

\_Araştırma Makalesi\_

**BATI KARADENİZ TUNA BÖLGESİNDE DENİZDE TOPLANAN 2B SİSMİK  
HATTIN VERİ İŞLEM AŞAMASINDA DE-GHOST UYGULAMASININ  
MİGRASYONA ETKİSİ**

**The Effect of De-Ghost Application on The Migration in the Process Stage of 2D Seismic Line at the Sea  
in Tuna Region of West Blacksea**

**Kutluay SELÇUK<sup>1</sup>**

**ÖZ**

Sismik veri işlem yapılırken verinin karakteristik özelliklerini bilinmelidir. Verinin karakteristik özelliklerini veri üzerinde gözlenen ilişkili ve ilişkisiz olaylar belirlemektedir. En uygun veri işlem adımlarının ve veri işlem parametrelerinin seçilebilmesi için, veri üzerinde görünen bu olayların kaynağı bilinmelidir. Birçok durumda yok edilmeye çalışılan gürültü, veri toplama işleminin doğasından meydana gelen bir takım olaylar sonucu ortaya çıkar. Örneğin tekrarlı yansılardan kaynaklanan gürültüler, hayalet yansımaları, reverberasyonlar olarak gözükülebilir. Bu çalışma göstermektedir ki, De-Ghost uygulaması sonucu gelişmiş çözünürlük ve bant genişliği ile birlikte, sismik olayların daha güçlü bir şekilde ayrımcılığa uğramasının yanı sıra, esas olarak artan düşük frekanslı içerikten kaynaklanan daha derin hedeflerin daha net görüntülenmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz Sismiği, Deniz Sismiğinde Hayalet Yansıma, Deniz Sismik Veri İşlem

**ABSTRACT**

The characteristics of the data should be known during the process of seismic data processing. The characteristics of the data determine the associated and unrelated events observed on the data. In order for the most appropriate data processing steps and data processing parameters to be selected, the origin of these events appearing on the data must be known. In many cases, the noise that is attempted to be destroyed is the result of a number of events that occur in the nature of data collection. For example, noise from repetitive reflections, Ghost reflections, reverberations have been shown. This study demonstrates that, as a result of the De-Ghost implementation, with improved resolution and bandwidth, a stronger discrimination of seismic events has been achieved, as well as a more precise view of deeper targets originating mainly from increased low-frequency content.

**Keywords:** Marine Acquisition, De-Ghost on Marine Seismic, Marine Seismic Process

**GİRİŞ**

Sismik veri işleminde temel hedef sayısal olarak kaydedilen verilerin kalitesinin artırılmasıdır. Bu da sismik verilerdeki sinyal seviyesinin yükseltilmesi, gürültü seviyesinin azaltılması yani Sinyal/Gürültü (S/G) oranının artırılması ile sağlanır. Sismik verilerdeki gürültüler sahip olduğu frekans, yayılım hızı, yayılım yönü gibi herhangi bir özelliği ile sinyalden ayrılıyorsa, bu özellik kullanılarak gürültüyü veriden neredeyse tamamen atmak olanaklıdır. Fakat rastgele olan ve belirleyici bir özellik taşımayan gürültülerin etkisini ortadan kaldırmak zor veya neredeyse olanaksız olarak düşünülmelidir. Bu tür gürültüler elemine edilmeye çalışıldığı sırada gerçek sinyal de yok edilebileceğinden çok dikkatli olmak gerekir. Başarılı bir sismik veri işlem, yalnızca her bir aşamada seçilen parametrelerin uygun olmasıyla sağlanamaz, her bir aşamanın etkinlik derecesinde tüm sismik veri işleminin sonuç çıktısı üzerinde oldukça etkilidir. (Dondurur, 2009)

Son yıllarda, keşif odağı özellikle sınırlar ve az araştırılmış alanlarda stratigrafik ve daha derin katmanlara kaymış ve geniş bant sismik verilere olan talep de buna göre artmıştır. Geleneksel denizde

<sup>1</sup> Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Daire Başkanlığı, Veri İşlem Müdürlüğü, Ankara.

\*İlgili yazar / Corresponding author: kselcuk@tpao.gov.tr

Gönderim Tarihi: 20.11.2018

Kabul Tarihi: 22.12.2018

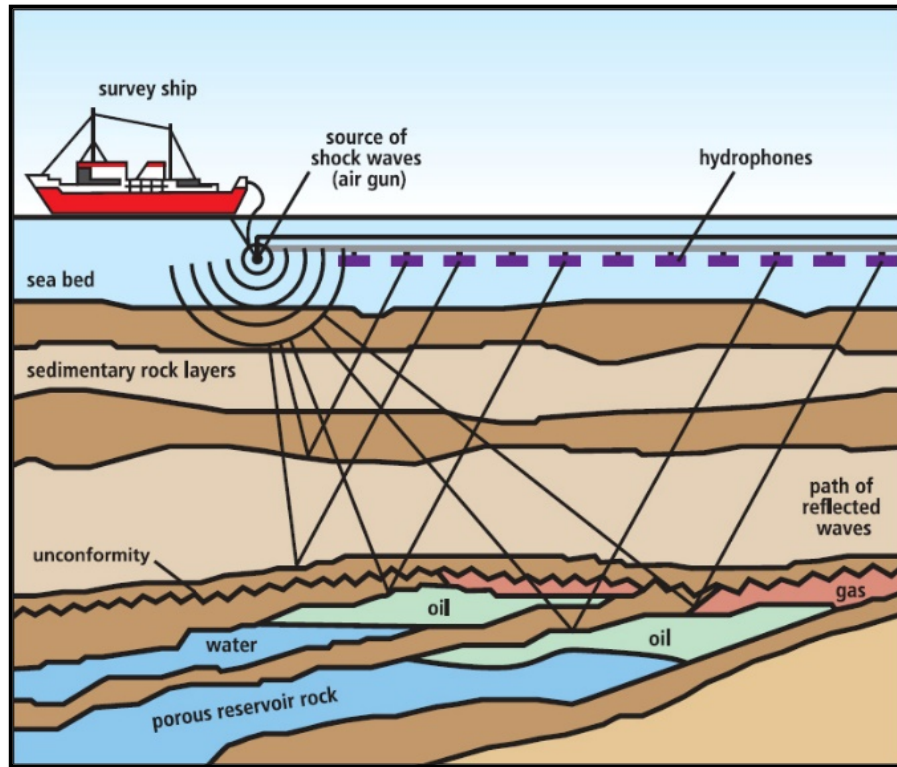
veri toplama, deniz yüzeyinden gelen yansımalar, hem kaynak hem de alıcı kablo derinlikleriyle doğrudan ilişkili olduğundan kaydedilen verinin sismik frekanslarını ve bant genişliğini güçlü bir şekilde etkileyebilir.

Bu çalışmada sismik verimizin içindeki hayalet yansımalar ortadan kaldırılarak yoruma yönelik tekrarlı yansımaların aldatıcı etkisi giderilmiş ve frekans bandı genişlettilererek sismik ayrımlılık artırılması hedeflenmiştir.

## DENİZ SİSMİĞİ

Deniz Jeofiziği araştırmaları yaygınlaşmadan önce büyük petrol şirketleri denizde petrol arama görüşünden çekinirlerdi. Oşinografların da desteklediği denizde Jeofizik yöntemlerin uygulanabilirliği, zamanla kabul görmüş ve geniş uygulanma alanı bulmuştur. Bugün hidrokarbonlar, su derinliğinin 1.5 km'ye ulaştığı sahalardan çıkarılabilmekte ve 3 km'den daha derin sahalarda üç boyutlu çok kanallı sismik yansıma çalışmaları standart olarak uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, tektonik yapıların araştırılmasına yönelik sığ ve derin sismik araştırmalar, yaygın olarak kullanılmaktadır.

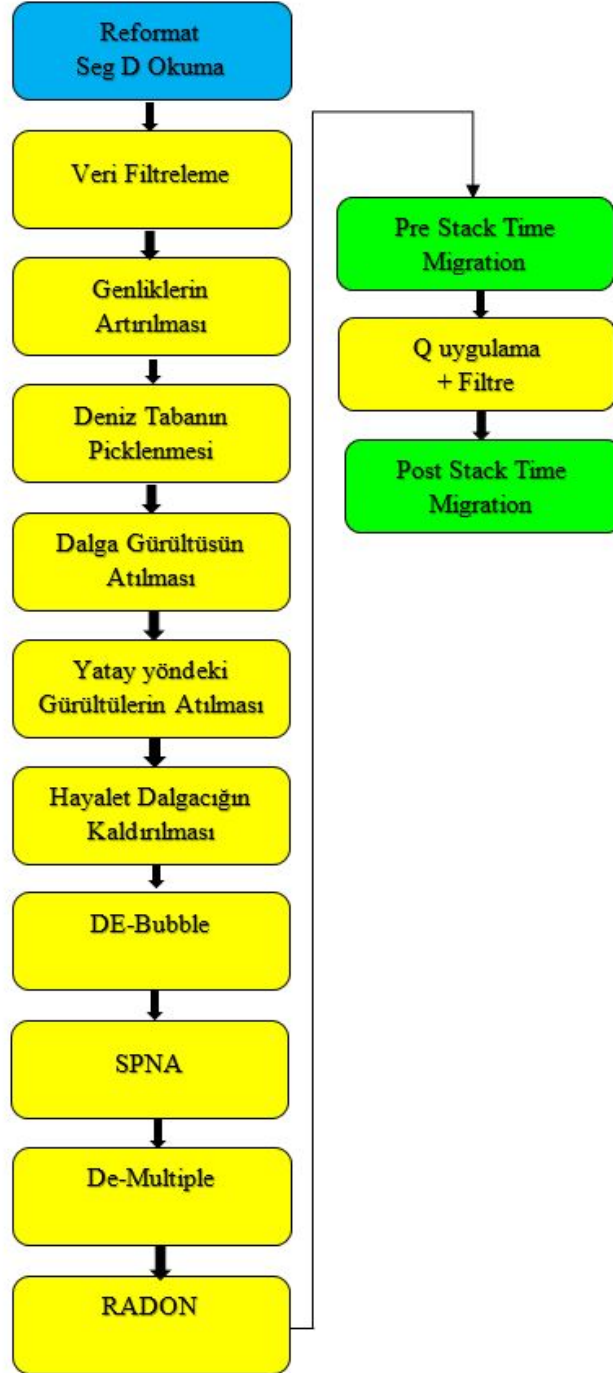
Deniz sismiği araştırmaları tekrarlamalı bir enerji kaynağı ile oluşan sinyalleri kaydedecek alıcıların bulunduğu bir kaynak–alıcı düzeneğinin oluşturulması yardımıyla yapılır (Şekil 1). Kaynak – alıcı düzeneği araştırmanın amacına göre sığ veya derin tabaka bilgilerinin hedeflenmesi gibi farklılıklar gösterebilir. Örneğin sığ sismik araştırmalarda kaynağın ürettiği dalgacıklar sıfır açılım (offset) birkaç hidrofonla kaydedilirken, derin sismik çalışmalarında ise daha güçlü enerji kaynakları ile üretilen sinyaller geminin arka tarafına konumlandırılmış ve üzerinde bir çok hidrofonun bulunduğu 2–3 km.'lik alıcı kablosunun (streamer) çekilmesi ve sinyallerin açılımlı kaydedilmesiyle elde edilir.



Şekil 1. Denizde Sismik veri toplama  
Figure 1. Seismic Acquisition on Marine

## VERİ İŞLEM AŞAMALARI

Sismik veri işlem aşamaları için uygun parametrelerin seçimi amacıyla sismik veriye bazı testler uygulanmaktadır. Gerekli parametrelerin seçilmesinin ardından tüm veri işlem akışı, seçilen parametrelerle tüm veri için çalıştırılır. Şekil 2’de gösterilen 2B deniz sismiği verilerinin işlenmesinde kullanılan genel bir sismik veri işlem akış şeması verilmiştir. Ancak veri toplama sırasında ortaya çıkabilecek özel gürültüler bu akış şemasında farklılıklar oluşmasını gerektirebilir.

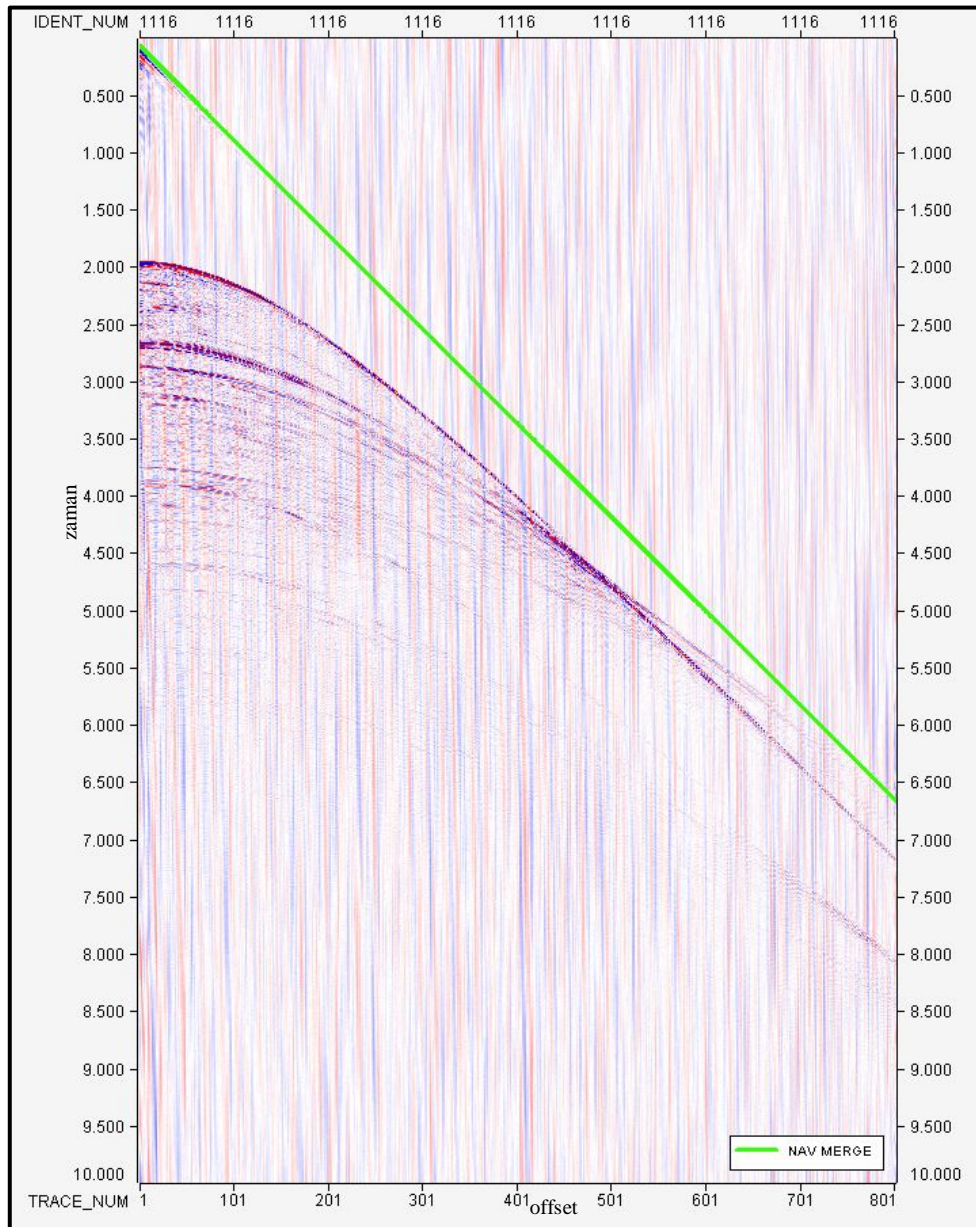


Şekil 2. Deniz Sismiği Veri İşlem Akışı  
Figure 2. Process flow on Marine Seismic

## VERİ OKUTMA

Araziden toplanmış olan ham sismik veriyi, sismik veri işlem sistemine yükleme işlemine veri yükleme adı verilir. Veri yükleme işlemi sırasında sismik verinin kaydedildiği dosya formatı sismik veri işlem programı tarafından okunarak veri işleme hazır hale getirilir. Sismik veri, atış numarası (FFID), örnekleme aralığı, kanal sayısı gibi sismik veriyle ilgili bilgileri içeren ve SEG (Society of Exploration Geophysicists) derneğinin tanımlamış olduğu özel veri formatlarında kaydedilir. Genlik değerlerinin dışındaki bilgilerin kaydedildiği kısma “başlık (header)” adı verilmektedir.

