

Araştırma Makalesi

DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALARIN GİDERİLMESİNİN SİSMİK İMAJA ETKİSİ

The Effect of Removal of Ghost Reflections on Seismic Data in Marine Seismic

Mustafa Kemal ÇANAKÇI¹

ÖZ

Hayalet yansımalar her deniz sismik veri setinde bulunmaktadır. Yaptığımız veri işlem aşamasında amacımız, deniz yüzeyinden -1 yansıma katsayısı ile aşağıya geri yansıması sonucu kaynak (airgun) ve alıcı (streamer) pozisyonları boyunca hayalet yansımaların etkisinin giderilmesi işlemidir. Hayalet yansımalar kaynak (airgun) ve alıcı (streamer) derinliklerine bağlı olarak, farklı frekanslarda sismik veride bulunabilmektedir. Bu durum sismik veride yorumu etkileyeceğinden dolayı hayalet yansımaların giderilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada amacımız Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığının toplamış olduğu deniz sismiği verisinde tüm veri işlem aşamaları tamamlanmış olup aynı sismik veri setinde hayalet yansımalar giderilip migrasyon uygulanmıştır. Aynı veri seti daha sonra hayalet yansımalar sismik veriden giderilmeden tekrar migrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak hayalet yansımalar giderildikten sonra migrasyon işlemine tabi tutulan sismik veri ile hayalet yansımalar giderilmeyen sismik verinin migrasyon sonuçları karşılaştırılmış olup veri üzerindeki imaja ve sismik yorumu olan etkileri incelenmiştir.

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

ABSTRACT

Ghost reflections can be seen in every marine seismic data set. In the data processing stage, our aim is removing Ghost reflections along both source (airgun) and receiver (streamer) positions as a result of almost total back reflections of seismic waves from the sea surface with a reflection coefficient of minus one (-1). Also, Ghost reflections are encountered in seismic data set at different frequencies depending on the depth of both source (airgun) and receiver (streamer). Since this situation may affect interpretation of seismic data in a negative way, Ghost reflections should be eliminated from seismic data set. More specifically, in this thesis, seismic data set, which is collected by Turkish Petroleum Company, have been analyzed in all processing stages, also in the same seismic data set, all Ghost reflections were discarded, and migration has been carried out. Furthermore, all the processing steps were done for the same seismic data set without removing Ghost reflections. As a consequence, the seismic data, in which migration processes were performed after removal of Ghost reflections as described above, were compared in all aspects with the one, in which no elimination processes of Ghost reflections were applied. In the light of this comparison, the effects of these undesirable Ghost reflections on both image and interpretation of seismic data set have been investigated.

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

GİRİŞ

Deniz sismik yansıma çalışmaları veri hakkında yorum yapılabilmesi için temel olan 2 aşamadan oluşur. İlk aşama, çalışma sahasında verilerin sahada yapılan testler neticesinde belirlenen parametreler ile ilgilenilen yapıya uygun olarak toplandığı veri toplama aşamasıdır. İkinci aşama ise toplanan sismik verilerin yer altındaki model ile uyumlu bir hale dönüştürülebilmesi için birçok veri işlem basamaklarından geçtiği aşamadır. Veri setine uygun bir veri işlem aşamalarından geçirilen ve çok sayıda matematiksel işlem barındıran, birçok yazılım programları tarafından istenilen matematiksel işlemlerin bütünüünün uygulandığı ikinci aşama ise “sismik veri işlem” olarak

¹ Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Daire Başkanlığı, Veri İşlem Müdürlüğü, Ankara.

*İlgili yazar / Corresponding author: mcanakci@tp.gov.tr

Gönderim Tarihi: 20.11.2018

Kabul Tarihi: 22.12.2018

adlandırılır.

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)

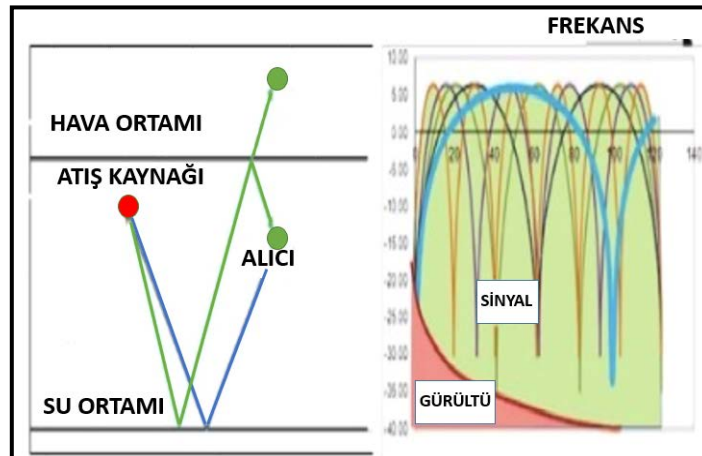
Sismik veri işlem yapılmadan önce toplanan verinin ne tür karaktere sahip olduğunu bilmek gerekmektedir. Özellikle verinin tüm özelliklerini incelemek yani veri üzerinde gözlenen bütün sinyal ve gürültülerin belirlenmesi uygun bir veri işlem adımlarının ve veri işlem parametrelerinin seçilebilmesi için oldukça önemlidir. Genellikle birçok durumda yok edilmeye çalışılan gürültüler, veri toplama işleminin doğasından meydana gelen birtakım olaylar sonucu ortaya çıkar. Örneğin tekrarlı yansımalarından kaynaklanan gürültüler, hayalet yansımaları (Ghost reflections).

