

KUZEY ANADOLU FAYININ BATI KESİMİNDEKİ KABUK VE ÜST MANTO YAPISININ SİSMOLOJİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

S. Altuncu Poyraz¹, U.M Teoman², M. Kahraman², N. Türkelli², S. Rost³, G. Houseman³, D.A. Thompson⁴

¹ *Doktor, Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDT M), Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul*

² *Araştırma Görevlisi ve Profesör, Jeofizik Müh. Bölümü, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul*

³ *Profesör, Leeds Üniversitesi, England*

⁴ *Doktor, Aberdeen Üniversitesi, England*

Email: selda.altuncu@boun.edu.tr

ÖZET:

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı kesimindeki sırt ve derin yapıyı araştırmak amacıyla İngiltere Doğal Çevre Araştırma Konseyi (The Natural Environment Research Council, NERC), Boğaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) ve Sakarya Üniversitesi lojistik destekleri ile Sakarya ili ve çevresine 2012 Mayıs ayında geçici olarak 70 adet geniş bant sismometre kurulmuştur. Marmara'nın doğusunda KAFZ'nun Akyazı çatalanmasından sonra Zmit-Sapanca (kuzey kol) ve Zink-Mekece (güney kol) faylarını oluşturduğunu bilinmektedir. Yaklaşık 200 yıldır büyük deprem üretmeyen güney kol ve sismik etkinlik açısından aktif olan kuzey koldaki mikrodeprem aktivitesinin daha iyi takip edilmesi, deprem kaynak parametrelerinin belirlenmesi ve alt kabuk ile beraber üst kabuk yapısının da ayrıntılı araştırılması bu projenin amacını oluşturmaktadır.

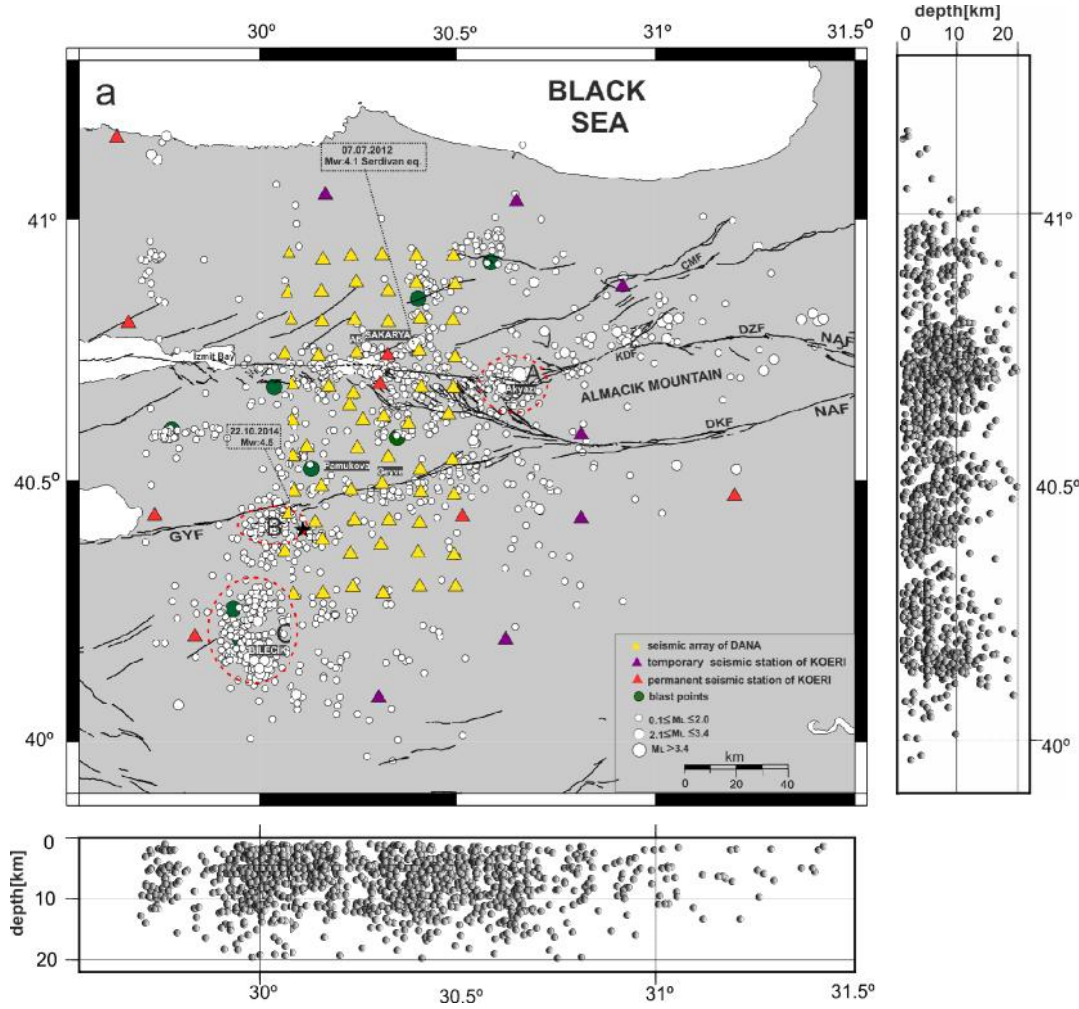
Mikrodeprem çalışması kapsamında 29.7⁰-31.5⁰E boylam ve 39.75⁰-41.35⁰N enlemleri ile sınırlanan bölgede 18 ay için yaklaşık 1371 adet depremin lokasyon çözümü yapılmıştır. Deprem büyüklükleri 0.1 M<4.2 ve derinlikler 20 km'den az bulunmuştur. Ayrıca lokal S dalgası ayırılması (local shear wave splitting) yöntemi ile M 1.4 olan 500 adet deprem analiz edilmiştir. Yer altında S dalgası ayırılmasına neden olan anizotropi (yön bağımlılık) özelliği gösteren yapılar araştırılarak, ortamla ilgili farklı hızlarda seyahat eden ayırılmış hızlı seyahat eden S dalgasının yönelme açısı ve ayırılan dalganın iki bileşeni arasındaki gecikme zamanı parametreleri elde edilerek bölgenin tektonik yorumlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER : Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), mikrodeprem, lokal kayma dalgası ayırılması