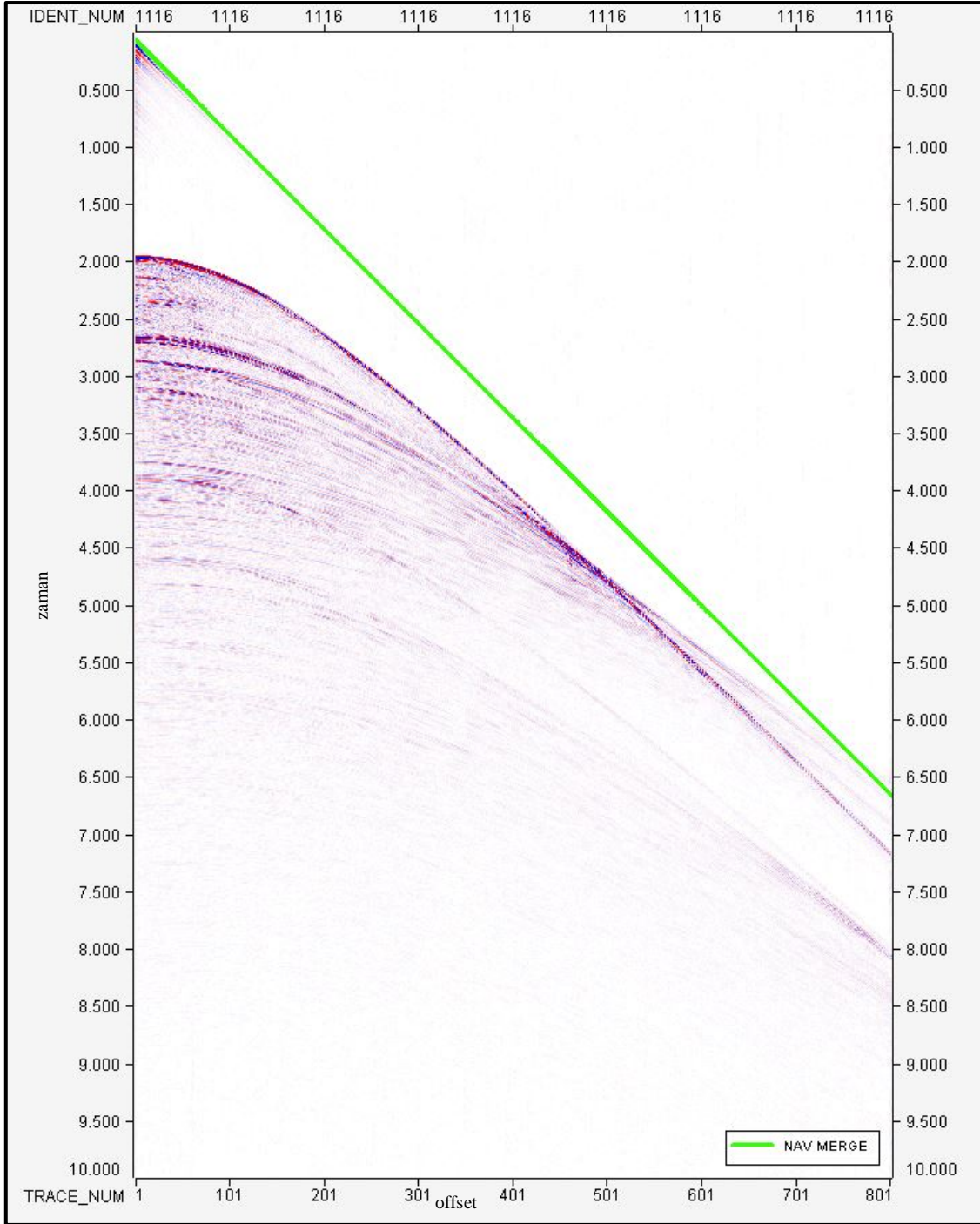
Sismik çalışma yapılan alanda toplanan veri SEG-D formatındadır. Toplanan veri navigasyon bilgileri ile birleştirilerek SEG-Y formatına çevrilir (Şekil 3).



Şekil 3.Ham veri  
Figure 3.Raw data

## FİLTRELEME

Veri toplanırken denizin, geminin, alıcı kablunun oluşturduğu olağan düşük frekanslı gürültüler verimizin içine girer. İlk aşamada bu gürültüleri alçak geçişli filtre (low cut) yaparak atarız. Denizin kendi içindeki dominant gürültüsü ortalama olarak 3 Hz in altında kalmaktadır. Burada 3 Hz altında kalan gürültüler bastırılmıştır (Şekil 4).

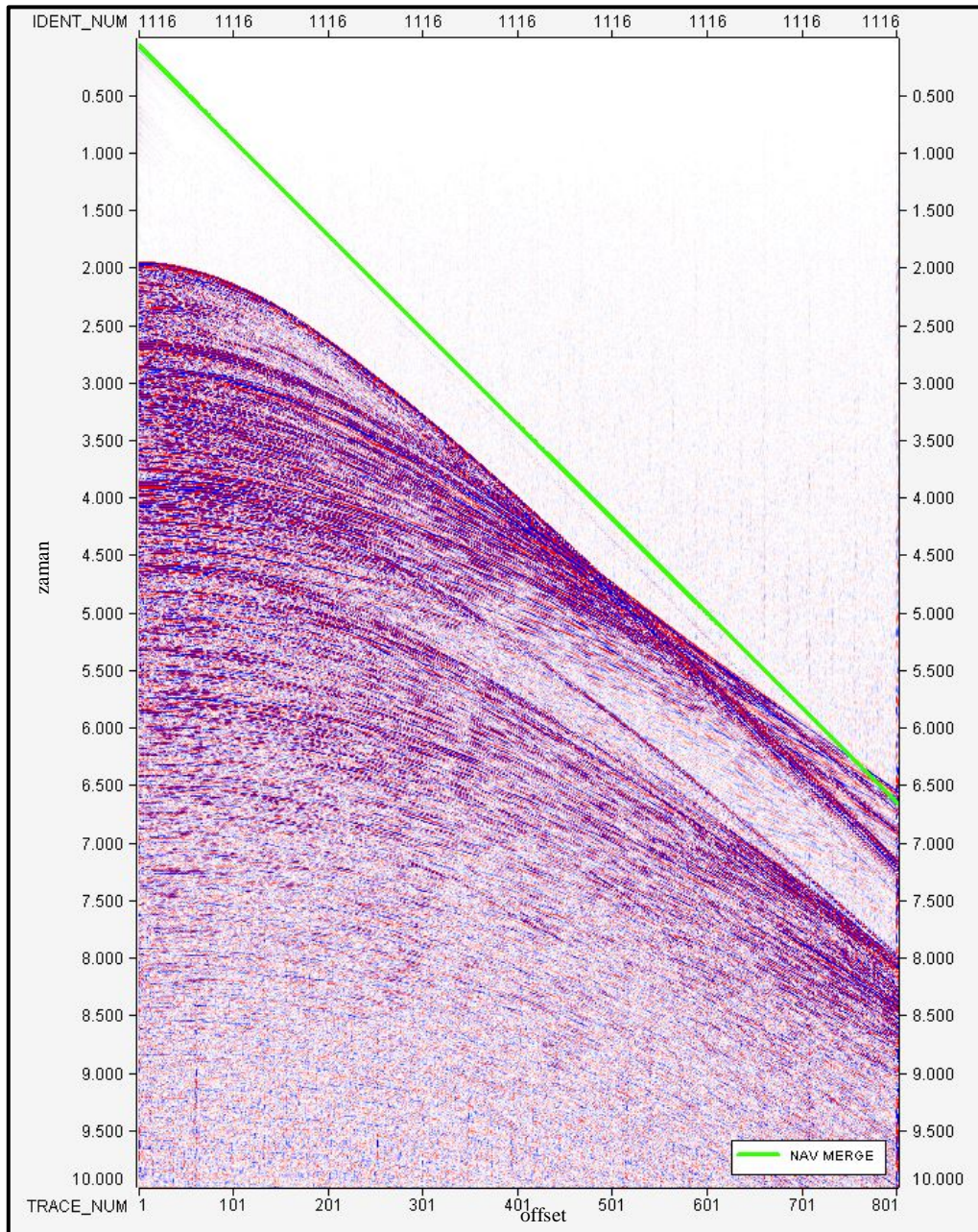


Şekil 4. Filtrelenmiş veri  
Figure 4. Filtered data

## GENLİKLERİN ARTIRILMASI

Kazanç uygulaması, sismik izinin zamanla değişecek şekilde örneklenmesi işlemidir. Bu amaçla uygulanan ve “gerçek genlik kurtarımı (true amplitude recovery-TAR)” adı verilen yöntemlerde kazanç fonksiyonu belirli zaman pencereleri için tanımlanır ve bu pencere içerisinde sismik iz genlikleri ile çarpılır. Kazanç uygulaması sonrasında sığ kısımlardaki yüksek genlikli enerjinin genliği azaltılır ve derin kısımlardaki çok düşük genlikli olayların genlikleri yükseltilir ve çok düşük genliğe sahip geç varışlar görülebilir hale getirilir. Ancak kazanç işlemi, görülemeyen düşük genlikli olayların genliklerini yükseltirken bu kısımlardaki gürültünün de genliğini yükseltir.

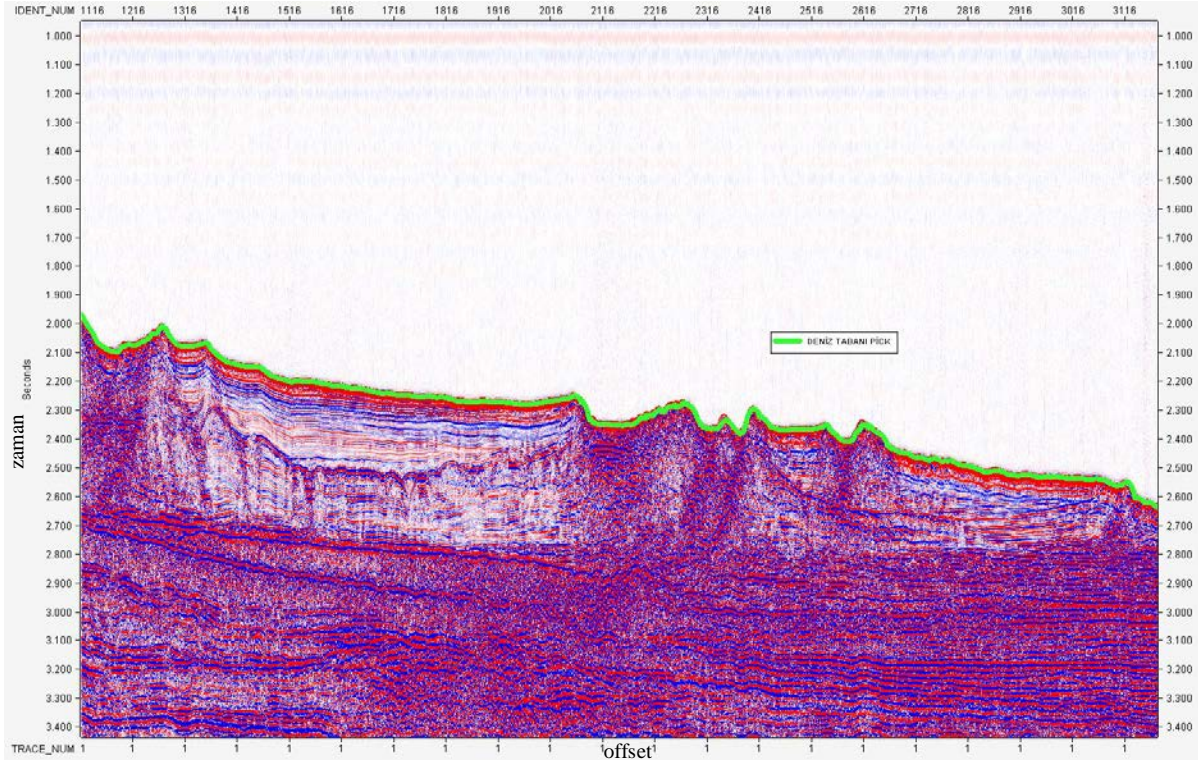
Şekil 5’de verideki attribütlerin (öznitelikler) genliğini artırırız. Genlik değerimiz  $T^{1.5}$  ‘dir.



Şekil 5. Genliklerin artırılması  
Figure 5. Gain application

## DENİZ TABANINI BELİRLEME

Bu kısımda deniz tabanını belirleme işlemi yapılır, bunun için kaynaktan çıkan sinyalin tüm atışlar boyunca ilk kanaldan gelen bilgiler yığılma (stack) edilir (Şekil 6). Buradaki amacımız deniz tabanı ile su kolonunu kalınlığını hesaplayarak sayısal bilgileri atışların üzerine yazdırarak ilerde yapılacak gürültü giderilmesi, mute, radon gibi işlemlerde kullanmaktır.