Bu tez çalışmasında kullanılan veriler üzerinde gerçekleştirilen veri işlem adımları verilere en uygun olabilecek kriterler göz önünde bulundurularak belirlenmiş ve uygulanmıştır. Veri işlem adımları sırasında parametreler, veri toplama aşamasındaki parametrelere ve verilerin özelliklerine uygun olarak seçilmiştir. Bu anlamda veri işlem aşamaları başarıyla verilere uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada öncelikle Karadeniz bölgesinde Türkiye Petrolleri A.O. tarafından toplanan çok kanallı deniz sismiği yansıma verilerinin, hayalet yansımalarından (Ghost reflections) arındırılması ve migrasyon sonuçlarının yorumlanması gerçekleştirilmiştir.

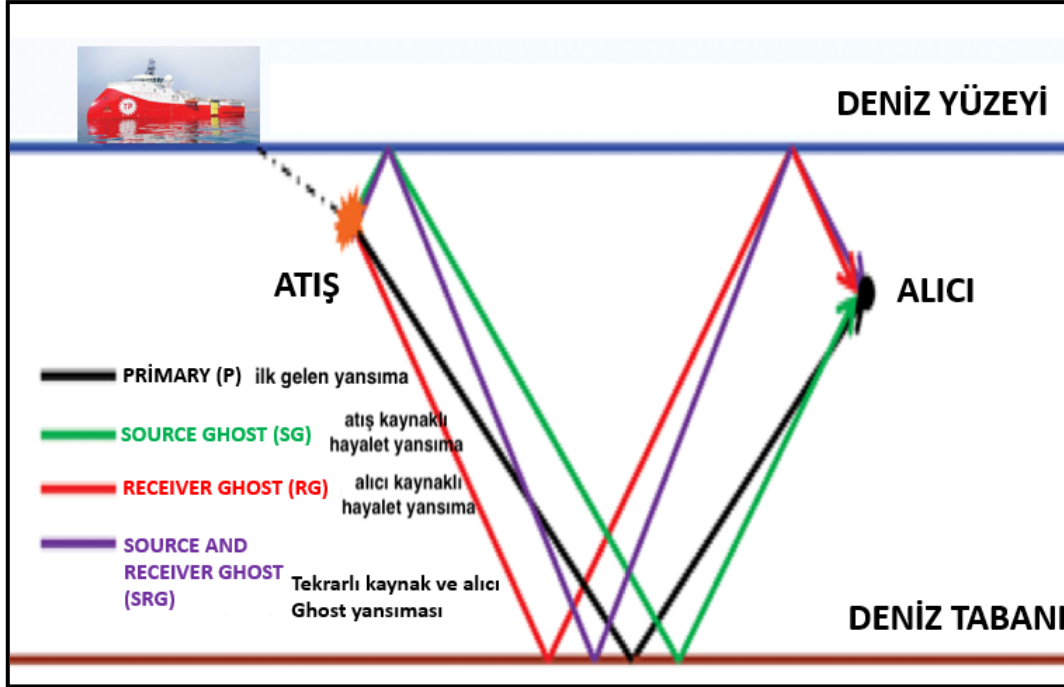
DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALAR VE TEORİSİ

Deniz sismiğinde her veri setinde hayalet yansımalar (Ghost reflections) bulunmaktadır. Bu hayalet yansımalar (Ghost reflections) sismik verinin yorumuna direk etki eden yıkıcı girişimlerdir. Sürekli olarak duyduğumuz bu hayalet yansımalar sismik verinin frekans spektrumu ile doğrudan ilişkilidir. Yukarı ve aşağı yönlü hayalet yansımaların (Ghost reflections) enerjilerinin girişimi sismik verinin frekans spektrumunda hayalet çentiklerine (Ghost iğneciklerine) sebep olur. (Şekil 1)



Şekil 1. Hayalet yansıma enerji dalgaları ve frekans spektrumu
Figure 1. Ghost reflections waves and frequency spectrum

Deniz yüzeyindeki yansımalar sonucunda oluşan, gecikmiş ve görünümü net olmayan olaylara hayalet yansımalar denir. Bu hayalet yansımalar deniz sismik verilerinde sıkça rastlanan bir durumdur. Kaynak hayaletleri (source Ghosting) kaynaktan yukarı giden sismik enerji dalgalarının ilk olarak deniz yüzeyinden yansıyor daha sonra deniz tabanından yansıyor alıcıya (receiver) gelmesi sonucu oluşmaktadır. Bir diğer hayalet yansıması olan alıcı hayalet yansımaları (receiver Ghosting) deniz tabanından yukarı gelen sismik enerji dalgalarının deniz yüzeyinde aşağı yönlü yansıması sonucu oluşmaktadır. (Şekil 2)



Şekil 2. Deniz altı hayalet dalga (Ghost reflections) yansımaları görüntüleri
Figure 2. Ghost reflections in marine seismic