1. GİRİŞ

17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Kocaeli depremi ile yaklaşık 250 yıldan bu yana kırılmayan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) bu bölümü de kırılmış ve sonucunda 130 km uzunluğunda bir yüzey kırığı ve 5 m'ye varan sığ yanılma atımları oluşmuştur. Bu depremi takip eden aylarda yer yer büyüklükleri 5.8'e varan artçı oklar meydana gelmiştir. Ülkemizde meydana gelen ve son yüzyılın en büyük doğal afet kabul edilen 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi sonrasında ortaya çıkan yüzey kırığının her iki ucunda oluşan gerilme enerjisinde ciddi bir artış olmuştur. Bu deprem sonrası KAFZ üzerinde kırılmayan segmentlerden birisi olan Bolu-Düzce arasındaki Düzce fayı üzerindeki gerilme enerjisi 12 Kasım 1999'da açığa çıkarak Düzce depremini meydana getirmiştir. Toplam uzunluğu 75 km civarında olan Düzce fayı üzerinde meydana gelen bu deprem sonucunda yaklaşık 30 km'lik bir yüzey kırığı oluşmuştur. Buna karşın halen Düzce fayı üzerinde kırılmamış bir bölümün bulunması, azda olsa bir deprem riskinin varlığını ortaya koymaktadır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) batı kesimindeki sıvı ve derin yapıyı araştırmak amacıyla İngiltere Doğu Akdeniz Çevre Araştırma Konseyi (The Natural Environment Research Council, NERC), Bozaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP-6193-9406) ve Sakarya Üniversitesi lojistik destekleri ile Sakarya ili ve çevresine 2012 Mayıs ayında geçici olarak 71 adet geniş bant sismometre kurulumu yapıldı (FaultLab Projesi, Ekil 1).



Ekil 1: Lokal sismisite (Mayıs 2012-Eylül 2013). Kısaltmalar; AB: Adapazarı Baseni, ÇMF: Çilimli Fayı, DB: Düzce Baseni, DKF:Dokurcun Fayı, DZF:Düzce Fayı, GYF:Geyve Fayı, KDF: Karadere Fayı (Altuncu Poyraz vd., 2015).