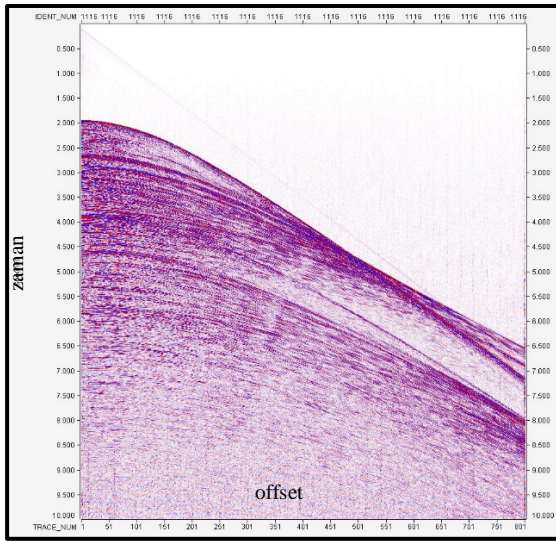
Şekil 6. Deniz Tabanını Belirleme

Figure 6. Water Bottom Picking

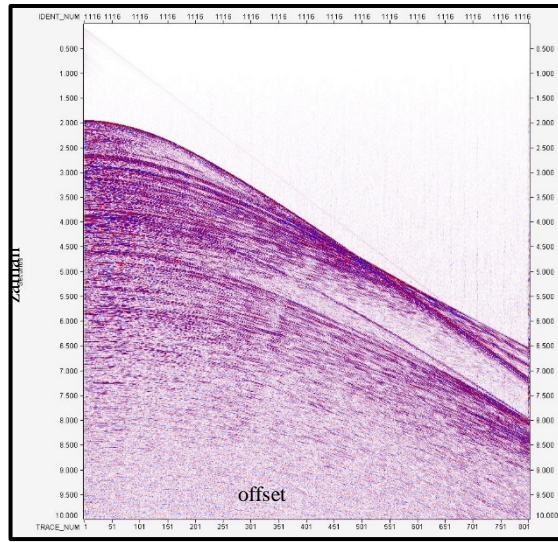
## DALGA GÜRÜLTÜSÜNÜN ATILMASI

Deniz dalgası gürültüsü, ham sismik atış gruplarında gözlenen en baskın gürültü şekli olup, deniz yüzeyindeki deniz dalgalarından meydana gelir. Alıcı kablo yüzeye yakın çekildiğinde ve dalgalı havalarda daha da bu gürültüler belirginleşirler ve genlikleri yansıma genliklerine oranla çok daha yüksek olması nedeniyle ham atış gruplarında birincil yansımaları neredeyse tamamen maskelerler.

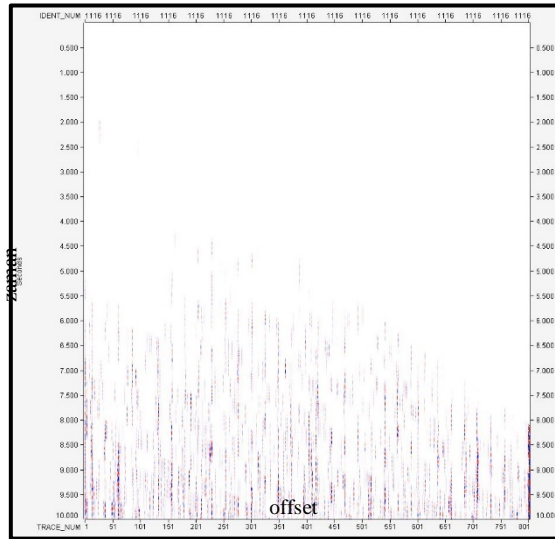
Bu aşamada veri toplanma esnasında dalgaların oluşturduğu olağan gürültüler (Şekil 7) ve temizlendikten sonraki (Şekil 8) ve yapılan işlem sonucundaki fark (Şekil 9) gösterilmiştir.



Şekil 7. Giriş verisi  
Figure 7. Input data



Şekil 8. Çıkış verisi  
Figure 8. Output data



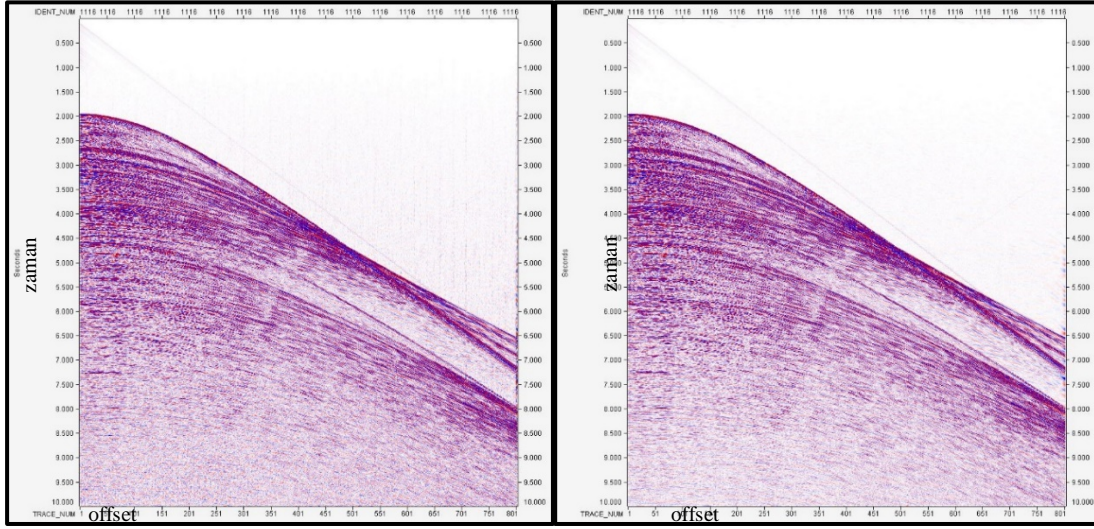
Şekil 9. Giriş-Çıkış Arasındaki fark  
Figure 9. Input-Output difference

## YATAY GÜRÜLTÜLERİN ATILMASI

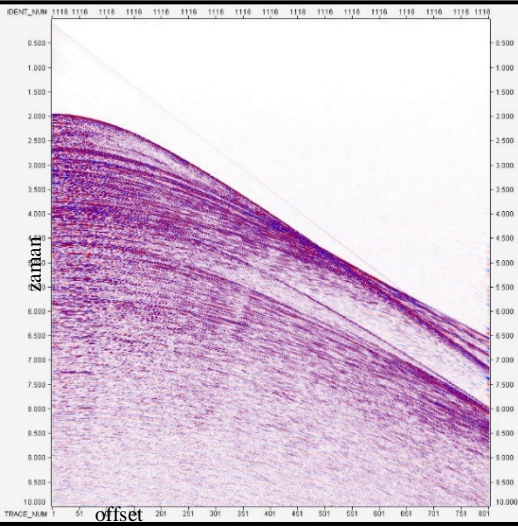
Kaynaktan çıkarak su kolonundan yayılan ve doğrudan alıcılara ulaşan dalgalardır ve doğrudan gelen dalgalar (direct waves), deniz tabanından kırılarak gelen baş dalgaları (head waves), dispersif yönlendirilmiş dalgalar (guided waves) olarak sıralanırlar. Bu tür gürültüler her zaman yakın offsetten uzak ofsete doğrudur. Doğrudan gelen dalgalar, kaynaktan çıkarak su yüzeyi boyunca yatay yayılan ve alıcılara ulaşan dalgalardır ve su kolonunda yayılmaları nedeniyle hızları her zaman su içerisindeki P dalgası hızına eşittir ve genlikleri ofsetle ters orantılıdır. Bu işlemde lineer yöndeki tüm gürültüleri temizlenir.

Bu aşamada veri toplanma esnasında dalgaların oluşturduğu yatay yöndeki gürültüler (Şekil 10) ve temizlendikten sonraki (Şekil 11) ve yapılan işlem sonucundaki fark (Şekil 12) gösterilmiştir.

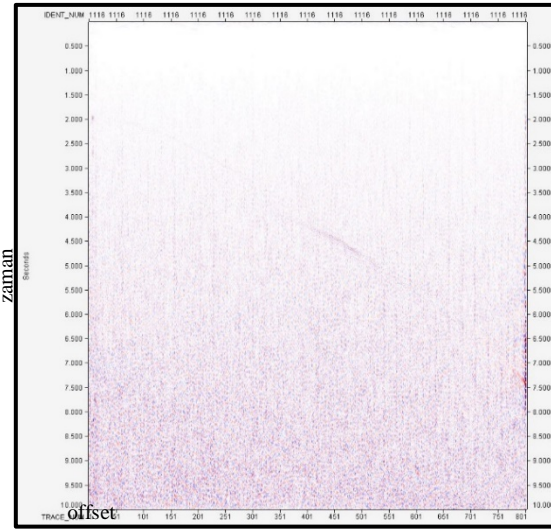




Şekil 10. Giriş verisi  
Figure 10. Input data



Şekil 11. Çıkış verisi  
Figure 11. Output data



Şekil 12. Giriş-Çıkış Arasındaki Fark  
Figure 12. Input-Output Difference

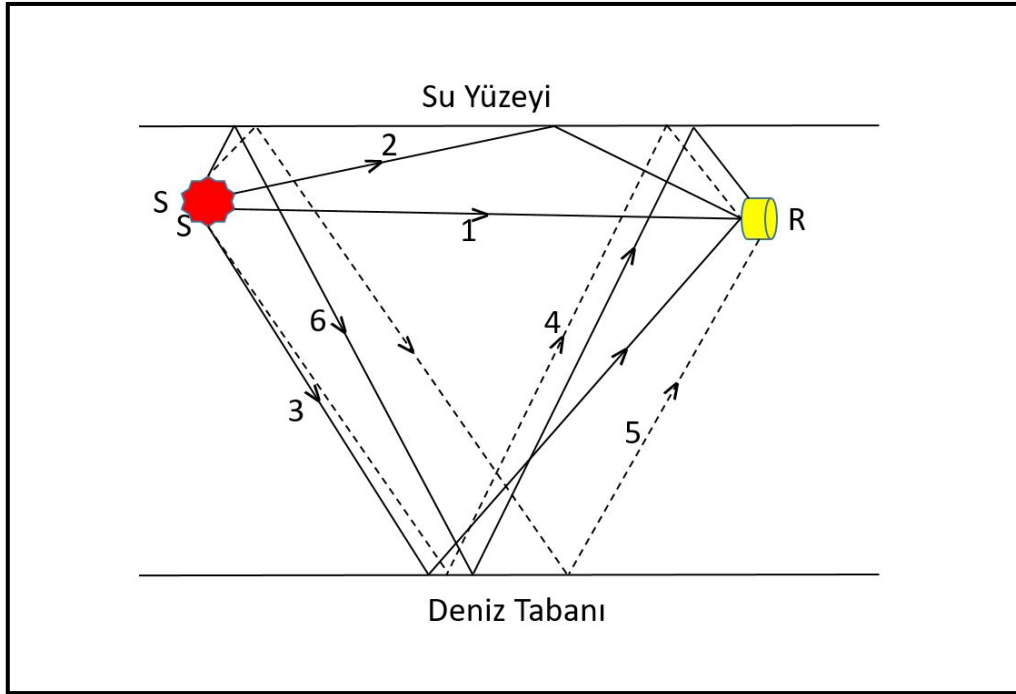
## HAYALET DALGACIĞIN KALDIRILMASI

### Hayalet Tekrarlı Yansıması

Sparker elektrod çifti bir nokta kaynak olarak kabul edilirse, bu noktadan çıkan basınç dalgaları her yöne ilerleyeceklerdir. Sparker su yüzeyinden çekilirse, sismik enerjinin atmosfer içerisine kaçan bölümü bizi ilgilendirmeyecektir. Fakat bu durumda, su üzerine çıkan elektrotlar arasında iletkenlik görevi yapan tuzlu deniz suyunda zaman zaman kesintiler oluşacak ve arzu edilmeyen kör atışlarla karşılaşacaktır. Söz konusu teknik kısıtlama sparkerın bir miktar su yüzeyinin altından çekilmesini gerektirmektedir. Diğer yandan, sparker türü sismik kaynaklara ait frekanslar  $f_e$  500 Hz ile birkaç kHz aralığına düşmektedirler. Sismik dalgaların deniz suyu içindeki yayılım hızları yaklaşık  $V_{su} = 1500$  m/s alındığında oluşan  $\lambda$  dalga boyları en çok 3 metre gibi çok kısa uzunluklara sahip olacaklardır;

$$\lambda = \frac{V_{sU}}{f_e} = \frac{1500m/s}{500Hz} = 3m \quad (1)$$

Bu durumda gerek kaynağın, gerekse alıcının su yüzeyinde olan derinlikleri, Birincil ve onu hemen arkasından izleyen Hayalet Tekrarlı Yansımaların oluşturduğu Birleşik Dalgacık biçimini önemli ölçüde etkileyeceklerdir. Söz konusu sismik olayları ayrıntılı olarak şekil 13’de inceleyelim



**Şekil 13.** Kaynaktan çıkan dalgacığın gidiş yolu  
**Figure 13.** Way trace out of the source

Şekil 13’de toplam 6 adet sismik olayla ilgili ışınlar görülmektedir. Bunlarda(1) ve (2) numaralı sismik olaylar tamamen su yüzeyine yakın oluşmakta ve derinlerden gelen sismik sinyalleri hiçbir şekilde etkilememektedirler. (1) inci sismik olay kaynak(S) ile alıcı (R) arasındaki doğrudan varışı göstermektedir. (2) inci sismik olay ise kaynaktan yola çıkıp su yüzeyinin altından yansıyor polarite terslenmesi ile alıcıya ulaşan yansımayı göstermektedir. (3) üncü sismik olay bizim için asıl önem taşıyan deniz tabanından gelen birincil yansımayı göstermektedir. (4) üncü sismik olay alıcı tarafı Hayalet Tekrarlı yansımasını göstermektedir. Sismik dalgacık alıcıya ulaşmadan hemen önce su yüzeyinin altından hemen yansıyor polarite terslenmesine uğramaktadır. (5) inci sismik olay Kaynak tarafı Hayalet Tekrarlı yansımanın göstermektedir. Sismik dalgacık kaynaktan çıktıktan hemen sonra su yüzeyinin altından yansıyor polarite terslenmesine uğramaktadır. En nihayetinde (6) inci sismik olayda Kaynak ve Alıcı tarafı Hayalet Tekrarlı yansıması görülmektedir. (S) kaynağından yola çıkan sismik dalgacık su yüzeyinin altından yansıyor polarite terslenmesine uğramakta dolayısıyla ilk orijinal polaritesine kavuşarak (R) alıcısına ulaşmaktadır.

### Hayalet Yansıma Operatörü

1993 yılında, (Amundsen, 1993). yatay alıcı kablo için hayalet fonksiyonunu tanımladı. Frekans-yatay dalga-sayısı ortamında hayalet fonksiyonunun dalga denklemi revizyon edildiğinde,

$$G(k_x, k_y, z) = 1 + r_0 \exp(2ik_z z) \quad (2)$$

Burada  $k_z = (k^2 - k_x^2 - k_y^2)^{1/2}$  dikey yöndeki dalga sayısı,  $k = \omega / c_0$  dalga sayısı,  $\omega$  dairesel frekans,  $z$  kayıt derinliği,  $c_0$  yayılma hızı, ve  $r_0 = -1$  akışkan ara yüzü belirtmektedir. Daha sonra, hayalet işlevinin tersi olarak tanımlanan De-Ghosted işlevi.

$$D(k_x, k_y) = 1 / \left( G(k_x, k_y, z) \right) = 1 / (1 + r_0 \exp(2ik_z z)) \quad (3)$$

Amundsen L. Et al. 2013, Taylor serisi olarak De-Ghosting fonksiyonunu genişleterek

$$D(k_x, k_y) = \sum_{n=0}^{\infty} (-r_0)^n \exp(2ik_z z) \quad (4)$$

Yansımaya katsayısı sayılabilir, deniz yüzeyi mükemmel düzlükte bir yüzey değildir.

