

## **Güneybatı-Kuzeydoğu Anadolu Boyunca Moho Süreksizliğinin Araştırılması**

**Yusuf Arif Kutlu<sup>1</sup> ve Nilgün Sayıl<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Nevşehir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 50300 Nevşehir-TÜRKİYE*

<sup>2</sup> *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon-TÜRKİYE*

### **Özet**

Yüzeysel dalgası ayırım süzgeci kullanılarak Güneybatı Anadolu'da meydana gelen depremlerin TBZ istasyonuna ait üç bileşen geniş bantlı sayısal kayıtları üzerinde ana mod Love ve Rayleigh dalga şekilleri ayrımlı hale getirilmiştir. Ardışık Süzgeç Tekniği uygulanarak ana mod Love ve Rayleigh dalga şekillerinden grup hızı dispersiyon eğrileri elde edilmiştir. Grup hızı dispersiyon eğrilerindeki saçılmaların yanlış ters çözüm sonuçlarına neden olmaması için sınırlandırılmış periyot aralıklarındaki aritmetik ortalamaları kullanılmıştır. Kirpi (Hedgehog) Yöntemi ile ana mod Love ve Rayleigh ortalama grup hızı dispersiyon eğrilerinin ayrı ayrı ters çözümü yapılmıştır. Ters çözüm sonuçlarının aritmetik ortalamasından, Güneybatı-Kuzeydoğu Anadolu boyunca Moho süreksizliği üstünde 3.90 km/sn'lik S-dalga hızı, 6.74 km/sn'lik P-dalga hızı ve 2.77 gr/cm<sup>3</sup> lük yoğunluk değeri ile Moho süreksizliği altında 4.63 km/sn'lik S-dalga hızı, 8.02 km/sn'lik P-dalga hızı, 3.17 gr/cm<sup>3</sup> lük yoğunluk değeri ve yaklaşık 40 km'lik kabuk kalınlığı elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Yüzeysel Dalgası Ayırım Süzgeci, Ardışık Süzgeç Tekniği, Kirpi (Hedgehog) Yöntemi*

### **Investigation of Moho Discontinuity along the Southwest-Northeast Anatolia**

#### **Abstract**

Using Surface Wave Discrimination Filter, fundamental mode Love and Rayleigh waveforms have been discriminated on three-components broadband seismograms recorded at TBZ Station of the earthquakes occurred in Southwestern Anatolian region. Group velocity dispersion curves have been obtained from fundamental mode Love and Rayleigh waveforms by applying Multiple Filter Technique. Arithmetical means of group velocity dispersion curves at the restricted period range have been used to avoid incorrect inversion results because of scattering values. Nonlinear inversion procedure with Hedgehog Method have been applied to mean group velocity dispersion curves of fundamental mode Love and Rayleigh waves, respectively. The arithmetical mean of surface waves inversion results have been used. In the result of inversion, it has been obtained S-wave velocity of 3.90 km/sec, P-wave velocity of 6.74 km/sec and density of 2.77 g/cm<sup>3</sup> above Moho discontinuity and S-wave velocity of 4.63 km/sec, P-wave velocity of 8.02 km/sec and density of 3.17 g/cm<sup>3</sup> below Moho discontinuity and the crust-mantle boundary of about 40 km on the Southwest-Northeast Anatolian profile.

**Key Words:** *Surface Wave Discrimination Filter, Multiple Filter Technique, Hedgehog Method.*

## 1.Giriş

Sıg odaklı ve büyük magnitudlü depremlerde açığa çıkan enerjinin büyük bir kısmını ana ve yüksek modlu yüzey dalgaları taşır. Dolayısıyla sismogramlar üzerinde deprem kaynak mekanizması, yerkabuğu ve üst-manto ile ilgili bilgilerin çoğunu yüzey dalgaları içerir. Depremi meydana getiren kaynağın, yerkabuğun ve üst-mantonun araştırılmasında 10-200 sn periyot aralığındaki ana ve yüksek modlu yüzey dalgaları kullanılabilir. Yüzey dalgaları ile ilgili çalışmaların çoğunda kayıtlar üzerindeki ayrımlılığı nedeniyle ana mod Love ve Rayleigh dalgaları tercih edilmektedir. İlk olarak, Gutenberg (1924; 1926), kabuk ve üst-manto yapısının araştırılmasında yüzey dalgalarının dispersiyon eğrilerini kullanmıştır.