Bölgedeki mikrodeprem aktivitesinin daha iyi takip edilmesi, deprem kaynak parametrelerinin belirlenmesi ve alt kabuk ile beraber üst kabuk yapısının da ayrıntılı araştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Mikrodeprem çalışması kapsamında 29.7°-31.5°D boylam ve 39.75°-41.35°K enlemleri ile sınırlanan bölgede 1371 adet depremin lokasyon çözümü yapılmıştır (Ekil 1). Stasyonların kurulumu 18 ay boyunca elde edilen deprem büyüklükleri 0.1 M 4.2 ve derinlikler 20 km'den az bulunmuştur. Bu çalışmada FaultLab projesi kapsamında çözümü yapılan 1371 adet depremin lokal S dalgası ayrışması (local shear wave splitting) yöntemi ile analizi yapılmaktadır. Anizotropi, kabuk ve manto dinamiğinin araştırılması açısından önemli bir araçtır. Kayma dalgası ayrışması (Shear wave splitting) yöntemi ise, anizotropinin varlığının irdelenmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir (Silver ve Chan, 1991). Ayrışma parametreleri olan, hızlı polarizasyon doğrultusu ve t gecikme zamanı, sırasıyla baskın akı doğrultusu ve anizotropik tabakaların kalınlığı hakkında bilgi verir. Yer altında S dalgası ayrışmasına neden olan anizotropi (yön bağımlılık) özelliği gösteren yapılar araştırılarak, ortamla ilgili farklı hızlarda seyahat eden ayrışmış hızlı S dalgasının

yönlenme açısı ve ayrımlanan dalganın iki bileşeni arasındaki gecikme zamanı, parametreleri elde edilerek bölgenin tektonik yapı yorumlanmaya çalışılacaktır.

2. YÖNTEM VE BULGULAR

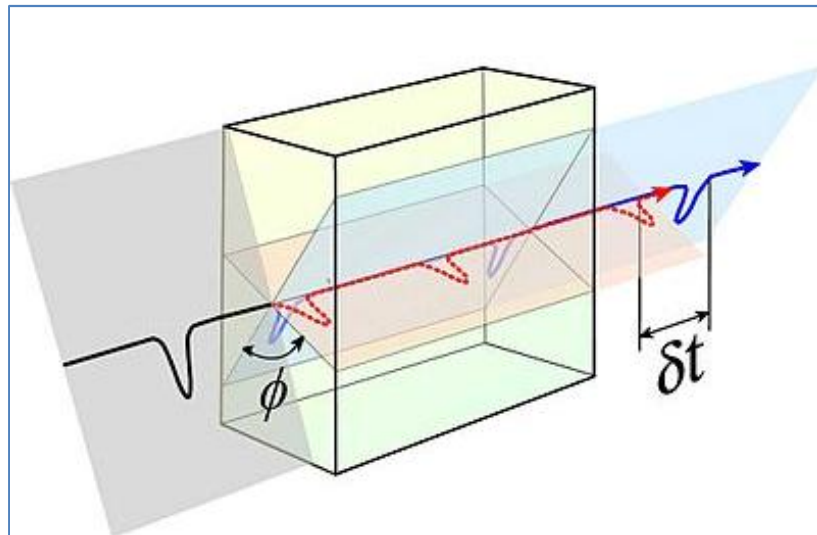
Anizotropi ve S-dalgası ayrımlanması, ortam içerisindeki heterojenlikten kaynaklanan elastik dalga yayılımındaki farklılıkların belirlenmesine yönelik analiz türüdür. Bu analiz yönteminde de etkin faktörler ortam içerisindeki çatlak-kırık sistemlerinin doğrultuları, sıklık dereceleri ve açıklık miktarlarıdır. Bu faktörler, ayrıca, S- dalgasının bileşenlerine ayrılmasına neden olarak önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır.

Anizotropi, kabuk ve manto dinamiklerinin araştırılması açısından önemli bir araçtır. Kayma dalgası ayrımlanması (Shear wave splitting, SWS) yöntemi ise, anizotropinin varlığının irdelenmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir (Silver ve Chan, 1991). Ayrımlanma parametreleri olan, hızlı polarizasyon doğrultusu ve gecikme zamanı, sırasıyla baskın akı doğrultusu ve anizotropik tabakaların kalınlığı hakkında bilgi verir.