### Gerçek Veriye Uygulama

De-Ghost işlemindeki ana fikir uygun De-Ghost operatörlerini uygulayarak kaynak ve alıcının sebep olduğu Ghost etkisini kaldırmaktır.

Farklı saha / alıcı kablo konfigürasyonları ve jeolojik ortama bağlı olarak, De-Ghosting çözümü farklı alanlardaki verilerden türetilir. Bu, FK, Tau-P ve XT- alanları olabilir ya da çok değişken streamer derinliği için, yerel Dip-Xt ortamında çalışan özel bir algoritma kullanılabilir.

Başarılı bir sismik kesit sonucu elde edebilmek için Ghost gecikmesi ve yansımaya katsayıları hesaplanması kayan bir pencere sistemi ile yapılmalıdır. Ortaya çıkabilecek De-Ghost edilmiş bir verinin yanlış veya hatalı bir sonuçlanmasından kaçınmak için kusursuz, temiz bir De-Ghost sinyali olmalıdır. Hesaplamalar en küçük kareler ters çözümü yöntemi ile yapılmalı, optimum De-Ghost hesaplanmalı ve alıcıya gelen statik düzeltmelerden gecikme zamanından yararlanılmalıdır.

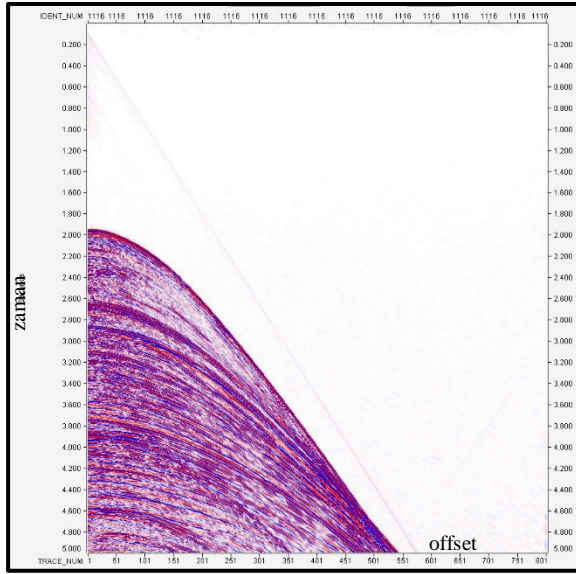
De-Ghost aşaması veri işlemin herhangi bir fazında uygulanabilir, fakat daha çok gürültü eliminasyonundan sonra tercih edilmelidir. Alıcı derinliklerinde küçük değişikliklere sahip veriler için, migrasyon sonrası De-Ghostuda başarılı bir şekilde elde edilebilir. Bu gibi durumlarda, sonuçlar genellikle uygun bir yığma öncesi veya migrasyon öncesi sonuçları ile karşılaştırılabilir.

Bu aşamada veri işlem esnasında Ghost bulundaki veri (Şekil 14) ve De-Ghost uygulanan veri (Şekil 15) gösterilmiştir.

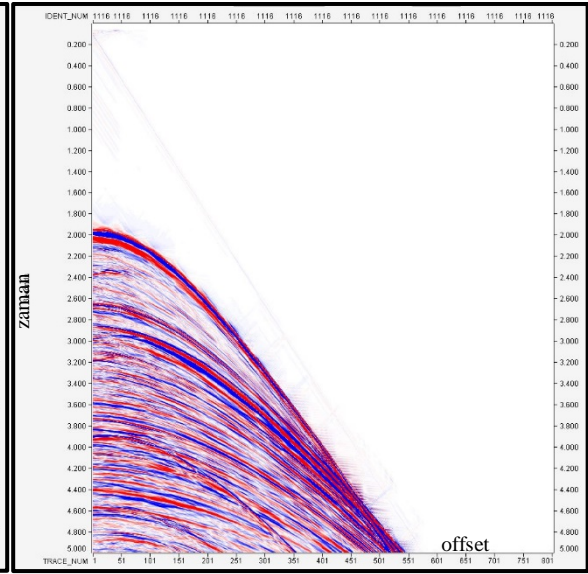
De-Ghosting işlemi zaman ortamında sadece hidrofona için kaynak ya da alıcı kaynaklı Ghostların temizlenmesine katkı sağlar ki bu da spektrumun genişlemesine sebep olur (Şekil 16).

### De-Ghost Parametreleri

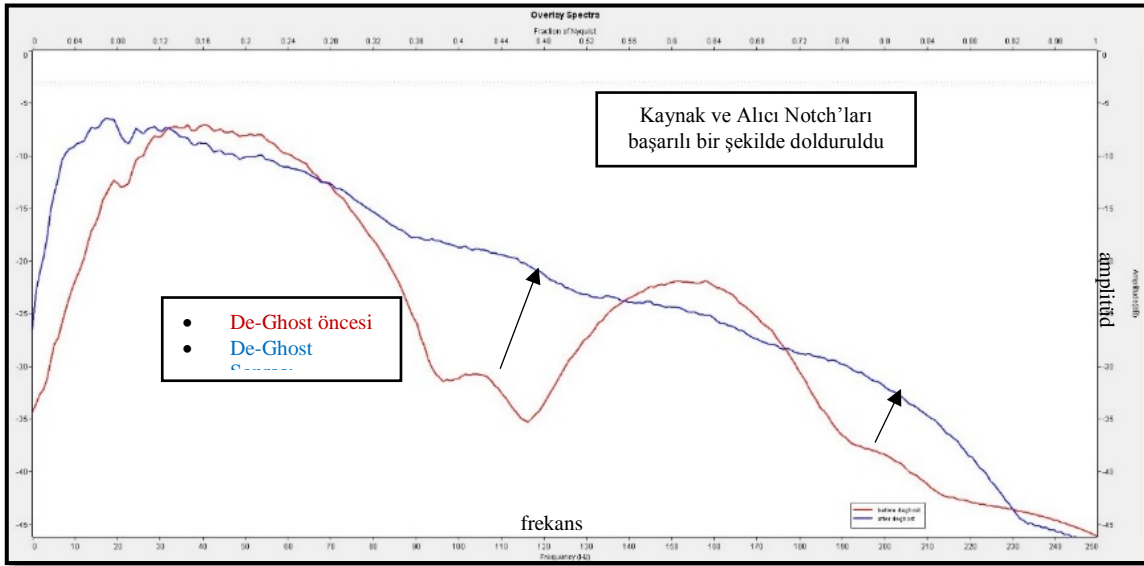
Tau yumuşatma filtresi uzunluğu	:1.0
P yumuşatma filtresi uzunluğu	:10.0
Kabul edilebilir streamer derinlik hatası	:± 2.5 m
Adaptive Ghost modeli iterasyon sayısı	:10
Enerji kaynağı su derinliği	:6 m
Streamer su derinliği	:7 m



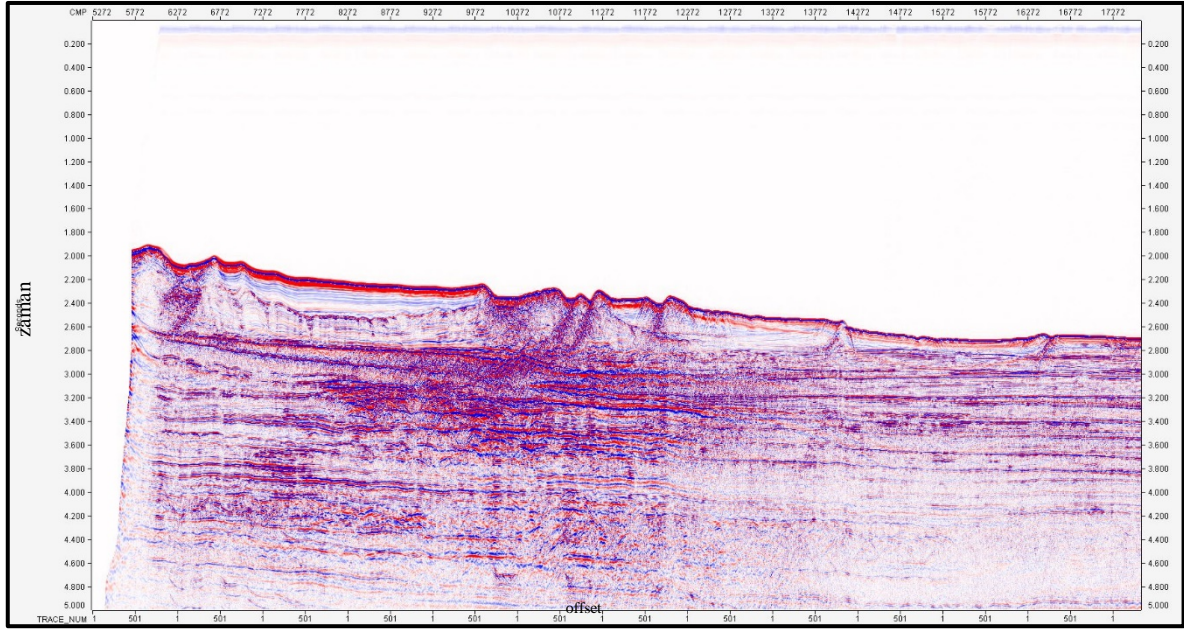
Şekil 14. De-Ghost giriş verisi  
Figure 14. De-Ghost input data



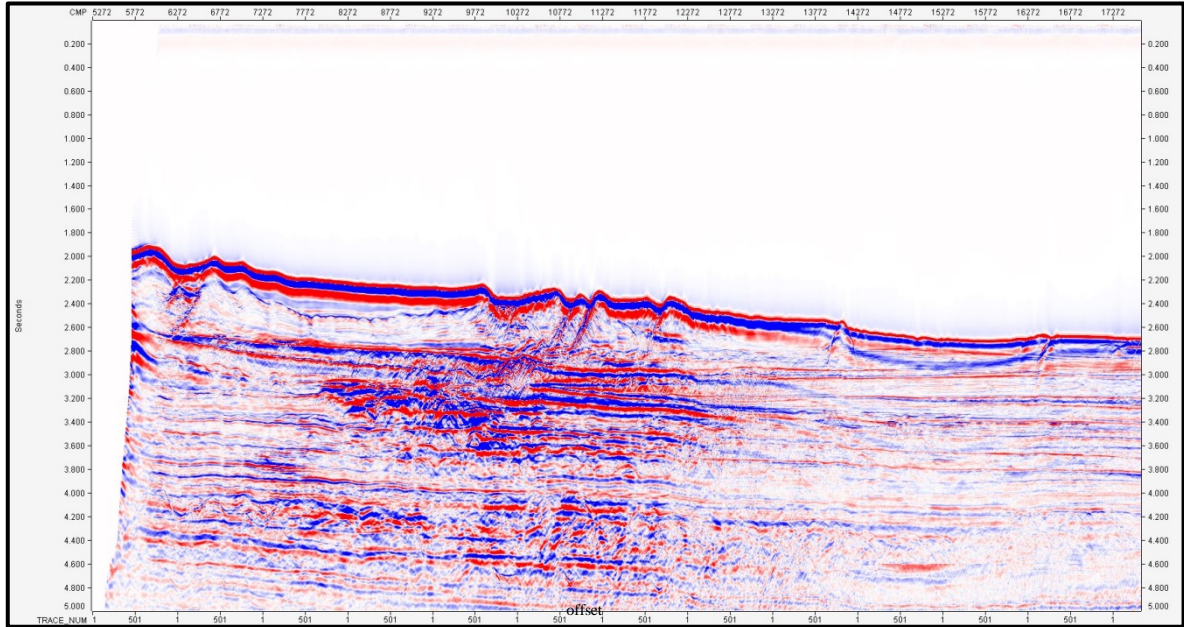
Şekil 15. De-Ghost çıkış verisi  
Figure 15. De-Ghost output data



Şekil 16. De-Ghost uygulaması sonucu frekans spektrum değişimi  
Figure 16. De-Ghost application results in frequency spectrum change



Şekil 17. De-Ghost öncesi yığma kesit  
Figure 17. Pre-stacking section



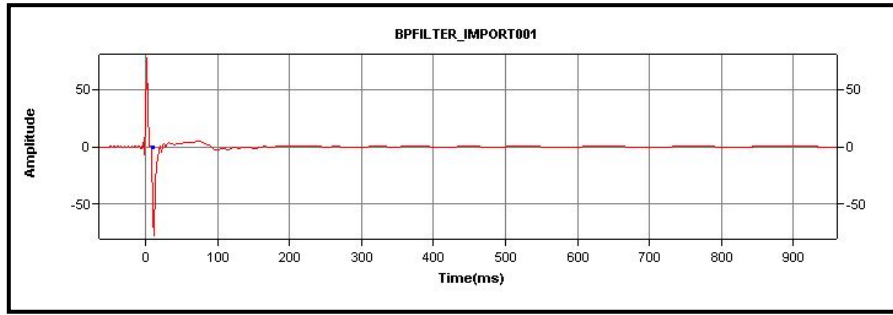
Şekil 18. De-Ghost sonrası yığma kesit  
Figure 18. De-Ghost after stack section

### KAYNAĞIN İKİNCİL ENERJİSİNİN ATILMASI (DEBUBBLE)

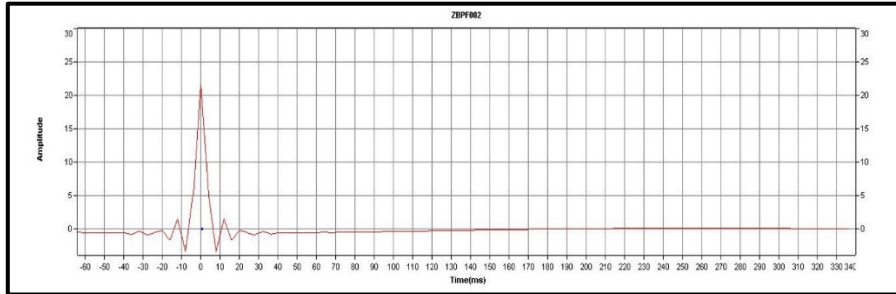
Sismik kayıt yapılırken, tek bir hava tabancası kullanılırsa, hava tabancasının oluşturduğu kabarcık etkisi önemli sorunlara neden olabilir. Atış yapıldığında hava tabancası patlatılır ve içerisinde topladığı yüksek basınçlı hava aniden su içerisine boşaltılır. Bu büyük hava kabarcığının hava basıncı, ilk durumda etrafındaki suyun basıncından büyük olması sebebiyle kabarcık genişlemeye başlar. Bu genişleme sonucu kabarcık en büyük hacmine ulaştığında, kabarcığın içerisindeki hava basıncı çevredeki suyun basıncından daha düşük hale gelir ve çevresindeki yüksek basınç nedeniyle kabarcık

aniden küçülür. Bu küçülme hareketi, su içerisine ikinci bir akustik kaynak gibi sinyal yayar. Ancak bu ikinci sinyal, kabarcığın küçülmesi sırasında oluştuğundan, ilk sinyale göre ters polaritelidir. Daha sonra kabarcık hacminin küçülmesi nedeniyle artan iç basınç sonucu kabarcık tekrar büyümeye başlar ve su içerisinde bir sinyal daha oluşturur. Kabarcığın su içerisindeki bu hareketleri, su yüzeyine çıkana kadar tekrarlar ve her bir genişleme-büzülme yeni bir kaynak gibi davranır. Bu sinyallerden her biri diğerine göre ters polariteli olup genlikleri de gittikçe azalır. Kabarcık etkisi, sismik veride kendisini tekrarlayan birbirine göre ters polariteli sinyaller şeklinde gözlenir. Genliği en büyük olan ilk kabarcığın etkisi final yığma kesitlerinde gözlenebilir. Bazı durumlarda kabarcık etkisi, tekrarlı yansımaları görülecek kadar güçlüdür ve genellikle deniz tabanından bir süre sonra ortaya çıkan ve deniz tabanını taklit eden yalancı yansımalarıdır ve asıl yansımaları keserler. Bunların elimine edilmesi için kestirim dekonvolüsyon kullanılmaktadır ancak kabarcık etkisini veri işlem yöntemleriyle giderebilmek çok zor olması nedeniyle veri toplanması sırasında farklı hacimlerde birden fazla hava tabancası kabarcıklarının ortaya çıkış zamanlarının farklarına dayanan bir sistem kullanılarak kabarcığın sönümlenmesi sağlanır.