Anadolu, Alp-Himalaya orojenik sisteminin Doğu Akdeniz kısmında yer almaktadır. Jeolojik konumu nedeniyle birkaç mikro plaka üzerinde yer alan Anadolu'nun en önemli neotektonik yapıları, Afrika ve Arap plakalarının kuzey yönlü hareketi ile Anadolu plakasını sıkıştırması, Anadolu bloğunun dönerek batıya ve Kuzeydoğu Anadolu bloğunun ise doğuya kaçması sonucunda şekillenmiştir (McKenzie, 1972). Arap ve Anadolu plakalarının kıtasal çarpışması Doğu Anadolu bloğunun kuzey-güney yönünde sıkışıp kalınlaşmasına, Anadolu plakasının kısmen durağan olan Karadeniz plakasına göre batıya hareketi ise Batı Anadolu'nun kuzey-güney yönünde açılıp incelmesine neden olmuştur (McKenzie, 1972; McKenzie, 1978; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1980; Şengör vd. 1985; Dewey vd., 1986; Reilinger ve Barka, 1997). Anadolu'nun kabuk ve üst-manto yapısı ile ilgili ilk çalışma ise Canitez (1962) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre Kuzey Anadolu için 36 km, Karadeniz'in güneyi için 25-26 km ve Anadolu için ortalama 31 km kabuk kalınlığı hesaplanmıştır. Öcal (1963), uzun periyotlu Love ve Rayleigh dalgalarının grup hızı çözümlerinden batıdan doğuya doğru Anadolu'nun kabuk kalınlığının arttığını göstermiştir. Canitez ve Toksöz (1980), yüzey dalgalarına ait faz ve grup hızlarını ve P-dalgalarının yayılım zamanlarını kullanarak üst-mantodaki P-dalga hızını Batı Anadolu için 8.1 km/sn ve Doğu Anadolu için 7.9 km/sn olarak bulmuşlardır. Chen vd. (1980), Anadolu için tekdüze bir kabuk modeli, ortalama  $25 \pm 3.2$  km kabuk kalınlığı ve 7.73 km/sn P-dalga hızı tesbit etmişlerdir. Necioğlu vd. (1981), P-dalgası yayılma zamanı gözlemlerinden Kuzeybatı Anadolu için  $28.4 \pm 3.45$  km kabuk kalınlığı ve  $8.05 \pm 0.17$  km/sn üst-manto P-dalga hızı hesaplamışlardır. Cermak ve Zahradnik (1982), Avrupa için ısı akısı ve kabuk kalınlığının iki boyutlu korelasyonu üzerinde çalışmışlardır. Bu araştırmaya göre Anadolu için yaklaşık olarak 35-45 km arasında değişen bir kabuk kalınlığı önerilmiştir. Ezen (1983), Love dalgaları dispersiyon eğrilerini kullanarak Kuzey ve Doğu Anadolu için ortalama 38 km kabuk kalınlığı bulmuştur. Türkeli (1985), telesismik P-dalgalarını kullanarak Orta Anadolu için 30 km lik bir kabuk kalınlığı ve 8.1 km/sn üst-manto P-dalga hızı belirlemiştir. Dewey vd. (1986), Doğu Anadolu için yaklaşık 52 km'lik bir kabuk kalınlığı önermişlerdir. Kalafat vd. (1987), yayılma zamanlarını kullanarak yaptıkları çalışmada Batı Anadolu için ortalama 29-32 km kabuk kalınlığı hesaplamışlardır. Kenar ve Toksöz (1989), Anadolu yarımadası üzerinde yüzey dalgalarının dispersiyonunu ve ortamın soğurma özelliklerini inceleyerek İstanbul-Tebriz arasında kalan yapı için 41 km kabuk kalınlığı önermişlerdir. Mindevalli (1988), sismik yüzey dalgası dispersiyonundan Türkiye'deki kabuksal yapının ve anizotropinin araştırılması üzerine yaptığı çalışmaya göre Anadolu altındaki üst-manto için 4.2 km/sn S-dalga hızı ve ortalama 40 km kabuk kalınlığı hesaplamıştır. Osmanşahin (1989), yüzey dalgası ortam tepki fonksiyonlarından yararlanarak Anadolu ve civarında kabuk ve üst-manto yapısının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır.

Bu çalışmaya göre Güneydoğu-Kuzeybatı Anadolu boyunca kabuk kalınlığı 40 km olarak belirlenmiştir. Sayıl (1992), Rayleigh dalgası dispersiyon verilerinin ters çözümünden Doğu Anadolu için yaklaşık 38.5 km kabuk kalınlığı elde etmiştir. Osmanşahin ve Sayıl (1996), ilk P-dalgası varış zamanlarından yararlanarak Anadolu altındaki  $P_n$ -dalga yayılım hızları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Mooney vd. (1998), küresel kabuk modeli çalışması kapsamında Anadolu için ortalama 40-45 km'lik bir kabuk kalınlığı belirlemişlerdir. Sayıl (1998) ile Sayıl ve Osmanşahin (2000), yüzey dalgaları grup hızı eğrilerinin ters çözümü yardımıyla Karadeniz ve civarının kabuk ve üst-manto yapısını araştırmışlardır. Bu çalışmalara göre Kuzey Anadolu için 38 km kabuk kalınlığı önerilmiştir.

Osmanşahin ve Sayıl (2001), yakın alan yayılma zamanlarını kullanarak yaptıkları çözümlerden Anadolu için ortalama 38 km kabuk kalınlığı bulmuşlardır. Kuleli vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada Anadolu için ortalama 36-37 km'lik bir kabuk kalınlığı önerilmiştir. Çakır ve Erduran (2004), telesismik ışınsal bileşen alıcı fonksiyonlarını ve temel mod yüzey dalgası grup hızlarını kullanarak Kuzeydoğu Anadolu için yaklaşık 35 km kabuk kalınlığı ve üst manto için 4.4 km/sn S-dalga hızı tesbit etmişlerdir. Zhu vd. (2006), telesismik alıcı fonksiyonlarını kullanarak Orta Anadolu için 36 km, Menderes Massif için 28-30 km ve Ege Denizi için ise 25 km lik kabuk kalınlıkları önermişlerdir. Salah vd. (2007), P- ve S-dalgası seyahat zamanları tomografisi yöntemiyle Doğu Anadolu için yaklaşık 40 km derinliklerinde güvenilir niteliğe sahip üç boyutlu görsel anomaliler elde etmişlerdir. Erduran vd. (2007), yüzey dalgası dispersiyon verilerini kullanarak yaklaşık olarak Kuzey Anadolu için 33 km, Güneybatı Anadolu için 37 km, Doğu Anadolu için 41 km ve Moho süreksizliği altında 4.27 km/sn S-dalga hızı bulmuşlardır. Erduran vd. (2009), telesismik alıcı fonksiyonlarının dispersiyon verisi ile ters çözümü yoluyla Güneybatı Anadolu için yaklaşık olarak 40 km kabuk kalınlığı ve üst manto için 4.4 km/sn S-dalga hızı hesaplamışlardır.