Literatürde bilinen en iyi tanımlama; kayma dalgası anizotropik ortamdan geçerken 2 ortogonal bileşene ayrılır (Crampin 1984; Savage 1999). Bu iki ortogonal dalga anizotropik simetri eksenini boyunca polarize olur ve anizotropinin gücüne bağlı olarak belirli bir gecikme zamanı ile ayrılırlar. Bu olay iki splitting (kayma) parametresi ile ifade edilir (ϕ , δt , ekil 2). Anizotropinin bu gücü genellikle hız değişiminin yüzdesine bağlı olarak ifade edilir (Denklemler 1);

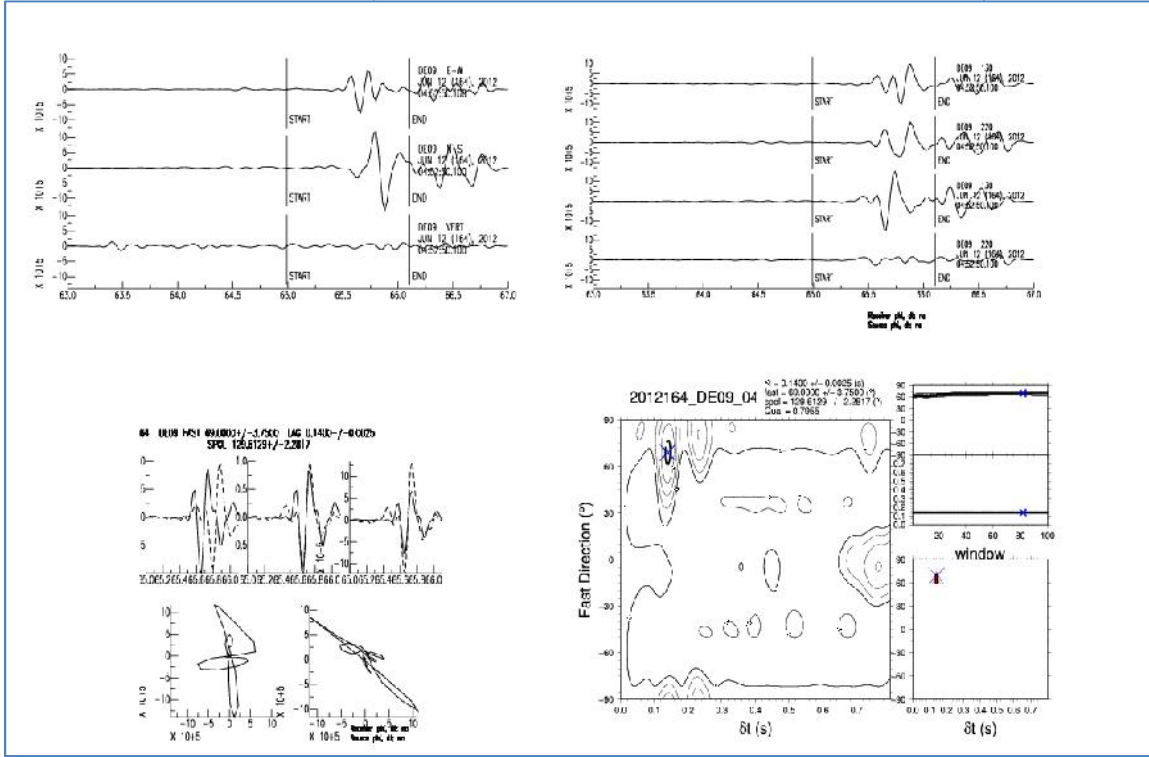
$$A = V_{Smean} \delta t / r \quad (1)$$

Burada “r” kaynak-alıcı-uzaklık parametresi, V_{Smean} S-dalgası hızı ve “ δt ” hızlı ve yavaş simetri eksenleri boyunca polarize olmuş dalgalar arasındaki varyasyon zamanındaki gecikmedir.



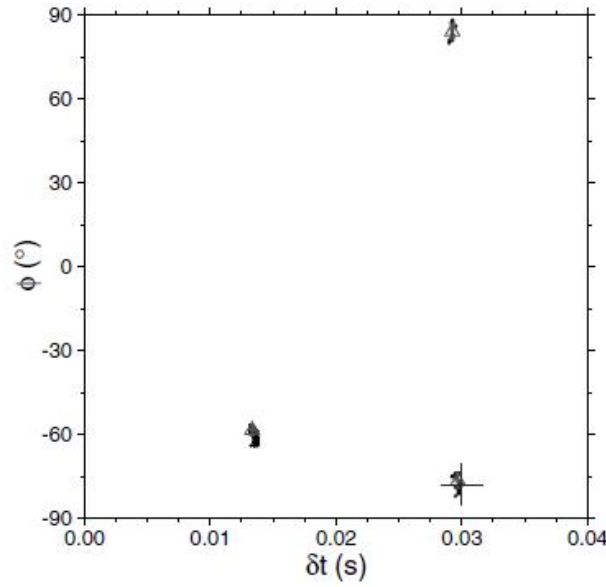
ekil 2: Kayma dalgası ayrımlanması için kullanılan ϕ , δt parametrelerinin gösterimi.