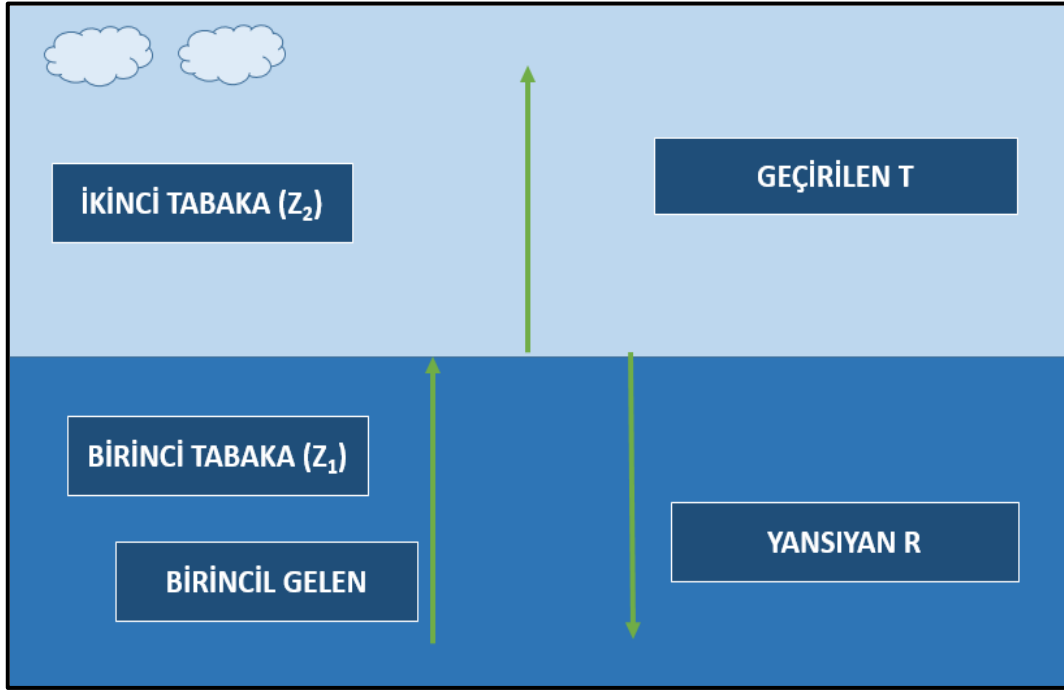
Temel basınç-dalga teorisi hayalet yansımalarının (Ghost reflections) giderilmesinde kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda herhangi bir ortamda hareket eden bir dalganın empedansı (Z) hareket edilen ortamın yoğunluğu (ρ) ile dalganın o ortamdaki hızının (V) çarpımıdır.

$$Z_i = \rho_i \times V_i = (\text{yoğunluk}) \times (\text{dalga hızı}) \quad (1)$$

Dalgaların taşımış oldukları enerjinin bir kısmı yayılma gösterdikleri ortamlar değişim gösterdiğinde yeni akustik ortama geçiş yapamayarak geri yansır. Bu durum dalgaların karada ve deniz ortamında farklı davranışlar sergilenmesine neden olmaktadır. Bu durumu temel basınç teorisi ile açıklayacak olursak durumu şu şekilde özetleyebiliriz; kara ortamında, kayaç değişimin gerçekleştiği bölgelerde geri yansımaları aşağıdaki formül yoluyla hesaplanmaktadır.

$$\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2)$$

Burada R: Geri yansımaları oranı (Reflected Wave Amplitude Coefficient), Z_2 ve Z_1 : Bölgelerin empedans değerini temsil etmektedir.



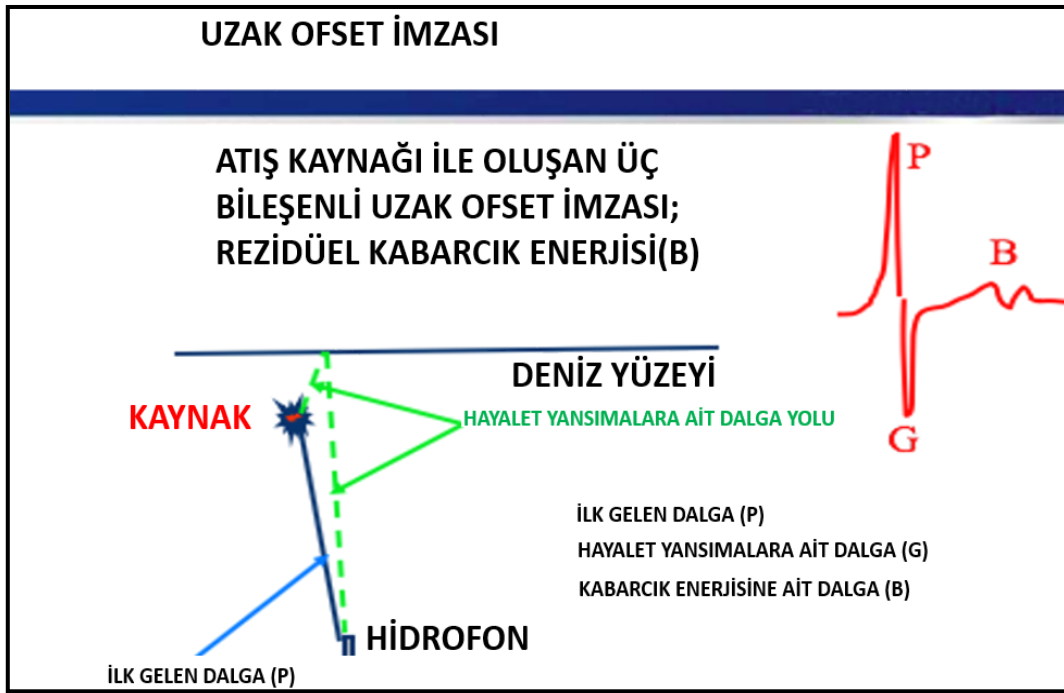
Şekil 3. Deniz ortamında sismik dalganın davranışı
Figure 3. Behavior of seismic waves in marine conditions

Havaya ve suya ait tipik yoğunluk ve dalgaya ait hız değerleri düşünüldüğünde, dalga yansıma oranı elde edilmektedir. (Şekil 3)

- Su yoğunluğu (ρ_w) = 1000 kg/m³
- P dalgasının sudaki yayılma hızı (V_p) = 1500 m/s
- Su ortamına ait empedans değeri (Z_w) = $1,5 \times 10^6$ kg/(m² × s)
- Hava yoğunluğu (ρ_w) = 1,293 kg/m³
- P dalgasının havadaki yayılma hızı = 340 m/s
- Hava ortamına ait empedans değeri (Z_A) = 439,62 kg/(m² × s)