## **2.Yöntem**

Bu çalışmada kullanılan yöntemler temel özellikleri ile aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

### **2.1. Yüzey Dalgası Ayrım Süzgeci**

Yüzey dalgası ayırım süzgeci düzenlemesinde önce seçilen bir pencere boyu ve kaydırma aralığı için yer hareketinin düşey, ışınsal ve teğetsel bileşenlerine ait ayrık Fourier dönüşümleri hesaplanır. Sonra, her bir frekanstaki genlikler, faz değerleri korunarak, kuramsal Love ve Rayleigh dalgalarının üç-boyutlu tanecik hareketi yörüngesine yakınlığına göre ağırlıklandırılır. Her bir pencere için ağırlıklandırılan kısımlar zaman ortamına aktarılır ve üst üste düşen genlik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak süzölmüş sinyal elde edilir (Simons 1968; Kutlu 2006).

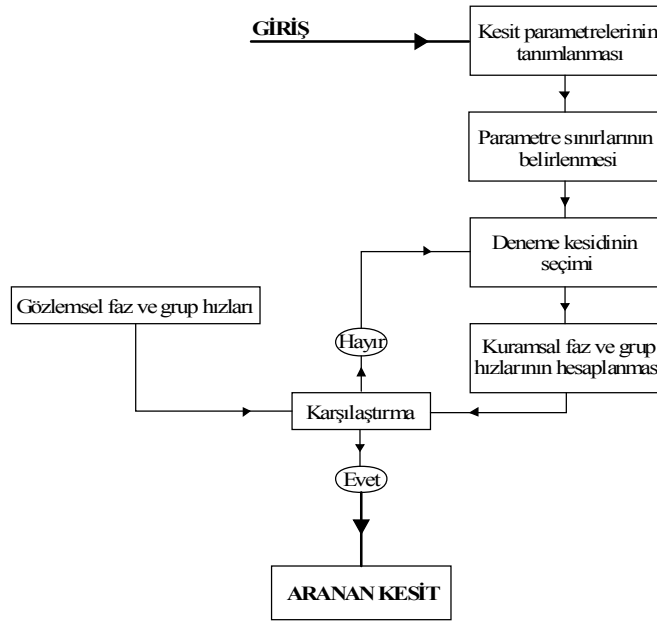
### **2.2. Ardışık Süzgeç Tekniği**

Ardışık Süzgeç Tekniği sismogramlar üzerinde kaydedilen ana mod yüzey dalgalarına ait grup hızı dispersiyon eğrilerinin elde edilmesi amacıyla kullanılabilir. Yöntem sinyal içeriğini, grup hızının ve periyodun bir fonksiyonu olarak zaman ortamında inceleme ve eş zamanlı olarak kaydedilen bir kaç hakim periyottan oluşan karmaşık sinyalleri çözümleme esasına dayanır. Ardışık Süzgeç Tekniğinde zaman ortamında sinyal içeriğine ait anlık genlik ve fazları periyodun ve grup hızının bir fonksiyonu olarak belirlemek için, frekans ortamında sinyalin frekans içeriğine ardışık dar bantlı süzgeçler uygulanır. Bir başka deyişle sinyalin frekans içeriği, birbirini izleyen noktalar boyunca eşit aralıklarla kaydırılan bir pencere fonksiyonu yardımıyla pencerelenir. Ardışık noktalarda elde edilen hakim frekanslar sinyalin zaman ortamındaki anlık genlik ve fazına karşılık gelir. Zaman ortamında her bir frekansa karşılık gelen dalgacıkların varış zamanları kullanılarak grup hızı dispersiyon eğrileri elde edilebilir (Dziewonski vd., 1969; Çakır ve Erduran, 2004; Erduran vd., 2007).

### **2.3. Kirpi (Hedgehog) Yöntemiyle Ters Çözüm**

Valyus vd. (1969), ilk olarak yüzey dalgası grup ve faz hızlarının ters çözümünde Kirpi (Hedgehog) yöntemini kullanmışlardır. Kirpi (Hedgehog) Yöntemi, gözlemsel dispersiyon verilerini kullanarak yerin düşey hız ve yoğunluk yapısını saptamak amacıyla uygulanan doğrusal olmayan bir ters çözüm yöntemidir. Kirpi (Hedgehog) yönteminde yapılması gereken ilk işlem başlangıç model parametreleri (tabaka kalınlıkları, P-dalga hızları, S-dalga hızları ve yoğunluklar) ve bu parametrelerin alt ve üst sınırlarının belirlenmesidir. Başlangıç modelinin çok basit veya çok karmaşık seçilmesi anlamsız sonuçların elde edilmesine neden olabilir. Bu nedenle ters çözüm probleminin fiziği ile başlangıç parametrelerinin seçimi arasındaki ilişkinin iyi kurulması gerekir. Grup hızlarının ters çözümünde seçilen parametre grubuyla tanımlı kuramsal modelden hesaplanan grup hızları gözlemsel verilerden elde edilenlerle kıyaslanarak aradaki fark hata (hata enerjisi ve mutlak

değer farkları vs.) olarak tanımlanır. Buna göre en büyük periyottan başlanarak hesaplanan kuramsal grup hızı değerleri gözlemsel değerler ile kıyaslanır. Aralarındaki fark istenilen hata sınırları içinde ise daha küçük periyoda ait kuramsal grup hızı değerinin hesaplanmasına geçilir. Herhangi bir periyotta hata miktarı istenilen sınırları içerisinde değil ise başlangıç modeli komşuluğunda yeni bir model oluşturularak en büyük periyottan başlamak üzere ters çözüm işlemi yenilenir. Tüm periyotlar için gözlemsel veri ile modelden hesaplanan veri arasındaki fark yeterince küçük olduğunda aranan yapı kesidi bulunmuş olur (Şekil 1).