Ekil 3’de bu çalışmada kullanılacak olan sismik istasyonlardan DE09 tarafından kaydedilen depremin dalga görüntüsünü ve lokal kayma dalgası yöntemi için kullanılacak olan programın örnek çıktısı görülmektedir.



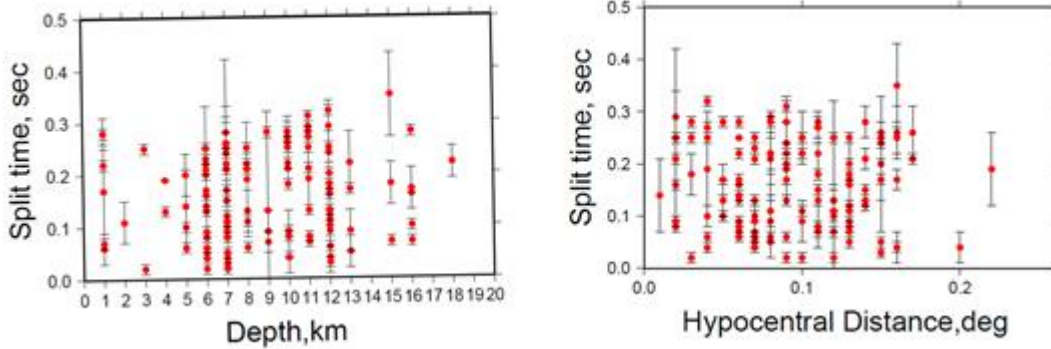
Ekil 3: Mikro-deprem verisi üzerinde (projede kullanılacak DE09 sismik istasyonu verisi) splitting düzeltme tekniğinin (Silver and Chan, 1991) gösterimi ve kayma dalgası parametreleri δt , θ nin elde edilmesi.

Yöntem 3 a) amadan oluşmaktadır. İlk olarak kayma dalgası analiz penceresinin başlangıç ve bitiş zamanından δt_1 , δt_2 hesaplanır. δt_1 ye karşılık θ_1 , θ_2 boyutlu olarak çizilir ve pencere alanındaki stabil bölgeler nokta eklemlerinde veya sık kümeler eklemlerinde yoğunlaşır (Ekil 4). İkinci olarak stabil bölgeleri tanımlamak için küme analizi kullanılır (Teanby ve diğeri, 2004). Son olarak en düşük varyans değerine sahip kümeyi belirleyip ve bu kümeden de hızlı polarizasyon yönü (θ) ve gecikme zamanında (δt) en küçük hata oranı olan kayma dalgası analiz penceresini seçilir.

