska and the Aleutians: J. Geophys. Res., 73, 3847-3858.

Yoshida, A., 1988, Migration of seismic activity along intraplate seismic belts in the Japanese Islands: Tectonophysics, 145, 87-99.