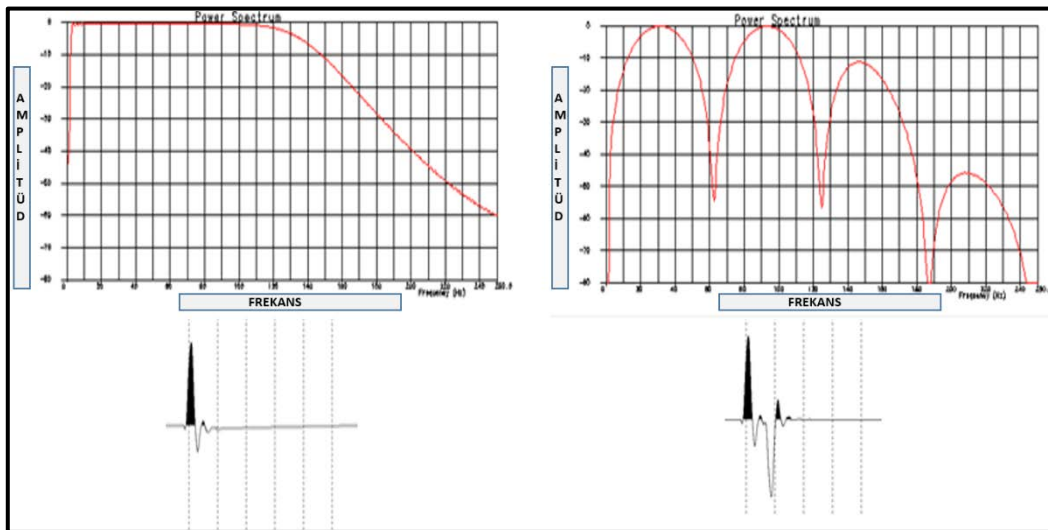
$$\zeta = \frac{Z_A - Z_w}{Z_A + Z_w} = \frac{439,62 - 1,5 \times 10^6}{439,62 + 1,5 \times 10^6} \cong -1 \quad (3)$$

Yukardaki formül sonucu elde edilen sonuç negatif polar değerine sahip tam bir yansımayı göstermektedir. Bundan dolayı, deniz sismik dalgalarında hayalet yansımaları oluşmakta olup, bu oluşumlar sismik verilerin yorumlanmasında birtakım sorunlara yol açmaktadırlar. Hava tabancası (airgun) deniz altında patlatıldığında içerisinde üç farklı enerjiye sahip bir dalgacık (far field signature) oluşturur.



Şekil 4. Hava tabancası patlaması sonucu oluşan 3 elementli dalgacık
Figure 4. Far field signature

Şekil 4’de görüldüğü gibi birincisi direk olarak hidrofonta gelen birincil dalgacık (primary arrival), ikincisi deniz yüzeyinden yansıyan ve daha sonra hidrofonta gelen hayalet dalgacık (Ghost arrival) ve sonuncusu olan hava tabancasının patlaması sonucu oluşan hava kabarcıklarının (bubble pulse) oluşturduğu titreşimlerdir. Ters polariteyle yansıyan hayalet dalgaları (Ghost reflections) frekans spektrumunda yıkıcı bir gösterime ve bazı frekanslardaki dalgaların kaybına sebep olur. Bu kayıplar spektrumda çentik (notch) oluşumu ile sonuçlanır. (PARADIGM, 2016) (Şekil 5)



Şekil 5. Sinyal ve sinyale ait spektrum ile Ghost ekli sinyal ve ona ait spektrum
Figure 5. Signal, spectrum of signal and Ghost added signal, spectrum of Ghost added signal

Dalga boyunun kaynak derinliğinin 2 katına eşit olduğu durumlarda frekans değerleri yapıcı bir şekilde iletilebilir. Bu durumu aşağıdaki formülle özetleyebiliriz;

$$v = f \times \lambda \quad (4)$$

Burada f: frekans (Hz), λ : dalga boyu (m) ve v: hız (m/s) olarak gösterilmektedir.

$$(5)$$

Bu bağıntıda $v = 1500$ m/s olduğunda,

$$f = 1500 / (2 \times D) \quad (6)$$

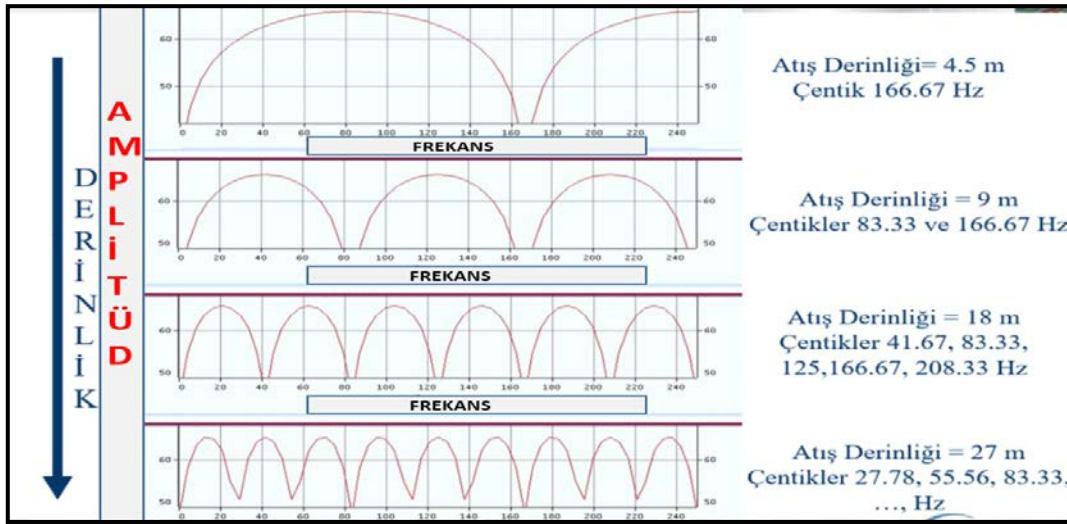
olarak ifade edilir. Burada D kaynak derinliğini ifade etmektedir.