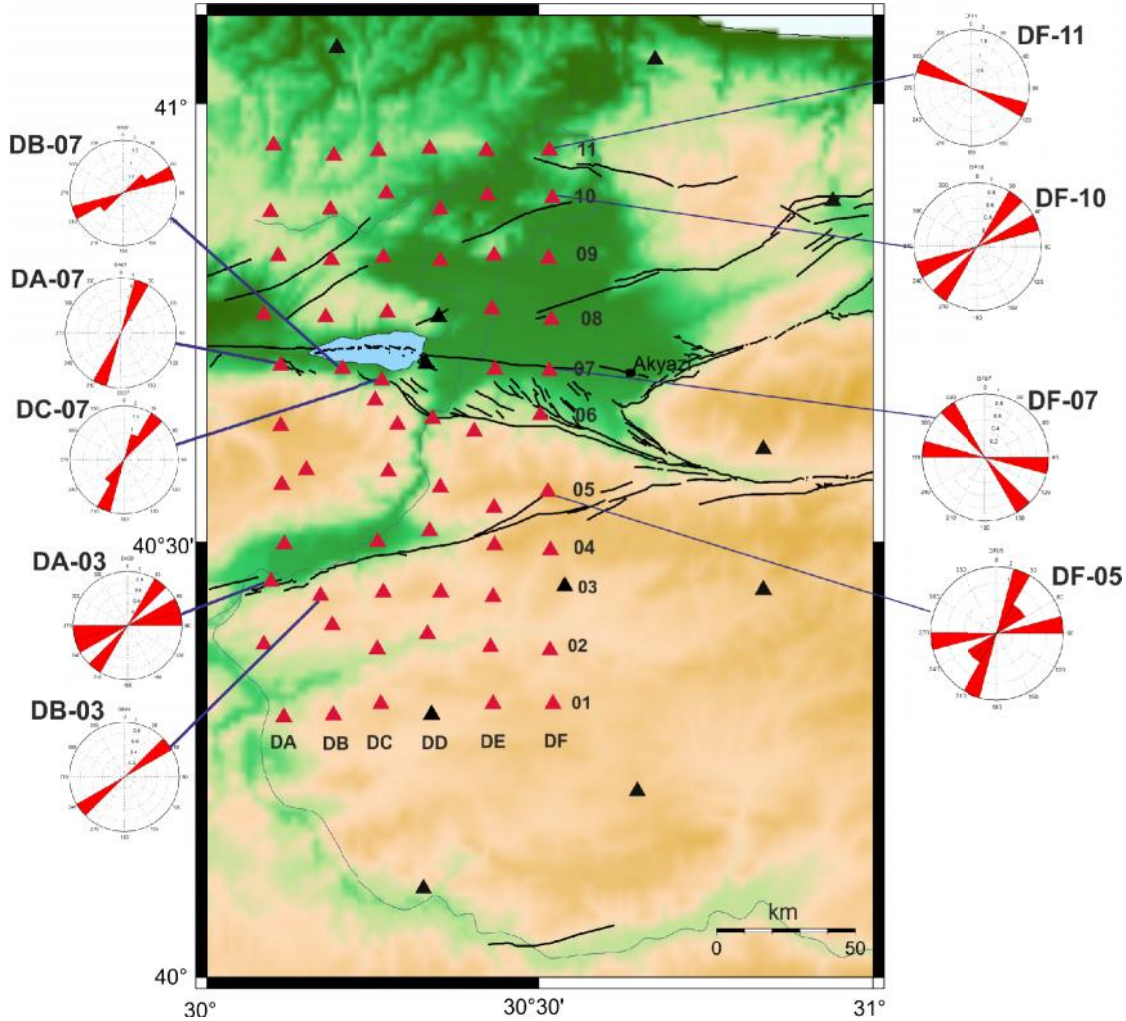


ekil 4: 250 farklı analiz penceresinden elde edilen ϕ , δt ölçümleri.

Bu çalışmada öncelikle Faultlab Projesi kapsamında oluşturulan katalogdan M 2.0 olan depremler seçilerek lokal kayma dalgası ayrılma yöntemi uygulanmıştır. Ekil 6'da proje istasyonlarının ait güllü diyagramları ve S dalgası yönelme açısı (ϕ) görülmektedir. Yapılan analizler sonucunda ayrılan dalganın iki bileşeni arasındaki gecikme zamanı δt parametresi ortalama 0.2 sn civarındadır. δt parametresi derinliğe ve uzaklığa bağlı olarak sistematik bir şekilde değişmektedir (ekil 5). Bulunan sonuçlardan çalışılan alanda sismik anizotropinin orta kabukta (mid crust) geliştiği görülmektedir. Açısı bölgedeki fay geometrisi ile uyumludur.



ekil 5: δt 'nin derinliğe ve hiposantr uzaklığına bağlı olarak değişimi



ekil 6: Bu çalışmada kullanılan istasyonlara ait rose diagramları ve S dalgası yönelme açısı ()

KAYNAKLAR

Altuncu Poyraz, S., Teoman, M.U., Türkelli, N., Kahraman, M., Cambaz, D., Mutlu, A., Rost, S., Houseman, G.A., Thompson, D.A., Cornwell, D., Utkucu, M., Gülen, L., (2015). New constraints on micro-seismicity and stress state in the western part of the North Anatolian Fault Zone: Observations from a dense seismic array, *Tectonophysics* **656**, 190-201.

Crampin, S., (1984). Effective anisotropic elastic constants for wave propagation through cracked solids, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* **76**, 165-145.

Savage, M. K., (1999). Seismic anisotropy and mantle deformation: what have we learned from shear wave splitting, *Rev. Geophysics* **37**, 65–106.

Silver, P. G., Chan, W. W., (1991). Shear wave splitting and subcontinental mantle deformation, *J. Geophys. Research* **96:16**, 429-16, 454.

Teanby, N. A., Kendall, J. –M., van der Baan, M., (2004). Automation of Shear-Wave Splitting Measurements using Cluster Analysis, *BSSA* **94:2**, 453-463.