Şekil 1. Kirpi (Hedgehog) Yöntemi ile ters çözüm işleminin akış çizelgesi (Osmanşahin, 1989'dan uyarlanmıştır).

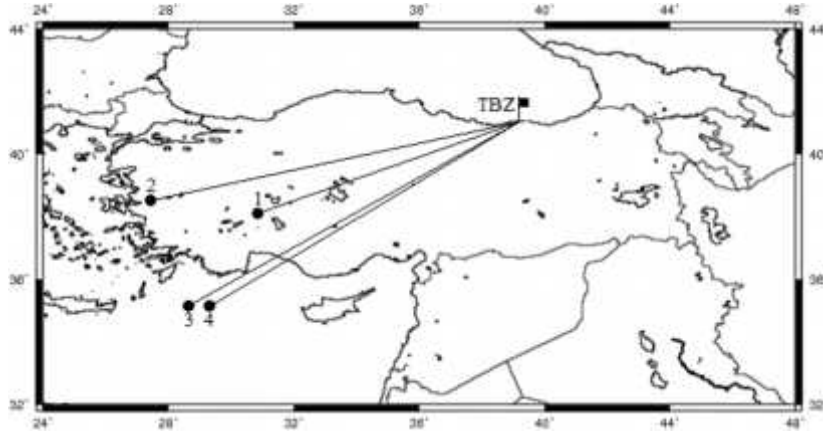
### 3. Uygulamalar

Şekil 2'de episantır koordinatları gösterilen (içi dolu daireler) ve Tablo 1'de odak parametreleri verilen 1, 2, 3 ve 4 nolu depremlerin TBZ (Trabzon) deprem kayıt istasyonuna ait tek istasyon üç bileşen geniş bantlı sayısal kayıtları üzerinde ayrılmı hale getirilen ana mod Love ve Rayleigh dalga şekilleri kullanılarak Güneybatı-Kuzeydoğu Anadolu boyunca kabuk ve üst-manto yapısı hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan depremlerin odak parametreleri.

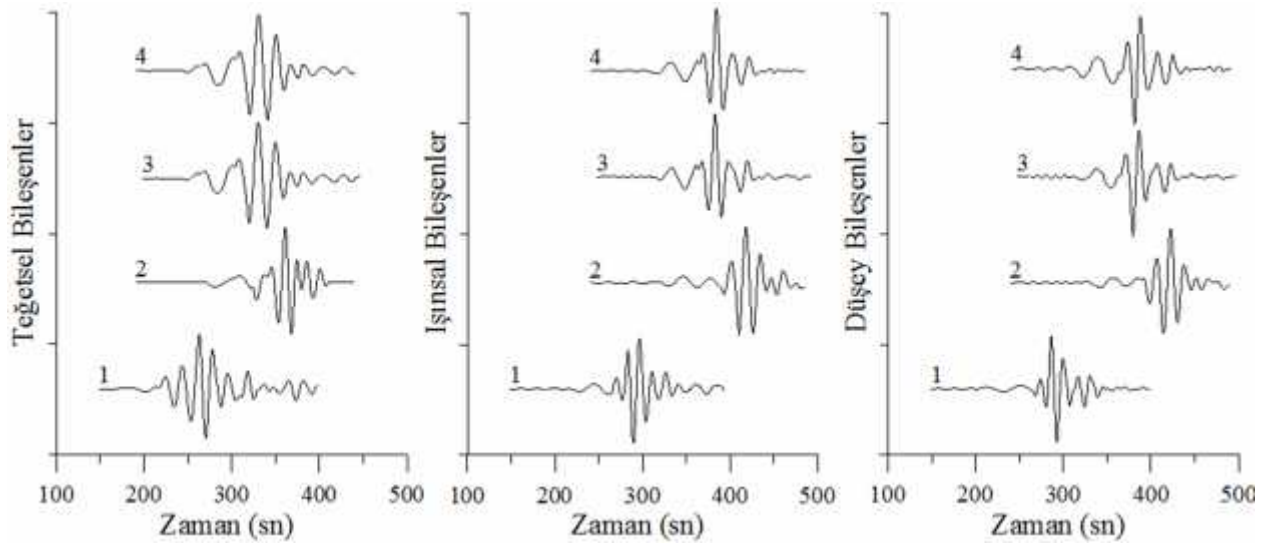
Sıra	Tarih (ay/gün/yıl)	Zaman (sa:dak:sn)	Enlem (K°)	Boylam (D°)	Derinlik (km)	Magnitüd (Ms)
1	02/03/2002	07:11:28	38.58	31.24	5	6.0
2	04/10/2003	00:40:15	38.22	26.96	10	5.6
3	01/23/2005	22:36:08	35.95	29.71	31.9	5.4
4	01/30/2005	16:23:51	35.89	29.67	36	4.9

Uygulamada kullanılan depremlerin odak parametreleri IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology-<http://www.iris.edu/hq/>) web adresinden alınmıştır.