Örnek olarak; $D = 5$ m, $F = 1500 / (2 \times 5) = 150$ Hz

$$D = 10$$
 m, $F = 1500 / (2 \times 10) = 75$ Hz

$$D = 20$$
 m, $F = 1500 / (2 \times 20) = 37,5$ Hz

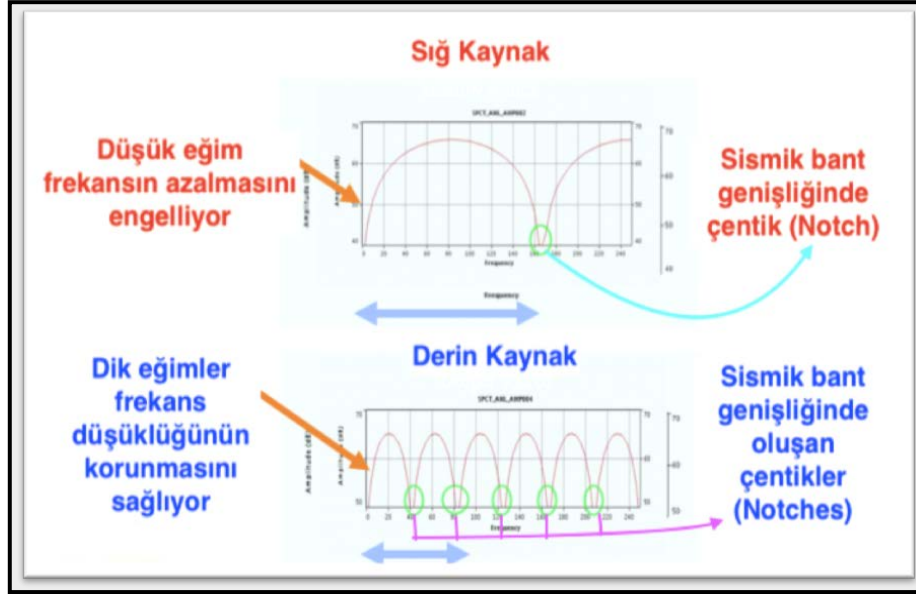
Yukardaki hesaplamalardan anlaşılacağı üzere kaynak derinliği (D) arttıkça, frekans değeri küçülerek sismik verinin hâkim frekanslarına zarar vermektedir. Özet olarak, sismik verinin baskın frekanslarına yıkıcı etki etmektedir. (Şekil 6)



Şekil 6. Kaynak derinliğine bağlı oluşan çentikler (Notches)

Figure 6. Notches formed due to depth of the source

Şekil 7’den de anlaşılacağı üzere kaynak derinliği arttıkça frekansta oluşan düşüş, geniş bant spektrumunda çentik oluşumuna (notch) sebep olmaktadır.



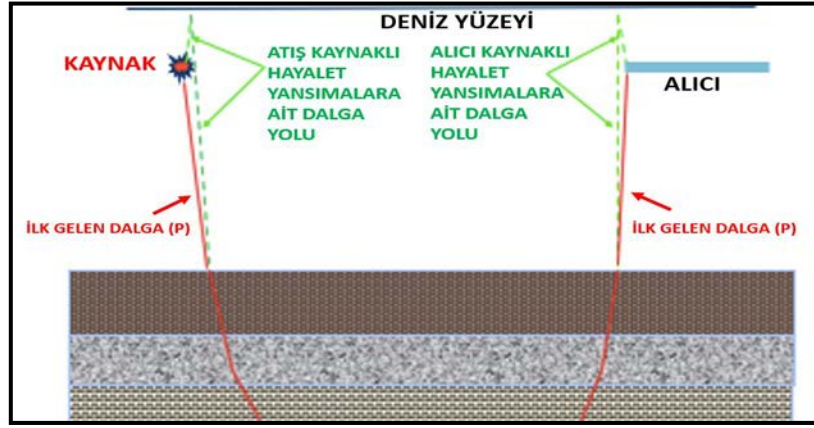
Şekil 7. Kaynak derinliği ile oluşan çentiklerin karşılaştırılması (Notches)
Figure 7. Comparison of Notches which are formed due depth of the source

Şekil 7’den yola çıkılarak aşağıdaki yorumlar yapılabilir;

Sığ kaynak yerleşimi bant aralığı dışında çentik (notch) oluşturabilir, bu durumu sismik veri setinin hâkim olduğu yerlerin dışında çentik oluşumu olarak adlandırabiliriz, fakat sığ kaynak (source) yerleşimi frekans düşüklüğünü azalttığı için veri setinin grafikteki çözünürlüğü azalmaya başlar ve bu durum sismik veri setinin okunmasında zorluklar çıkarmaktadır.

Bir diğer taraftan kaynak (source) eğer derinlerde ateşleme yapıyorsa, sismik veri seti frekans düşüklüğü açısından zengin, fakat bir yandan da çentik (notch) oluşumu açısından fazlalık gösterir. Frekans düşüklüğü çözünürlük için olumlu etki yaparken, çentik (notch) sismik veri setinin çözünürlüğünü düşürerek olumsuz etki yapmaktadır.