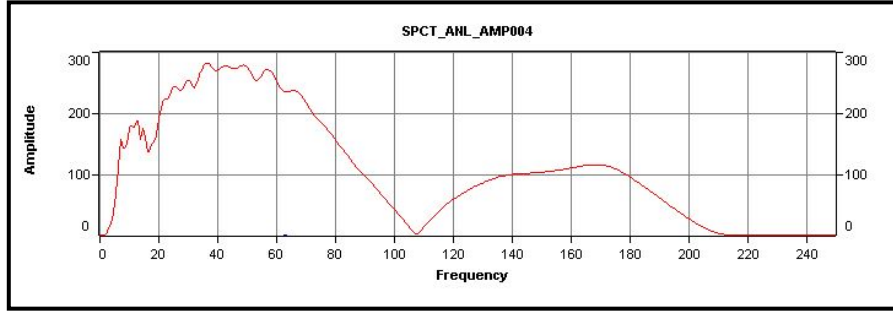
Bu işlem için elimizde bulunan “far field signature” kullanılmıştır. Dalgacıkta bulunan source Ghost silinerek örnekleme aralığı 4 ms yapılmıştır. Sonrasında sıfır faz dalgacığını elde etmek adına dalgacığa ait spike(iğnecik) elde edilmiş ve bunun üzerinde omega yazılımında dönüşüm yaparak dalgacığın sıfır faz eşleniği bulunup veriye uygulanmıştır.



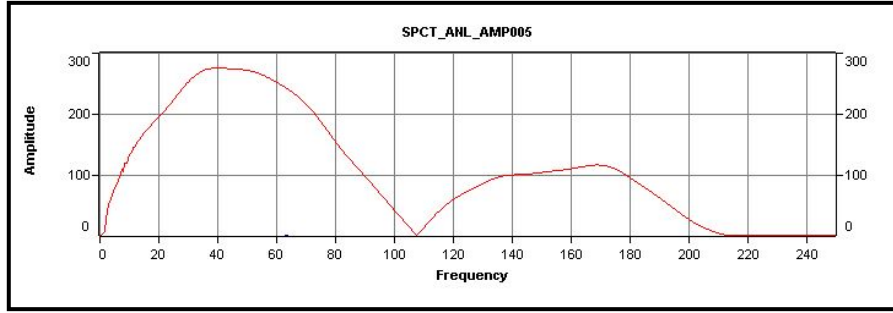
Şekil 19. Kaynak Far Field Signature  
Figure 19. Source Far Field Signature



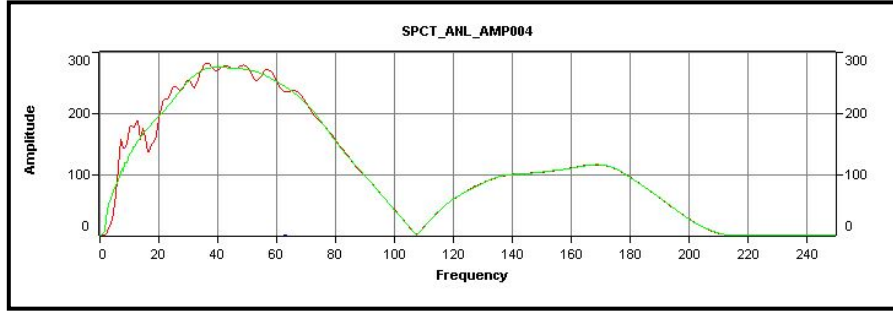
Şekil 20. Düzenlenmiş Kaynak Far Field Signature  
Figure 20. Regularized Source Far Field Signature



Şekil 21. Far Field Signature Spektrum  
Figure 21. Far Field Signature Spectrum



Şekil 22. Düzenlenmiş Far Field Signature Spektrum  
Figure 22. Regularized Far Field Signature Spectrum



Şekil 23. Far Field Signature Üst Üste Çizdirilmiş Hâli  
Figure 23. Far Field Signature Overlayed Display

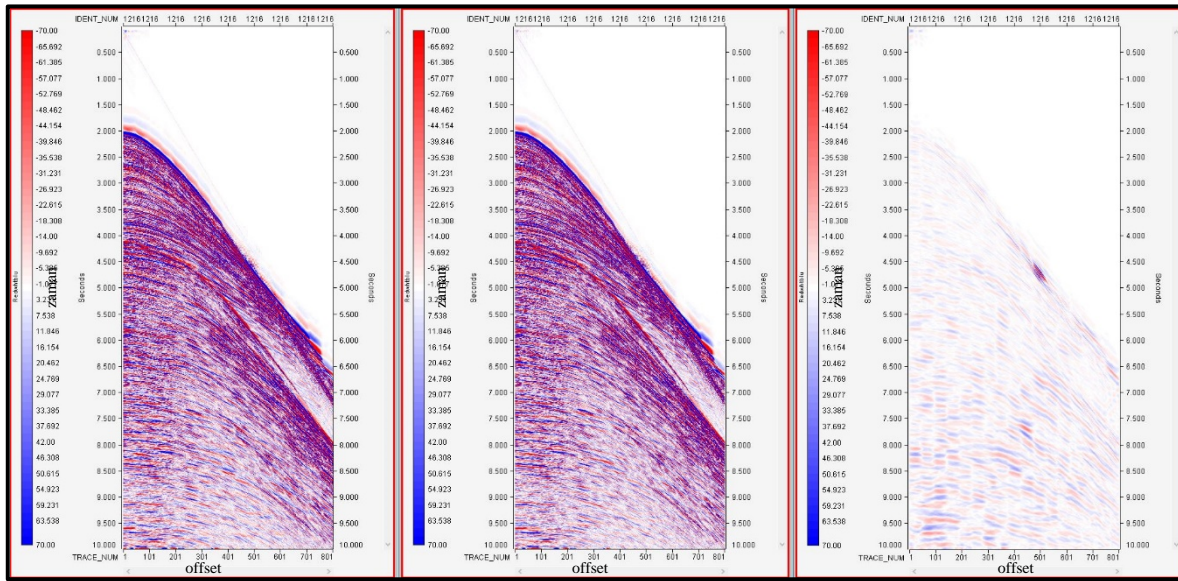
Bu uygulama sonucunda veride kalmış olan bubble etkisinin efektif bir şekilde giderildiği gözlenmiştir.

## SİNYAL KORUMALI GÜRÜLTÜ AZALTMA

Denizde sismik veri toplama esnasında gemi streamer kablosunun çekerken kayıtlarımızın içine çekmeden kaynaklı gürültüler girebilir. Çekilen streamer etrafından akan su nedeniyle titreşime maruz kalır. Bir veya daha fazla sensörleri olan bu kablo titreşimlere her zaman hassastır. En güçlü gürültüler 20 Hz nin altında enine boyuna ve burulma titreşimleridir. Bu gürültüler De-Ghost işlemi sonrası daha belirgin hale gelir.

Bu aşamada Enerji kaynağımızı frekans bandını koruyarak gürültüleri azaltma işlemi yapılmaktadır. Çok fazla dalga gürültüsüne sahip verilerde dalga gürültüsünün atılması işleminin tamamı ile gideremediği gürültünün De-Ghost & Demultiple uygulamasından sonra düşük frekans olarak veride

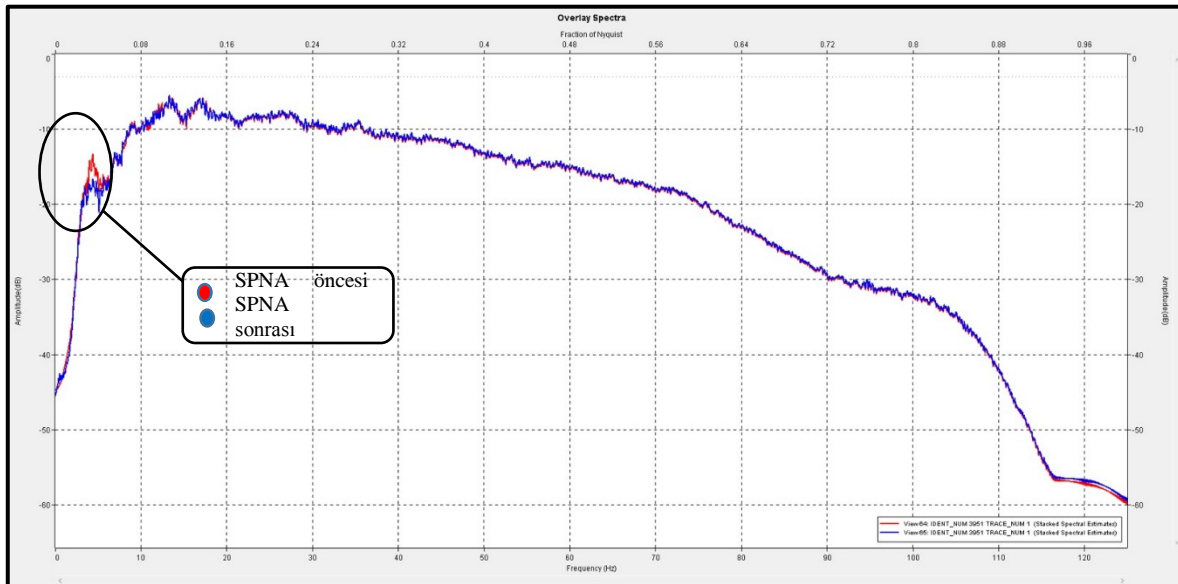
görüldüğü tespit edilmiş (Şekil 24), bu uygulama sonucu gürültünün veriden başarılı bir şekilde temizlendiği görülmüştür (Şekil 25). İşlem öncesi ve sonrası arasındaki fark Şekil 26’da gösterilmiştir.



Şekil 24. SPNA giriş verisi  
Figure 24. SPNA input data

Şekil 25. SPNA çıkış verisi  
Figure 25. SPNA output data

Şekil 26. SPNA giriş-çıkış farkı  
Figure 26. SPNA input-output difference



Şekil 27. SPNA öncesi ve sonrası frekans spektrum değişimi  
Figure 27. SPNA before and after spectral analysis

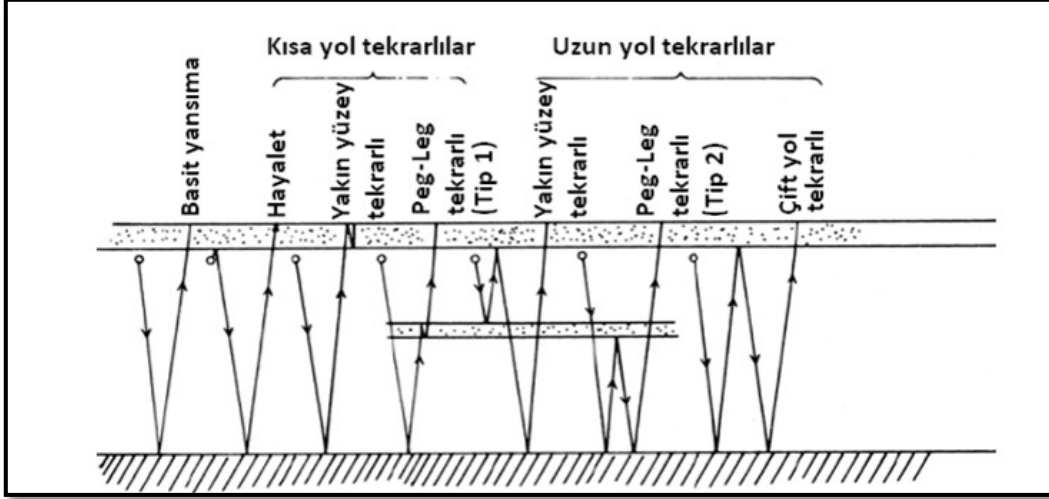
## TEKRARLI YANSIMALAR(REVERBERASYON)

Sismik dalganın aynı yolu birden fazla giderek meydana getirdiği yansımaları “tekrarlı yansıma” denir. Buna göre, bir ara yüzeyden bir defa yansımaya ise “birincil yansıma” denir. Tekrarlı yansımalar hız kontrastının yüksek olduğu ara yüzeyler arasında oluşurlar. Mesela genellikle, deniz yüzeyi ve tabanı arasında oldukça yüksek bir hız kontrastı vardır ve dolayısıyla denizlerde sismik



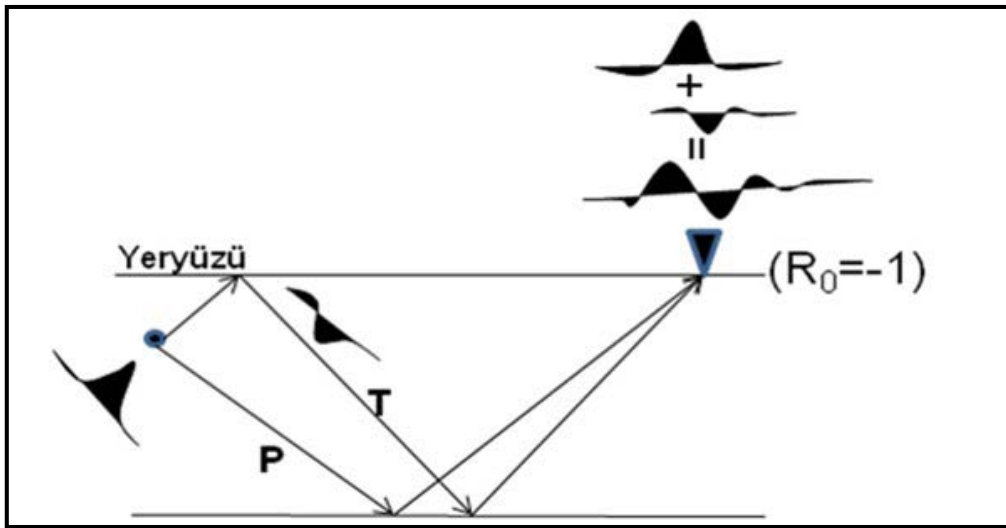
çalışmalarda tekrarlı yansımalar (reverberasyon) çoğunlukla oluşurlar. Şekil 28’de tekrarlı yansımaların türlerini göstermektedir.