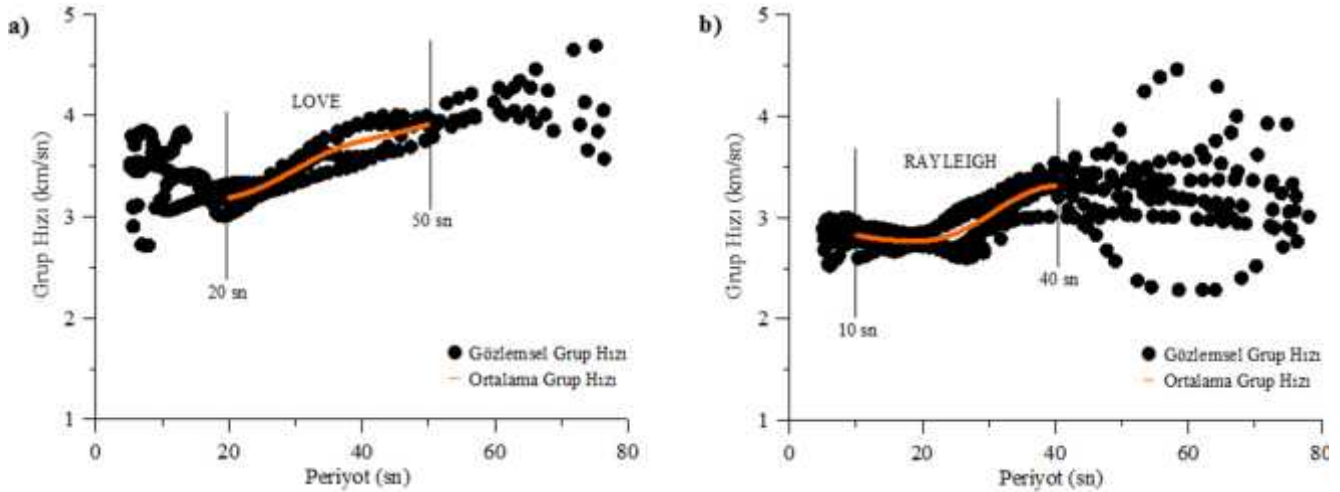
Şekil 2. Tablo 1’de odak parametreleri verilen 1, 2, 3 ve 4 nolu depremlerin episantır koordinatları ve ışın yörüngeleri.

Bu amaçla, ilk olarak polarizasyon özelliklerine dayalı yüzey dalgası ayırım süzgeci kullanılarak kayıtlar üzerinde ana mod Love ve Rayleigh dalga şekilleri ayrımlı hale getirilmiştir (Şekil 3).



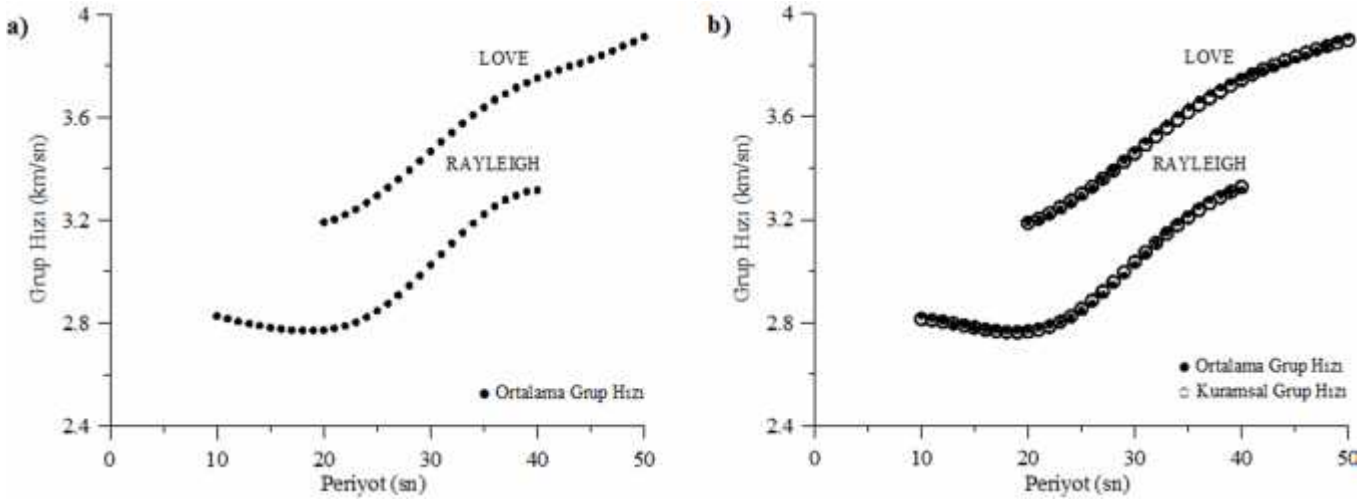
Şekil 3. Yüzey Dalgası Ayırım Süzgeci kullanılarak Tablo 1’deki depremlerin sayısal üç bileşen kayıtlarından elde edilen ana mod Love (Teğetsel Bileşen) ve ana mod Rayleigh (Işımsal ve Düşey Bileşenler) dalga şekilleri.