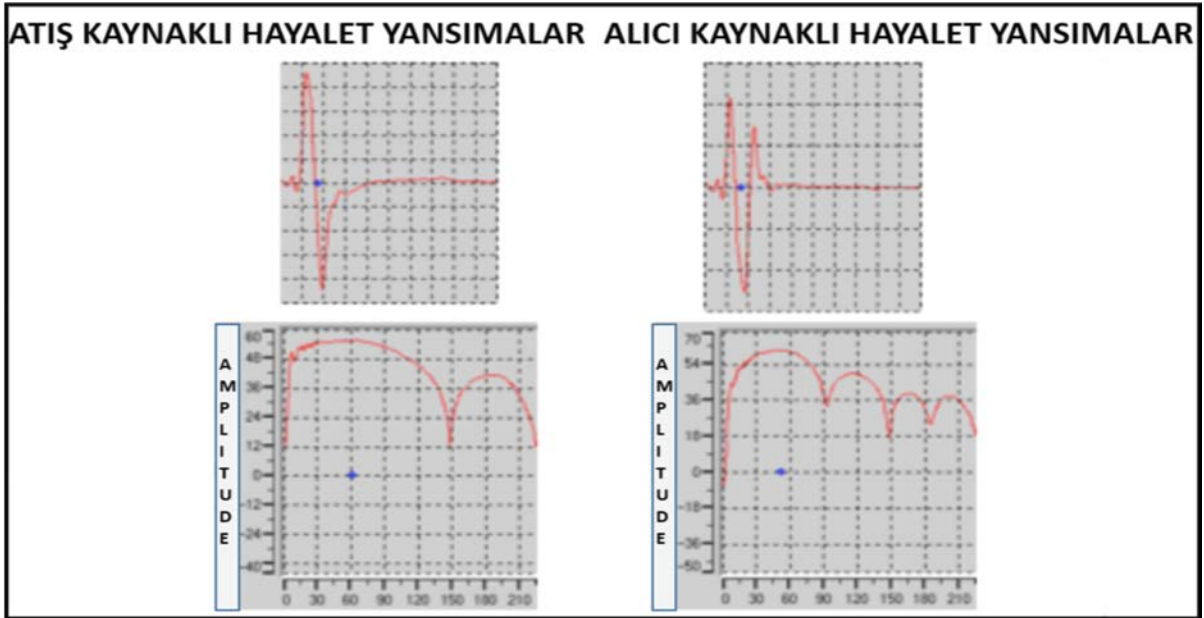
Hayalet yansımalar (Ghost reflections) aynı zamanda alıcı (streamer) içinde gerçekleşmektedir. (Şekil 8)



Şekil 8. Alıcı kaynaklı oluşan hayalet yansımalar (Receiver Ghost)

Figure 8. Receiver Ghost due to streamer

Sonuç olarak Şekil 9 incelendiğinde sismik dalgacığın frekans spektrumuna baktığımızda, aşağıdaki şekilde spektruma etki eden kaynak ve alıcı hayalet yansımalarının (source and receiver Ghost) etkilerini göreceğiz.



Şekil 9. Hayalet yansımaların frekans spektrumuna etkileri

Figure 9. Effects of Ghost reflections on frequency spectrum

Deniz sismiğinde karşılaşılan hayalet yansımalarla (Ghost reflections) ilgili özet olarak söylenmesi gereken maddeler aşağıdaki gibidir;

- Deniz tabanından yansıyan dalga enerjisinin yukarı hareketi deniz yüzeyinden tamamen ters polarite ile geriye yansıması ile sonuçlanır.
- Bu ters polarite ile geriye yansıma olayı hem kaynak (source) hem de alıcı (receiver) hayalet yansımalarının oluşmasında etkin rol oynamaktadır.
- Bu hayalet yansımalar (Ghost reflections) frekans spektrumunda çentiklere (notches) sebep

olmaktadır.

- Kaynak ve alıcı derinliği, çentiklerin (notches) oluştuğu frekans değerlerini belirlemektedir.
- Kaynağın derinde olması fazla miktarda çentik (notch) oluşmasına sebep olurken, frekans düşüklüğü açısından zengin cevaplar vermektedir.
- En önemlisi hayalet yansıma sismik verinin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. (SCHLUMBERGER, 2018)

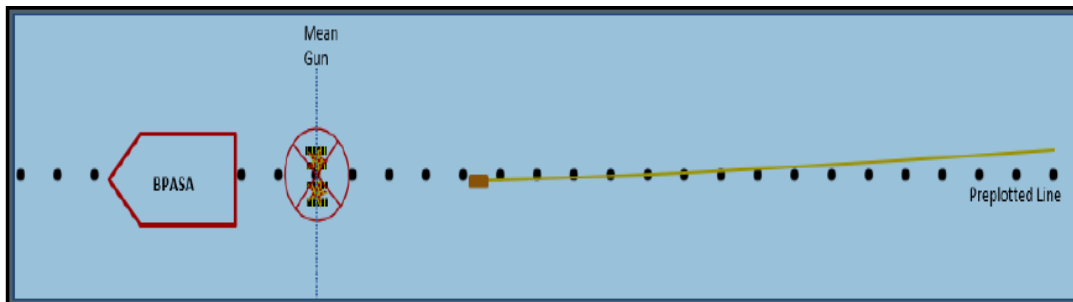
SİSMİK VERİ İŞLEM

Karadeniz sularında Türkiye Petrolleri A.O ya ait olan Barbaros Hayrettin Paşa gemisi ile Çizelge 1 ve Şekil 10'da verilen parametreler ile toplanmış olan iki boyutlu sismik veriye bütün veri işlem aşamaları başarıyla uygulanmıştır. (POLARCUS, 2014)