Tekrarlı yansımalar her bir yansımada enerjisini kaybettiği için birincil yansımalarından daha düşük genliklere sahiptirler. Diğer yandan sismik kesitlerde birincil yansımaya olayları olarak görülürler ve gürültü olarak değerlendirilirler. Bu nedenle uygun veri işlem teknikleri (mesela, ön kestirimli dekonvolüsyon, f-k süzgeçleri, ve diğ.) ile veriden süzülürler.



Şekil 28. Tekrarlı yansımaların türleri  
Figure 28. Multiple waves types

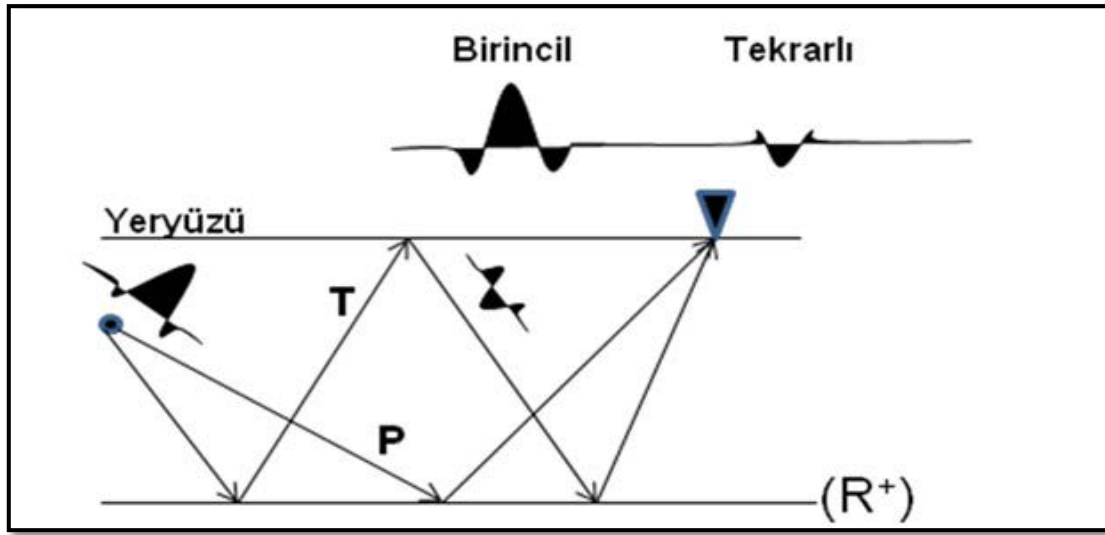
Kısa yollu tekrarlılar birincil yansımaların boyunu genişletir. Şekil 29’de bu durum açıklanmıştır. Kaynağın hem üstünden yüzeyden yansıyan dalga (T) ile birincil yansımaya (P) yüzeydeki alıcıda çok az bir zaman farkı ile kaydedilirler. Genellikle tekrarlı yansımaya dalgacığının polaritesi ters döndüğünden ve hemen birincil yansımının arkasına eklendiğinden kaydedilen yansımaya girişimli olur ve dalga formu kısmen bozulur.



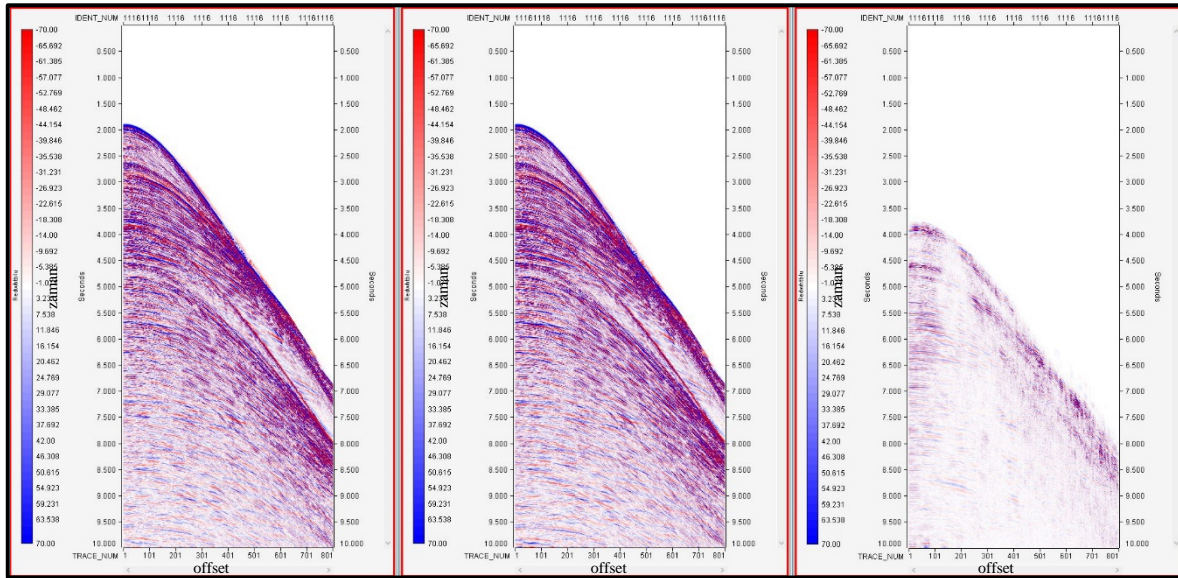
Şekil 29. Birincil yansımalar üzerine kısa yollu tekrarlı yansımalar  
Figure 29. Short multiples on primery waves

Uzun yollu tekrarlılar sismik iz kayıtlarında bir ara yüzeyden birincil yansıma olarak görülürler (Şekil 30). Bazen bunları tanımlamak oldukça zordur. Ancak veri işlem aşamasında sismik izlerin öz ilişkilerinde tekrarlılar periyodik olarak tekrarlamalarından tanınabilirler ve birincil yansıma ait öz ilişki gecikmesinden tekrarlıya olan arasındaki zaman uzaklığı belirlenerek düzenlenecek olan ön kestirimli dekonvolüsyon işlemi sayesinde veriden indirgenirler.

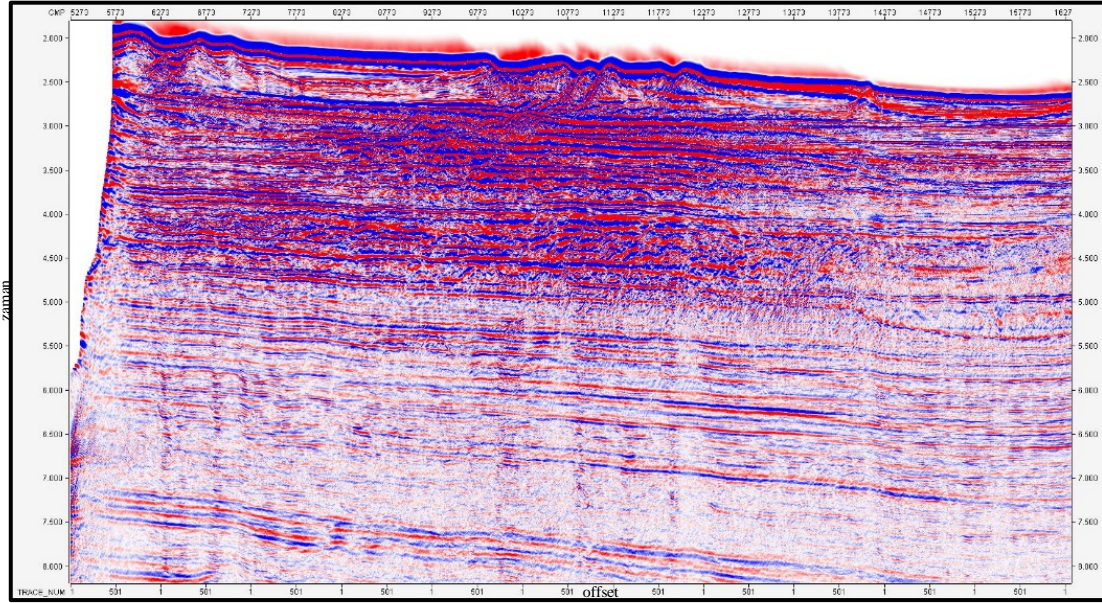
Bu aşamada veri toplanma oluşan tekrarlı yansımalar (Şekil 31) ve temizlendikten sonraki (Şekil 32) ve yapılan işlem sonucundaki fark (Şekil 33) gösterilmiştir.



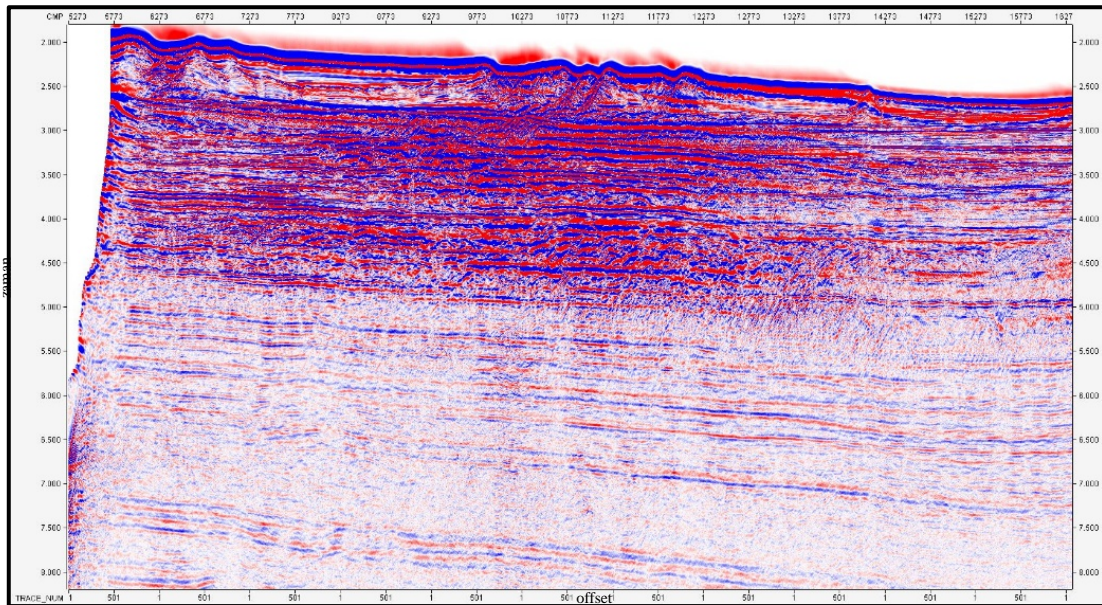
Şekil 30. Birincil yansımalar üzerine uzun yollu tekrarlı yansımalar  
Figure 30. Long multiples on primery waves



Şekil 31. Demultiple giriş verisi Şekil 32. Demultiple çıkış verisi Şekil 33. Demultiple giriş-çıkış  
Figure 31. Demultiple input Figure 32. Demultiple output Figure 33. Demultiple input-output



Şekil 34. Demultiple öncesi yığıma kesit  
Figure 34. Stack before demultiple



Şekil 35. Demultiple sonrası yığıma kesit  
Figure 35. Stack after demultiple

## RADON DÖNÜŞÜMÜ

Radon dönüşümü uygulamalarında, normalde küresel yayılım gösteren dalga alanından oluşan atış grubu, kendisini oluşturan düzlem dalga bileşenlerine ayrılır. Bu işlem, ofset eksenini, ışın parametresi (p) eksenine dönüştürür ve bu işlem sonucunda birçok farklı p değeri için elde edilen izlerin

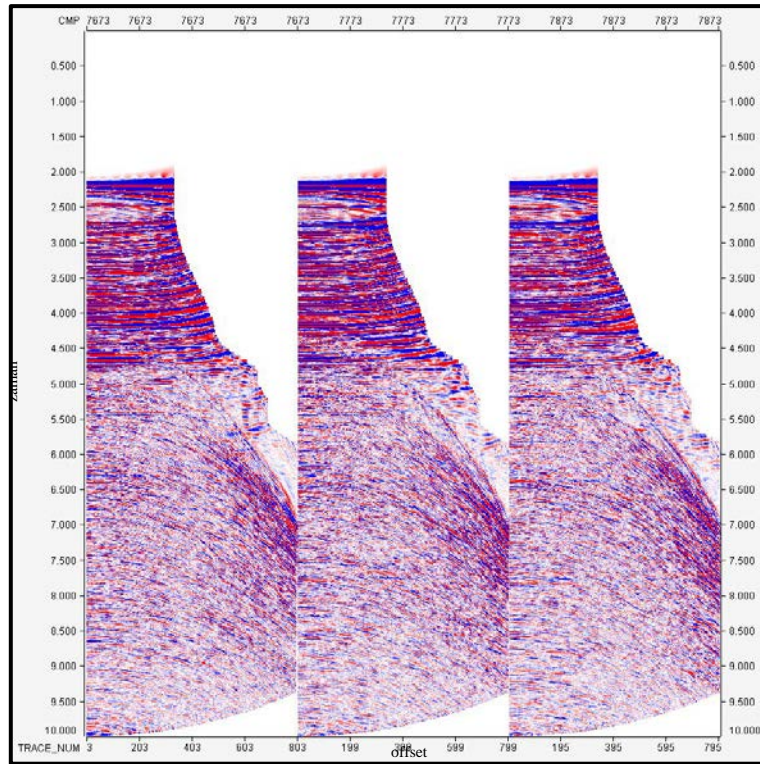
oluşturduğu grup “ $\tau$ -p grubu ( $\tau$ -p gather)” olarak adlandırılır. Bu gruptaki her bir iz, düşeyden belirli bir açıyla yayınan bir düzlem dalgaya karşılık gelir. p değişkeni “ışın parametresi (ray parameter)” olmak üzere, Snell yasasına göre

$$\frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{v_2} = \frac{\sin \theta_3}{v_3} = \dots = p \quad (5)$$