Her bir kayıt için ayrımlı hale getirilen düşey ve ışımsal bileşenlerdeki ana mod Rayleigh dalga şekilleri ve teğetsel bileşendeki ana mod Love dalga şekilleri için Ardışık Süzgeç Tekniği kullanılarak grup hızları hesaplanmıştır. Her bir bileşende hesaplanan grup hızı değerlerine 10. mertebeden bir polinom uydurularak eşit aralıkta (1sn) örneklenmiştir. Deprem kaynağının faz etkisi, kırılma geometrisine bağlı etkiler, yanlış oluş zamanı okuması ve yanlış kayıt zamanı bilgileri aynı bölge için elde edilen grup hızı değerlerinde saçılmalara neden olabilir. Bu nedenle her bir periyottaki ana mod Love ve Rayleigh dalgası grup hızı değerlerinin aritmetik ortalamaları; Love dalgası için saçılımın olmadığı 20-50 sn periyot aralığında ve Rayleigh dalgası için 10-40 sn periyot aralığında sınırlandırılarak değerlendirilmiştir (Şekil 4).



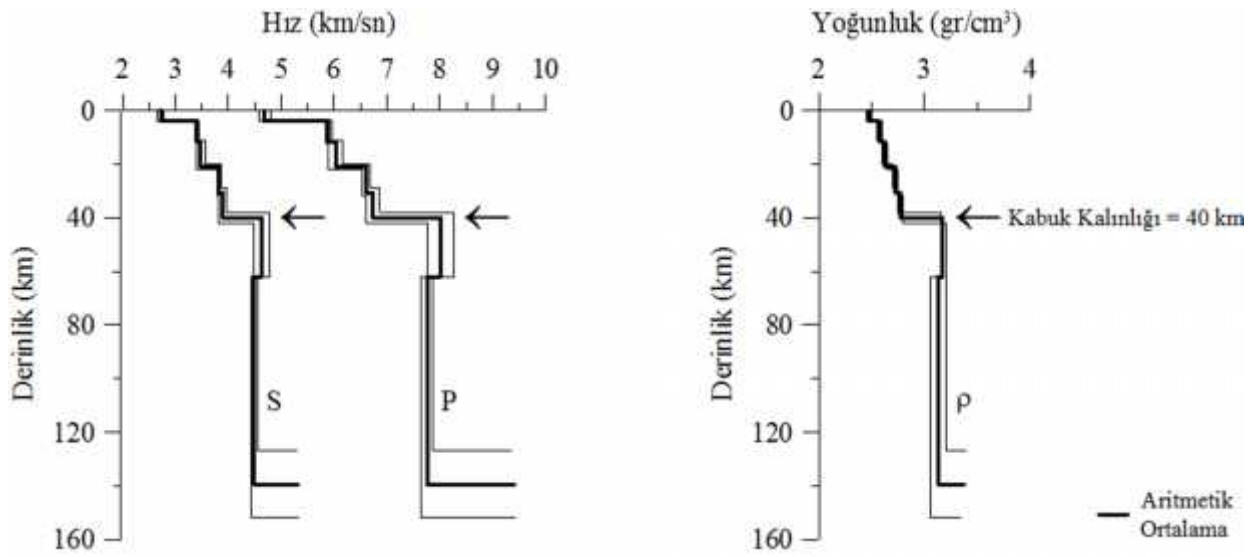
**Şekil 4.** Ardışık Süzgeç Tekniği kullanılarak ana mod Love ve Rayleigh dalgası kayıtlarından elde edilen grup hızı değerleri; a) Love dalgası grup hızı değerleri, b) Rayleigh dalgası grup hızı değerleri.

Grup hızlarının ters çözümü için, Love dalgası için saçılımın olmadığı 20-50 sn periyot aralığı ve Rayleigh dalgası için 10-40 sn periyot aralığı kullanılmıştır (Şekil 5a). Kirpi (Hedgehog) Yöntemi ile grup hızı dispersiyon eğrilerinin ters çözüm işlemi Şekil 1’de verilen akış çizelgesine göre yapılmıştır. İlk deneme kesidi beş ve sonuncu deneme kesidi sekiz tabakalı bir yer modeli (paralel tabakaların kalınlıkları, P-dalga hızları, S-dalga hızları ve yoğunlukları) ve hata sınırı %5 (Şekil 5b) olarak belirlenmiştir.



**Şekil 5.** a) Ana mod Love ve Rayleigh dalgası kayıtlarından belirlenen grup hızı değerlerinin aritmetik ortalamaları. b) Gözlemsel ve ters çözüm sonucu elde edilen kuramsal grup hızı değerleri.

Ters çözüm işlemi Love ve Rayleigh dalgaları için ayrı ayrı yapılmıştır. Rayleigh dalgası ortalama grup hızı dispersiyon eğrisi için elde edilen ters çözüm sonuçları Love dalgası ortalama grup hızı dispersiyon eğrisinin ters çözümünde ilk deneme kesidi olarak kullanılmıştır. Ters çözüm sonuçlarının doğruluğunu artırmak için Love ve Rayleigh dalgası için elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır (Şekil 6 ). Ana mod Love dalgası ortalama grup hızı dispersiyon eğrisinin ters çözümü sonucunda,



Şekil 6. Grup hızı ters çözüm sonuçlarının aritmetik ortalamalarının derinlikle değişimi.