Çizelge 1. Sismik kayıt parametreleri

Table 1. Seismic records parameters

Genel Kayıt Parametreleri	
Kayıt uzunluğu	10050 ms
Örnekleme aralığı	2 ms
Katlama sayısı (Fold)	201
Atış aralığı	25 m
Kablo sayısı	1 adet
Kanal sayısı	804
Grup aralığı	12,5 m
Kablo derinliği	8 m
Kaynak sayısı	1
Kaynak derinliği	7 m



Şekil 10. Kullanılan sismik verinin atış ve alıcı düzeni

Figure 10. Shot and receiver array of seismic data acquisition

Uygulanan veri işlem aşamaları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Sismik veri işlem aşamaları
Table 2. Seismic data processing steps

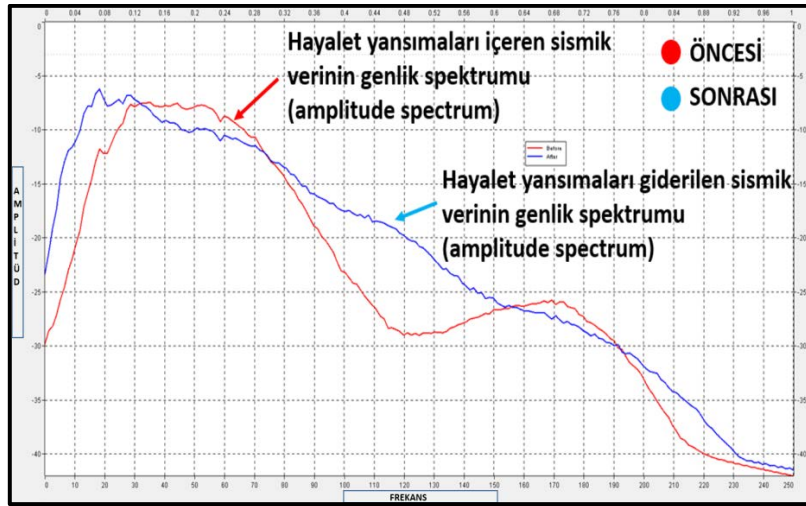


Sismik Veri İşlem İle Hayalet Yansımalarının Giderilmesi

Bu aşamada amaç enerjinin deniz yüzeyinden -1'e yakın yansıma katsayısı ile aşağıya geri yansıması sonucu kaynak ve alıcı pozisyonları boyunca oluşan hayalet yansımalarının (Ghost reflections) etkisinin giderilmesidir. Hayalet yansımaların (Ghost reflections) yukarı ve aşağı yönlü enerjilerin girişimi spektrumda çentik (Ghost notch'larına) sebep olur.

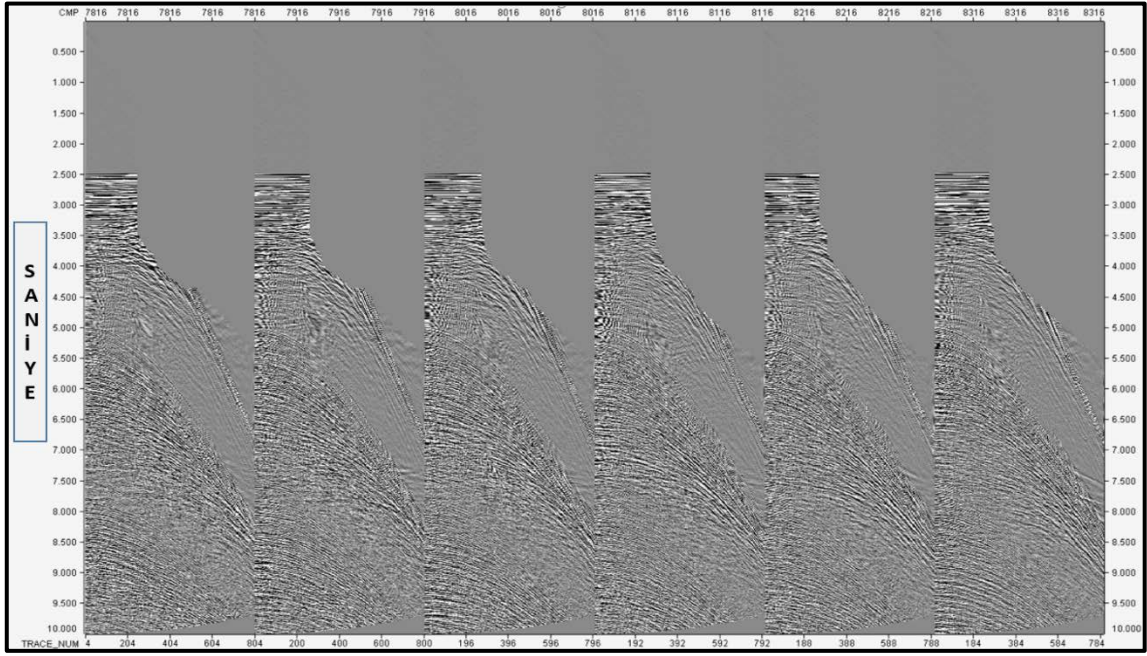
Ortak derinlik noktalarındaki izler (CDP gather) (Şekil 12-13), yakın izler (near trace) (Şekil 14-15), ham sismik veri (shot gather) (Şekil 16-17) ve yığıma kesiti (stack) (Şekil 18-19) incelendiğinde sismik verideki hayalet yansımalarının etkisi (Ghost reflections) başarıyla giderilmiştir.