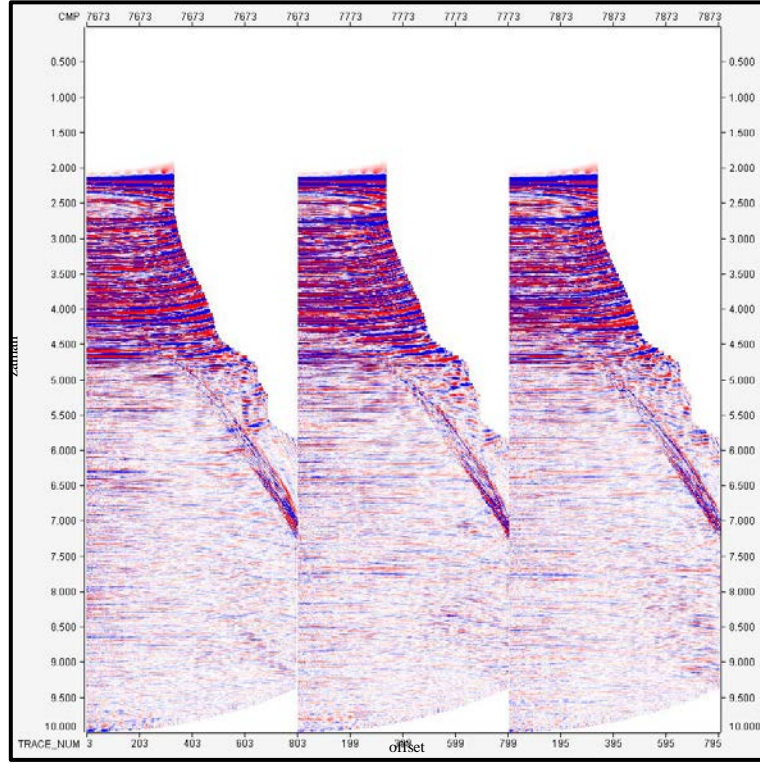
Olup,  $(\sin \theta_1)/v$  parametresi tabakalı ortamlardaki ışın yolu boyunca sabittir. Her ardışık kaynak noktası arasındaki mesafe  $\Delta x$ , düşeyden olan yayınım açısı  $\Theta$  ve ortamın hızı  $V$  olmak üzere, düzlem dalganın oluşturulmasında ardışık atışlar arasındaki zaman farkı

$$\Delta t = \Delta x \left( \frac{\sin \theta}{v} \right) = p \Delta x \quad (6)$$

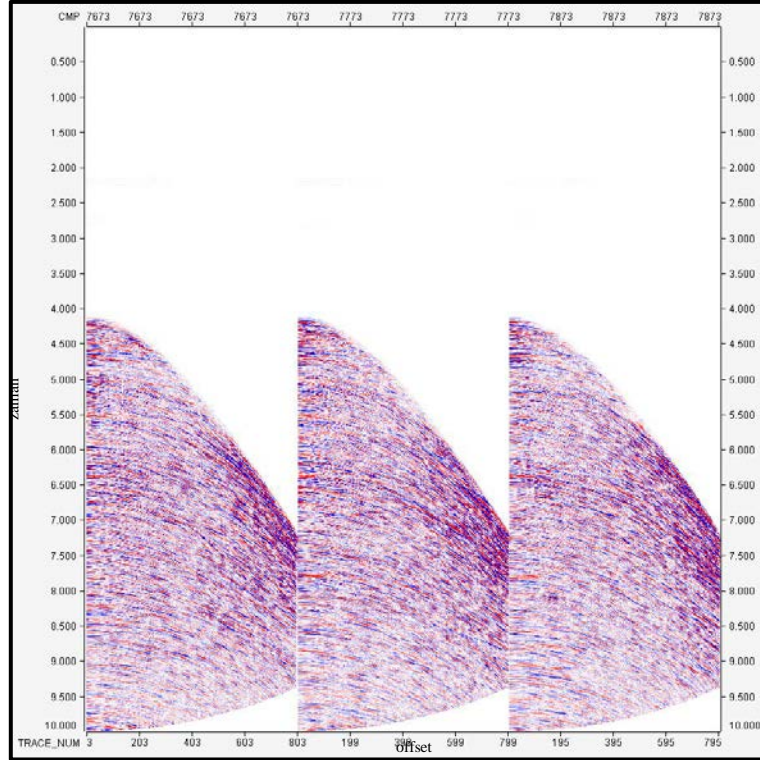
ile verilir. Düzlem dalganın yayınım açısı  $p$  değeri tarafından kontrol edilir.  $p=0$  düşey yayınan bir düzlem dalgaya karşılık gelmektedir. Verilen bir hız modeli ve  $p$  değeri için bir ışın yolu demeti çizilebilir. Böyle bir tabakalı ortamda yayınan düzlem dalgaya “Snell dalgası” adı verilir. (Dondurur, 2009)



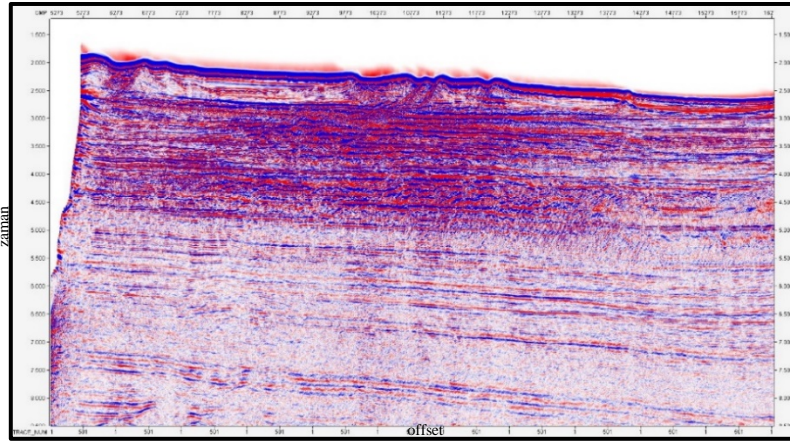
Şekil 36. Radon öncesi CMP verisi  
Figure 36. CMP gather before radon



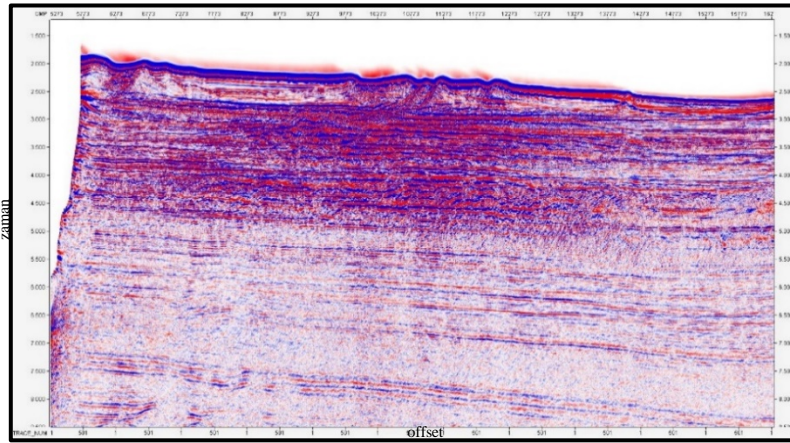
Şekil 37. Radon sonrası CMP verisi  
Figure 37. CMP gather after radon



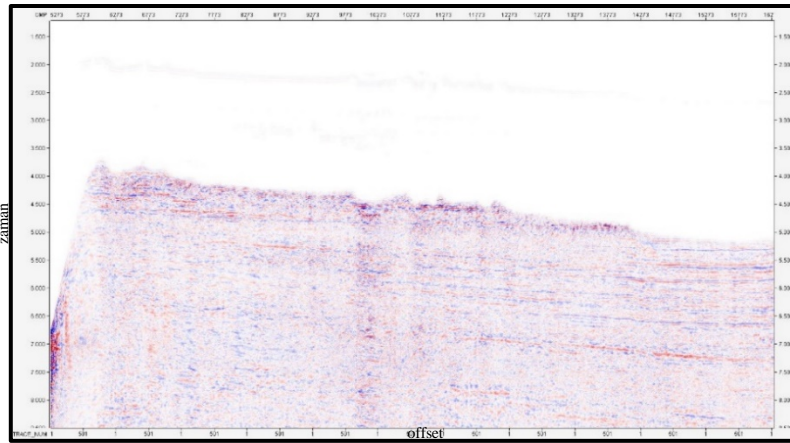
Şekil 38. Radon sonrası giriş-çıkış farkı  
Figure 38. CMP gather input-output difference



Şekil 39. Radon öncesi yığma kesit  
Figure 39. Stack before radon application



Şekil 40. Radon sonrası yığma kesit  
Figure 40. Stack after radon application



Şekil 41. Radon sonrası yığma giriş çıkış farkı  
Figure 41. Stack after radon application input output difference

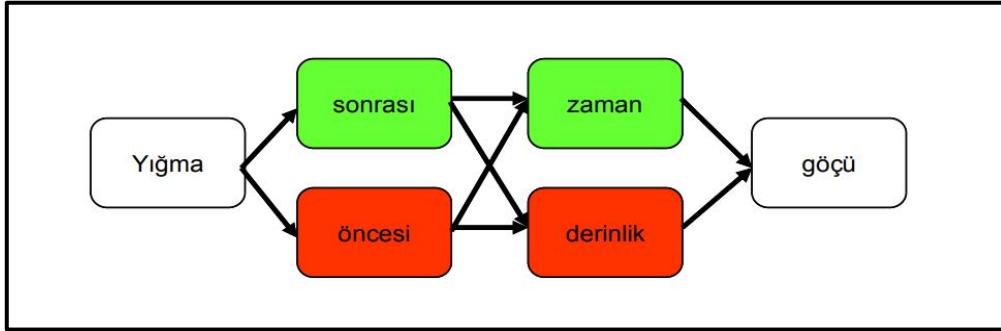
## MİGRASYON

Yer içinde bir noktadan yansıyan ve kayıt edilen sinyalin gerçek yansıdığı noktaya taşıma işlemine “Göç İşlemi(migrasyon)” denir.

Yığma sonrası göç işlemi temelde iki değişik şekilde yapılmaktadır. Birinci yol yerin içinde yarım daire şeklinde bir tabaka olduğu kabul edilir. Yani sıfır açılımda kayıt edilen bütün sinyaller, yerin içindeki yarım daire şeklinde bulunan tabakadan yansıyarak kayıt edildiği düşünülür. Diğer bir deyişle, sıfır açılımda kayıt edilen sinyaller yer içindeki yarım dairenin yüzeyinin herhangi bir noktasından yansıyabilir. Dolayısıyla elde edilen sıfır açılımlı sismik kesitlere göç işlemi uygulanarak, gerçek yansıdığı noktaya taşınacaktır. Fakat yarım dairenin hangi noktasından yansıdığı bilinmediği için veri tüm yarım daire yüzeyine taşınır. İkincisi ise, yeraltındaki tabakaların birden çok noktaların birleşmesinden meydana geldiği düşünülmektedir. Örneğin yerin içinde nokta şeklinde bir yansıtıcı yüzey olsun, böyle bir durumda sıfır açılımlı sismik kesitte bu yüzey bir saçılma hiperbolü şeklinde görülecektir. Bu hiperbolün tepe noktası, nokta şeklindeki yansıtıcın tam üzeri olacaktır. Dolayısıyla göç işleminde bu hiperbol boyunca genlikler toplanarak hiperbolün tepe noktasına taşınmaktadır.

Göç işleminin amacı:

- Saçılmaların ortadan kaldırılması,
- Eğimli tabakanın gerçek eğimini ve yerinin bulunması,
- Ayrımlılığın artırılması,
- Tabakanın yeraltındaki gerçek görüntüsünün elde edilmesidir.

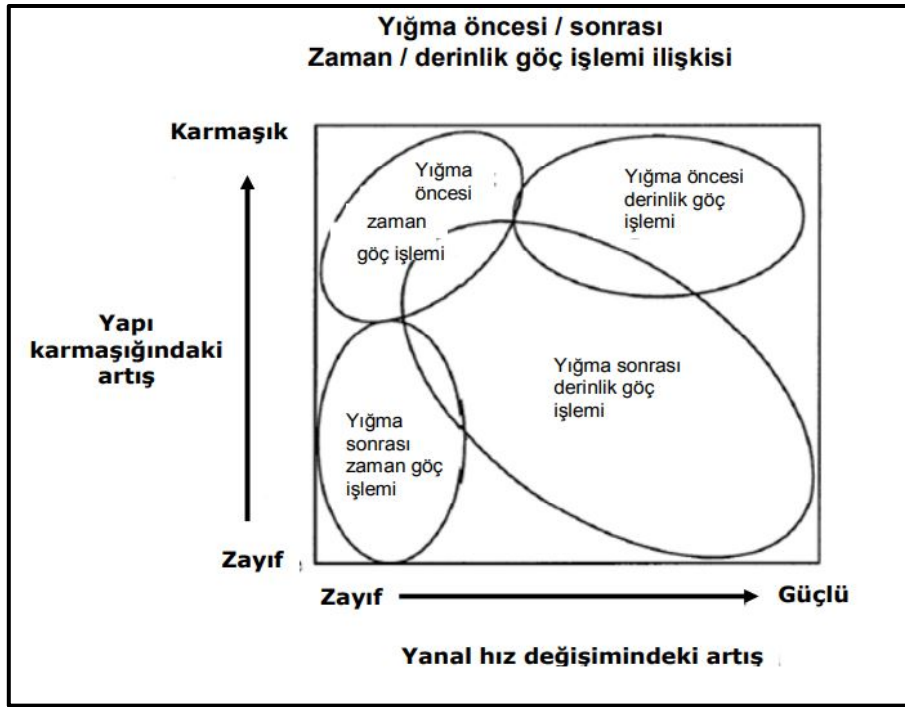


Şekil 42. Yığma kesit sonrası migrasyon tipleri

Figure 42. Migration type after stack

Göç işlemlerinin dört değişik tipi vardır. Bunlar Şekil 42’de gösterilmiştir

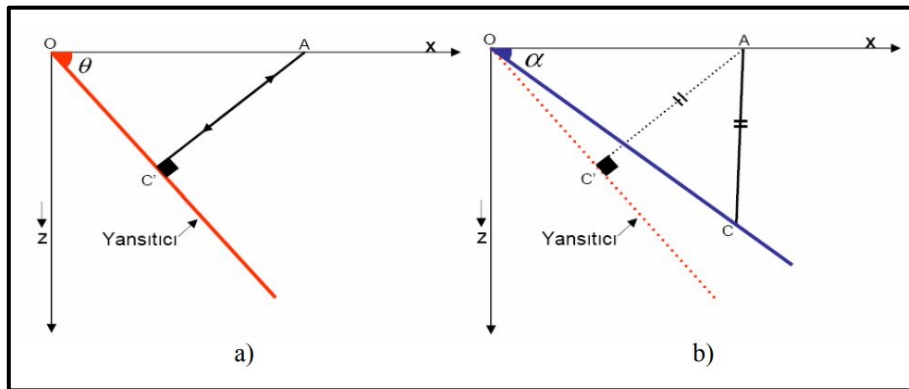
- a) Yığma sonrası zaman göç işlemi,
- b) Yığma sonrası derinlik göç işlemi,
- c) Yığma öncesi zaman göç işlemi,
- d) Yığma öncesi derinlik göç işlemidir.