Moho süreksizliği üstünde S-dalga hızı 3.97 km/sn ve P-dalga hızı 6.86 km/sn, Moho süreksizliği altında S-dalga hızı 4.78 km/sn ve P-dalga hızı 8.27 km/sn ve 38 km'lik bir kabuk kalınlığı elde edilmiştir. Ayrıca yüzeye yakın 4 km kalınlığında düşük hızlı bir tabakanın ve 62 km derinliğinde başlayan bir düşük hız zonunun varlığı görülmektedir. Ana mod Rayleigh dalgası ortalama grup hızı dispersiyon eğrisinin ters çözümü sonucunda, Moho süreksizliği üstünde S-dalga hızı 3.82 km/sn ve P-dalga hızı 6.60 km/sn, Moho süreksizliği altında S-dalga hızı 4.48 km/sn ve P-dalga hızı 7.76 km/sn ve 42 km'lik bir kabuk kalınlığı elde edilmiştir. Ayrıca yüzeye yakın 4 km kalınlığında düşük hızlı bir tabakanın ve 62 km derinliğinde başlayan düşük hız zonu eğilimli bir tabakanın varlığı görülmektedir. Ters çözümlerin aritmetik ortalaması sonucunda ise, Moho süreksizliği üstünde S-dalga hızı 3.90 km/sn ve P-dalga hızı 6.74 km/sn, Moho süreksizliği altında S-dalga hızı 4.63 km/sn ve P-dalga hızı 8.02 km/sn ve 40 km'lik bir kabuk kalınlığı elde edilmiştir. Ayrıca yüzeye yakın 4 km kalınlığında düşük hızlı bir tabakanın ve 62 km derinliğinde başlayan 77.5 km kalınlığında bir düşük hız zonunun varlığı söz konusudur (Şekil 6).

#### 4.Sonuçlar

Ortalama ters çözüm sonuçlarına göre, Güneybatı-Kuzeydoğu Anadolu doğrultusunda Moho süreksizliği üstünde ortalama 3.90 km/sn'lik S-dalga hızı, 6.74 km/sn'lik P-dalga hızı ve 2.77 gr/cm<sup>3</sup>'lük yoğunluk değeri ile Moho süreksizliği altında 4.63 km/sn'lik S-dalga hızı, 8.02 km/sn'lik P-dalga hızı, 3.17 gr/cm<sup>3</sup>'lük yoğunluk değeri ve 40 km'lik bir kabuk kalınlığı elde edilmiştir (Şekil 6).

Tablo 2. Karşılaştırmalı ters çözüm sonuçları.

	P-dalga hızı (km/sn)	S-dalga hızı (km/sn)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	
Mindevalli (1988)	7.17	4.14	3.03	
Erduran (2009)	7.20	4.16	2.85	
Bu Çalışma	6.74	3.90	2.77	
				<b>40 km</b>
				<b>Moho</b>
				<b>Süreksizliği</b>
Mindevalli (1988)	7.70	4.32	3.20	
Erduran (2009)	7.61	4.40	3.22	
Bu Çalışma	8.02	4.63	3.17	

Giriş bölümünde yaklaşık olarak benzer doğrultudaki Moho Süreksizliği hakkında bilgi veren bir kaç çalışmadan (Bati Anadolu için yapılan; Mindevalli (1988) ve Güneybatı Anadolu için yapılan; Erduran (2009)) elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 2’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Karşılaştırmalı ters çözüm sonuçlarına göre, bu çalışmada elde edilen değerler Moho’nun üstünde Mindevalli (1988) ve Erduran (2009)’a göre çok daha küçük ve Moho’nun altında ise yoğunluk değeri dışında çok daha büyüktür. Her üç çalışmada da yaklaşık olarak 40 km’lik bir kabuk kalınlığı saptanmıştır (Tablo 2).

### **Katkı Belirtme**

Bu çalışmada kullanılan sayısal üç bileşen deprem kayıtları Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Sismoloji Laboratuvarı tarafından sağlanmıştır.

### **5. Kaynaklar**

1. Gutenberg, B., Dispersion und Extinktion von seismischen Oberflächenwellen und der Aufbau der Obersden Erdschichten, *Physikalische Zeitschrift* 25 Jahrgang, 377-381, 1924.
2. Gutenberg, B., Untersuchungen zur Frage, bis zu Welcher Tiefe die Erde Kristallin ist. *Zeitschr. Für Geophys.*, 2, 24-29, 1926.
3. McKenzie, D., Active Tectonics of Mediterranean Region, *Geophys. J.R.A. Soc.*, 30, 109-185, 1972.
4. McKenzie, D., Active Tectonics of The Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Sea and Surrounding Regions, *Geophys. J.R.A. Soc.*, 55, 217-254, 1978.
5. Dewey, J.F. and Şengör, A., Aegean and Surrounding Regions: Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 90, 84-92, 1979.
6. Şengör, A.M.C., Principles of Turkey Neotectonics, *Turkish Geol. Assoc. Conf.*, 2, 40, 1980.
7. Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study, in *Strike-Slip Faulting and Basin Formation*, 227-264, eds Biddle, K.T. & Christie-Blick, N., *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sec. Pub.*, 37, 227-264, 1985.
8. Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C., Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia- a Young Collision Zone, *Collision Tectonics. Geol. Soc. Special Pub.*, 19, 3-36, 1986.
9. Reilinger, R. and Barka, A., GPS Constraints on Fault Slip Rates in The Arabia-Africa-Eurasia Plate Collision Zone: Implications for Earthquake Recurrence Times, in Giardini, D., and Balassanian, S., Eds. *Historical and Pre-Historical Earthquakes in The Caucasus.*, Kluwer, 91-108, 1997.
10. Canitez, N., Gravite Anomalileri ve Sismolojiye Göre Kuzey Anadolu Arz Kabuğunun Yapısı, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul, 1962.
11. Öcal, N., Aufbau Der Erdkruste in Anatalien, *Zeitschrift Fur Geophysik Bd.*, 29, 227-232, 1963.
12. Canitez, N. and Toksöz, M.N., Crustal Structure Beneath Turkey, *EOS TRANS. AGU.*, 61, 290, 1980.
13. Chen, C.Y., Chen, W.P. and Molnar, P., The Uppermost Mantle P Wave Velocities Beneath Turkey and Iran, *Geophys. Res.Lett.*, 7, 1, 77-80, 1980.
14. Necioğlu, A., Maddison, B. and Turkelli, N., A Study of Crustal and Upper Mantle Structure of Northwestern Turkey, *Geophysical Research Letters*, 8, 33-35, 1981.
15. Cermak, V. and Zahradnik, J., Two-Dimensional Correlation of Heat Flow and Crustal Thickness in Europe, *Geothermics*



and Geothermal Energy, 17-25, 1982.

16. Ezen, Ü., Kuzey ve Doğu Anadolu'da Love Dalgalarının Dispersiyonu ve Yer kabuğu Yapısı, Deprem Araş. Bülteni, 43, 42-62, 1983.
17. Türkeli, N., Seismic Investigations of The Crustal Structure in Central Anatolia, PHD Dissertation, Middle East Technical University, Ankara, 1985.
18. Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C., Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia- a Young Collision Zone, Collision Tectonics. Geol. Soc. Special Pub., 19, 3-36, 1986.
19. Kenar, Ö. ve Toksöz, M.N., Anadolu Yarımadasında Yüzeysel Dalgalarının Dispersiyonu ve Ortamın Soğurma Özellikleri, Jeofizik, 3, 2, 1989.
20. Kalafat, D., Gürbüz, C. ve Üçer, S.B., Batı Türkiyede Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 59, 43-64, 1987.
21. Mindevalli, Ö.Y., Crust and Upper Mantle Structure of Turkey and The Indian Sub-Continent Surface Wave Studies, Ph.D. Dissertation, Saint Louis Univ., 1988.
22. Osmañahin, İ., Yüzeysel Dalgası Ortam Tepki Fonksiyonlarından Yararlanarak Anadolu ve Civarında Kabuk ve Üst-Manto Yapısının Belirlenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1989.
23. Sayıl, L.N., Rayleigh Dalgası Dispersiyon Verileriyle Doğu Anadolu ve Civarında Yer kabuğu ve Üst Manto Yapısının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1992.
24. Osmañahin, İ. and Sayıl, N., Pn-Wave Velocity Beneath Anatolia from The First Arrivals, Bull. Inter. Inst. Seism. And Earthq. Eng., 30, 77-86, 1996.
25. Mooney, W.D., Laske, G. and Masters, T.G., Crust 5.1: A Global Crustal Model at 5x5, J. Geophysical Res., 103, 727-747, 1998.
26. Sayıl, L.N., Karadeniz ve Civarında Kabuk ve Üst Manto Yapısının İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.
27. Sayıl, N. and Osmañahin, İ., Investigation of Crust and Upper Mantle Structure at The Black Sea with Group Velocity Data, Bull. Seism. Soc. Am., 90, 870-875, 2000.
28. Osmañahin, İ. and Sayıl, N., Near Field Travel-Time Solutions for Anatolia, Journal of Balkan Geophysical Society, 4, 1, 3-8, 2001.
29. Kuleli, S., Zor, E., Türkeli, N., Sandvol, E., Seber, D. and Barazangi, N., The IMS Belbaşı Seismic Array in Central Turkey, Seismological Research Letters, 72, 1, 60-69, 2001.
30. Çakır, Ö. and Erduran, M., Constraining Crustal and Uppermost Mantle Structure Beneath Station TBZ (Trabzon, Turkey) by Receiver Function and Dispersion Analyses, Geophys. J. Int., 158, 955-971, 2004.
31. Zhu, L., Mitchell, B., Akyol, N., Cemen, I. and Kekovali, K., Crustal Thickness Variation in the Aegean Region and Its Implications for the Extensions of Continental Crust, J. Geophys. Res., 111, doi:10.1029/2005JB003770, 2006.
32. Salah, M.K., Şahin, Ş. and Destici, C., Seismic Velocity and Poisson's Ratio Tomography of the Crust Beneath Southwest Anatolia: An Insight into the Occurrence of Large Earthquakes, Journal of Seismology, 11, 415-432, 2007.
33. Erduran, M., Çakır, Ö., Tezel, T., Şahin, Ş. and Alptekin, Ö., Anatolian Surface Wave Evaluated at GEOFON Station ISP Isparta, Turkey, Tectonophysics, 434, 39-54, 2007.
34. Erduran, M., Teleseismic Inversion of Crustal S-Wave Velocities Beneath the Isparta Station, J. Geodyn., 147, 225-236, 2009.
- 35.

*Kutlu vd/N.Ü. Fenbilimleri Enstitü Dergisi 1 (2012)1-10*

36. Simons, R.S., A Surface Wave Particle Motion Discrimination Process, Bull. Seis. Soc. Am., 58, 629-637, 1968.
37. Kutlu, Y.A., Polarizasyon Özelliklerine Dayalı Yüzey Dalgası Ayrım Süzgeci ve Uygulamaları, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2006.
38. Dziewonski, A.M., Bloch, S. and Landisman, M., A Technique for The Analysis of Transient Seismic Signals, Bull. Seism. Soc. Am., 59, 427-444, 1969.
39. Valyus, V.P., Keilis-Borok, V.I. and Levshin, A., Determination of The Upper Mantle Velocity Cross-Section for Europe, Proc. Acad. Sci. USSR, 185, 3, Russian, 1969.