**Şekil 43.** Göç işlemleri tiplerinin karşılaştırılması  
**Figure 43.** Comparison of migration types

Şekil 43’de ise göç işlemi tiplerinin karşılaştırılması görülmektedir. Şekil incelendiğinde yapı karmaşığındaki artışa ve yanal hız değişimine göre bu göç işlemlerinden biri seçilmelidir. Yanal hız değişimi ve yapı karmaşıklığı zayıf ise yığma sonrası zaman göç işlemi tercih edilebilir. Çünkü en ucuz yöntemdir. Diğer taraftan yanal hız değişimi fazla ve yapı karmaşıklığı da fazla ise yığma öncesi derinlik göç işlemi tercih edilmelidir. Bu yöntem ise en pahalı yöntemdir.

Göç işlemi anlatılabilmek için, gerçek yerici modeli ile sismik kesitteki görünüşleri incelenmelidir (Şekil 44).



**Şekil 44.** a) Eğimli bir ortamda sıfır açılım için ışın yolu, b) Eğimli tabakalı bir ortamda yansıyan ışının sıfır açılımlı görünüşü

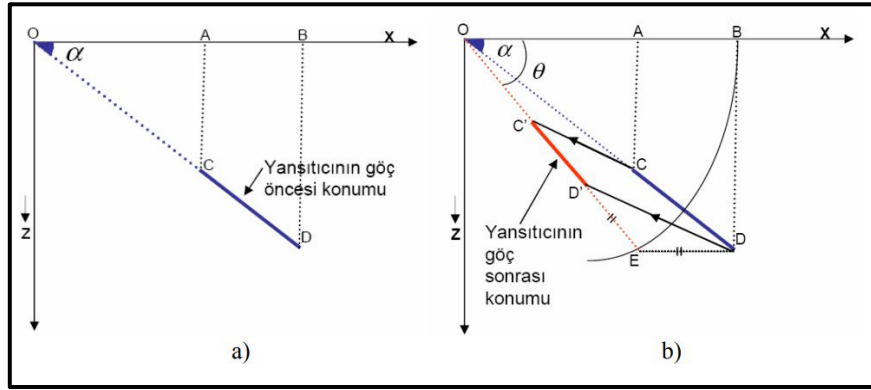
**Figure 44.** a) Zero offset wave path in slope domain b) Zero offset reflected wave path in slope layer domain

Şekil 44 a,b’ de model ve sismik kesit sunulmuştur. A noktasındaki kaynak-alıcı C’ noktasından gelen sinyali kayıt eder. Sismik kesitte ise A noktasında kayıt edilen sinyal, C noktasında görülecektir. Göç



işlemi  $C$  noktasındaki sinyali  $C'$  noktasına taşıyacaktır. Şekilden de kolayca görülebileceği gibi, yer modelindeki tabaka açısının sinüsü, sismik kesitteki gözlenen tabaka açısının tanjantına eşittir.

Bu bilgilerin ışığı altında, eğimli bir yansıtıcı parçasının göç işlemi için, grafiksel bir yöntemle nasıl yapılacağı Şekil 45 ile anlatılmıştır.



Şekil 45. a) Eğimli tabakanın göç öncesi görünüşü, b) Eğimli tabakanın göç sonrası görünüşü  
Figure 45. a) Slope layer before migration , b) Slope layer after migration

Bu şekilde  $CD$  doğrusu uzatılarak önce  $O$  noktası bulunur. Daha sonra  $O$  merkez,  $OB$  yarıçap olacak şekilde bir çember çizilir.  $D$  noktasından geçen ve  $OB$  'ye paralel bir doğrunun çember yayını kestiği  $E$  noktası belirlenir.  $O$  ve  $E$  noktalarından geçen doğru göç işlemi sonrası açığı belirler.  $C$  parçası  $D$  göç işlemi sonucunda bu doğru üzerinde yer alacaktır.  $DE$  ye eşit olacak şekilde  $E D'$  belirlenir. Aynı işlem  $C$  noktası için de tekrarlanarak  $C'$  bulunur.  $C$  do  $D$  doğru parçası böylece  $C' D'$  'ne taşınmış (göç) olur. (Gürel, 2007)

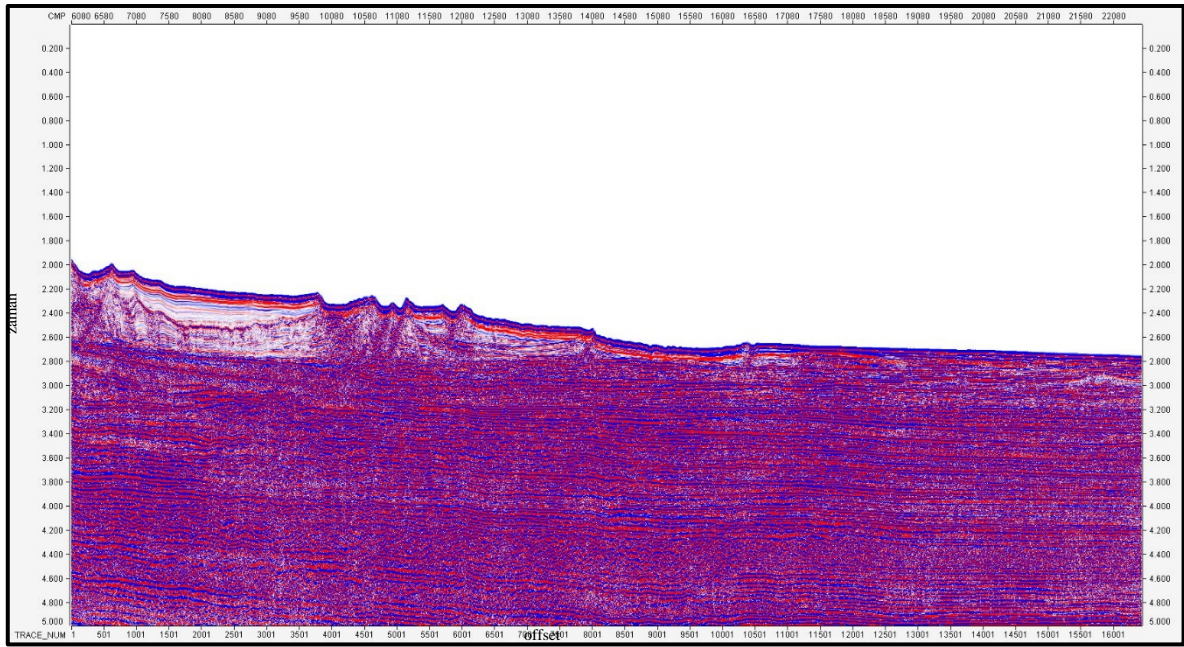
### Migrasyon uygulaması

Bu çalışmamızda veri işlem uygulamaları sonunda son aşama olan migrasyonda Yığma öncesi Kirchhoff Zaman Migrasyon yöntemi kullanılmıştır.

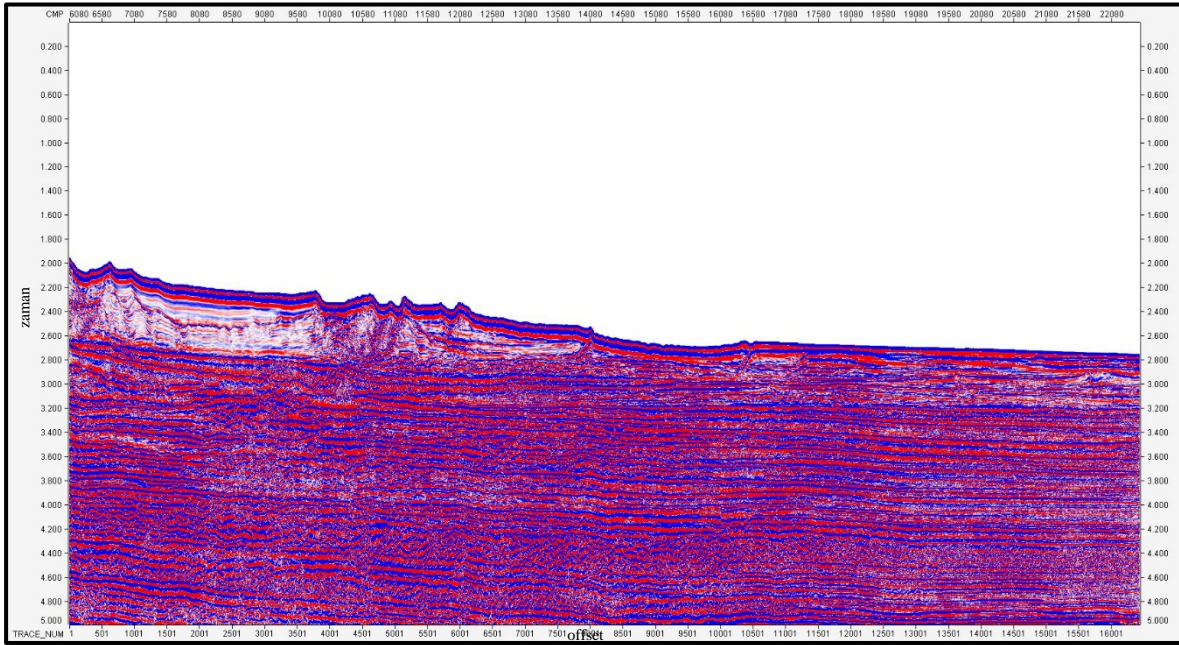
Uygulamada kullanılan Migrasyon parametreleri;

- Migrasyon algoritması :Kirchhoff Pre Stack Time Migration
- Yakın offset :100m
- Uzak offset :10050m
- Q soğurma değeri :210
- Uzak açılım(aperture radius) :5000 m
- Dip filtre :65 derece
- Örnekleme aralığı :4 ms

Aşağıda migrasyon sonucunda elimizde bulunun sismik kesitlerden birisinde De-Ghost uygulanmış (Şekil 47) diğesinde De-Ghost uygulanmamıştır (Şekil 46).



**Şekil 46.** De-Ghost uygulanmamış migrasyon sonucu  
**Figure 46.** Non-De-Ghost applied migration result



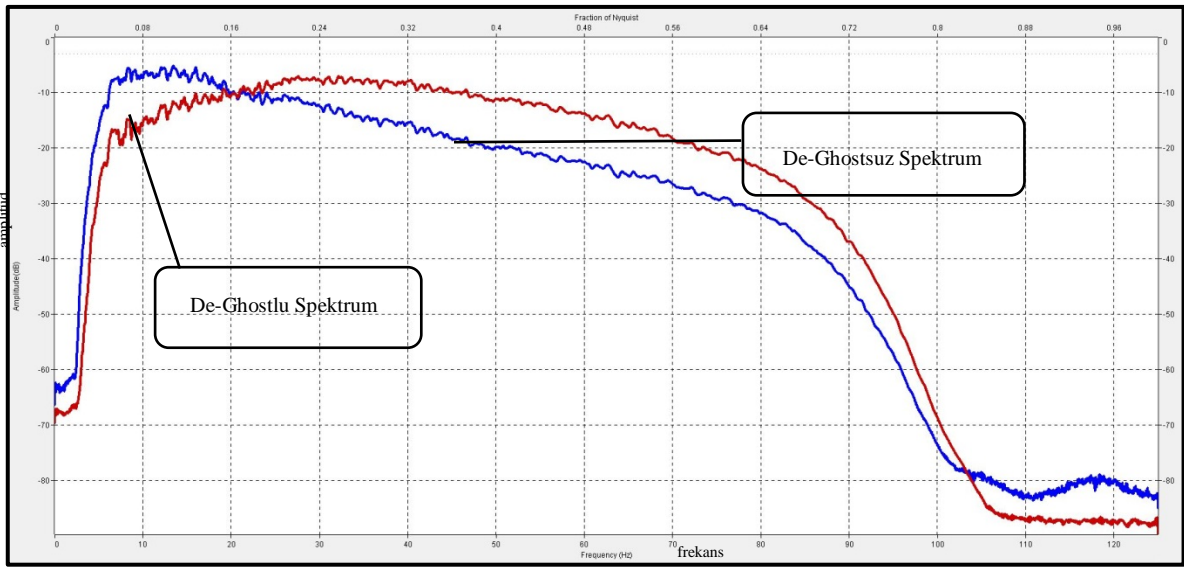
**Şekil 47.** De-Ghost uygulanmış migrasyon sonucu  
**Figure 47.** De-Ghost applied migration result

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda, keşif odağı özellikle sınırlar ve az araştırılmış alanlarda stratigrafik ve daha derin katmanlara kaymış ve geniş bant sismik verilere olan talep de buna göre artmıştır. Geleneksel denizde veri toplama, deniz yüzeyinden gelen yansımalar, hem kaynak hem de alıcı kablo derinlikleriyle doğrudan ilişkili olduğundan kaydedilen verinin sismik frekanslarını ve bant genişliğini güçlü bir şekilde etkileyebilir.

Geleneksel process yöntemleri sadece ilk hayalet çentiğinin altındaki frekanslarda iyi çalışır. De-Ghost işleminin ardından migrasyon aşamasında uygun ters-Q filtrelemenin ön-istif uygulaması, bu sınırlamayı kaldırabilir ve daha geniş ve dengeli bir spektrum oluşturmak için kayıp bant genişliğini geri getirebilir, böylece sismik bölümün çözünürlüğünü ve yorumlanabilirliğini geliştirir.

Şekil 48’ de spektral analiz grafiğinde De-Ghost uygulanmış ve uygulanmamış verinin amplitüd-frekans grafiği görünmektedir. Bu grafiğe göre De-Ghost sonucunda düşük frekanslı verilerin ayrımlılığı artırılmış ve yüksek frekanslı yorumda bizi yanıltabilecek verinin baskısı azaltılmıştır.



**Şekil 48.** De-Ghostlu ve Deghostsuz migrasyon sonucu 2 verinin frekans spektrumunun üst üste çizdirilmiş hâli

**Figure 48.** Degost and non-De-Ghost applied migration result frequency spektrum overlaid

Geniş bant veri işleme, son birkaç yıldır gündemin en üst sıralarında bir konu olmuştur. Bu çalışma göstermektedir ki, gelişmiş çözünürlük ve bant genişliği ile birlikte, sismik olayların daha güçlü bir şekilde ayrımcılığa uğramasının yanı sıra, esas olarak artan düşük frekanslı içerikten kaynaklanan daha derin hedeflerin daha net görüntülenmesi sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

Amundsen, L. (1993). Geophysics. Society of Exploration Geophysicists.

Dondurur, D. (2009). Deniz Sismiğinde Veri İşlem. TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI.

Gürel, O. (2007). İntegral(Kirchoff) Göçünde Doğru Genlikli İşlecin Belirlenmesi. Ankara: Ankara üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.

Willis, A., Poche, S., Degel, T., & Clarke, R. (2015, 04 11). Processing-based broadband enhances image quality in frontier areas. www.offshore-mag.com: <https://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-75/issue-11/geology-geophysics/processing-based-broadband-enhances-image-quality-in-frontier-areas.html> adresinden alınmıştır