Şekil 11'de de görüldüğü üzere hayalet yansıma giderilmesi (deghosting) işlemi zaman ortamında sadece hidrofon için kaynak ya da alıcı kaynaklı hayalet yansımalarının (Ghost reflections) temizlenmesine katkı sağlar ki bu da genlik spektrumunun (amplitude spectrum) genişlemesine sebep olur.



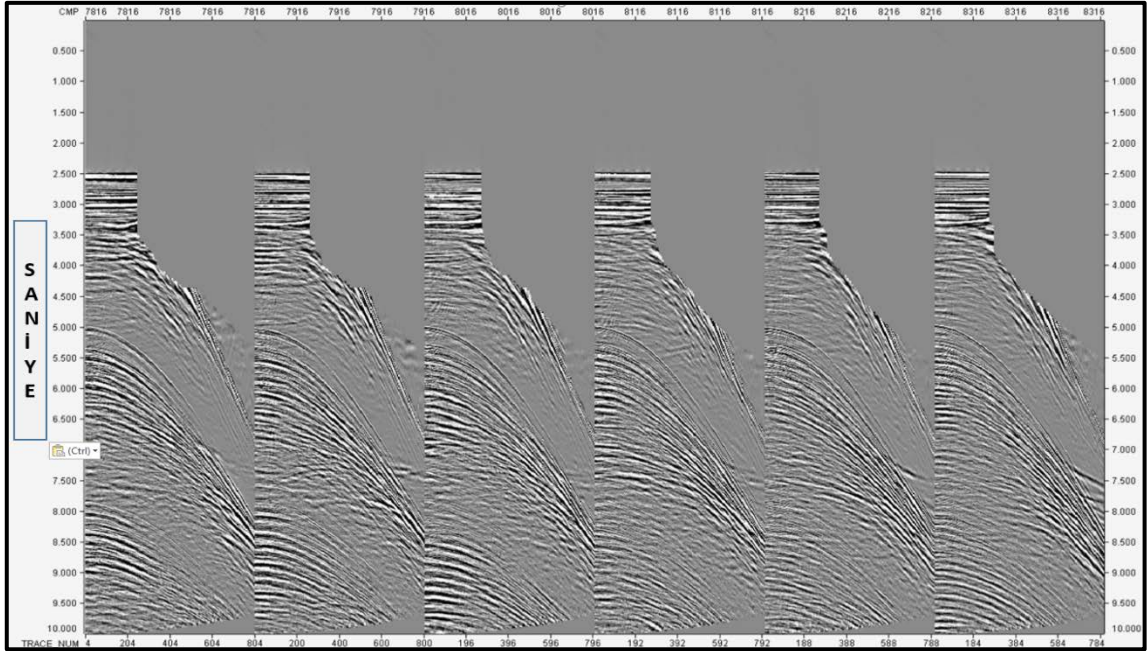
Şekil 11. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

Figure 11. Comparison of amplitude spectrum before and after removal of Ghosting reflections



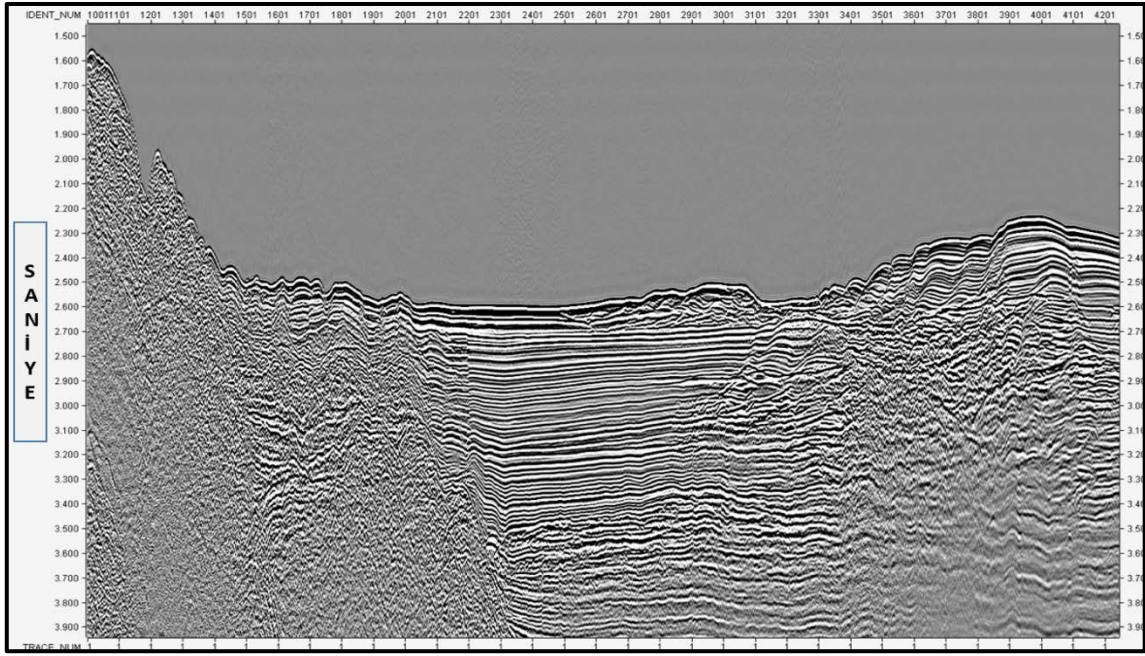
Şekil 12. Sismik verinin hayalet yansımalar giderilmeden önce ortak derinlik noktasındaki (CDP) görüntüsü

Figure 12. Image of seismic data at common depth point (CDP) before Ghosting reflections removed

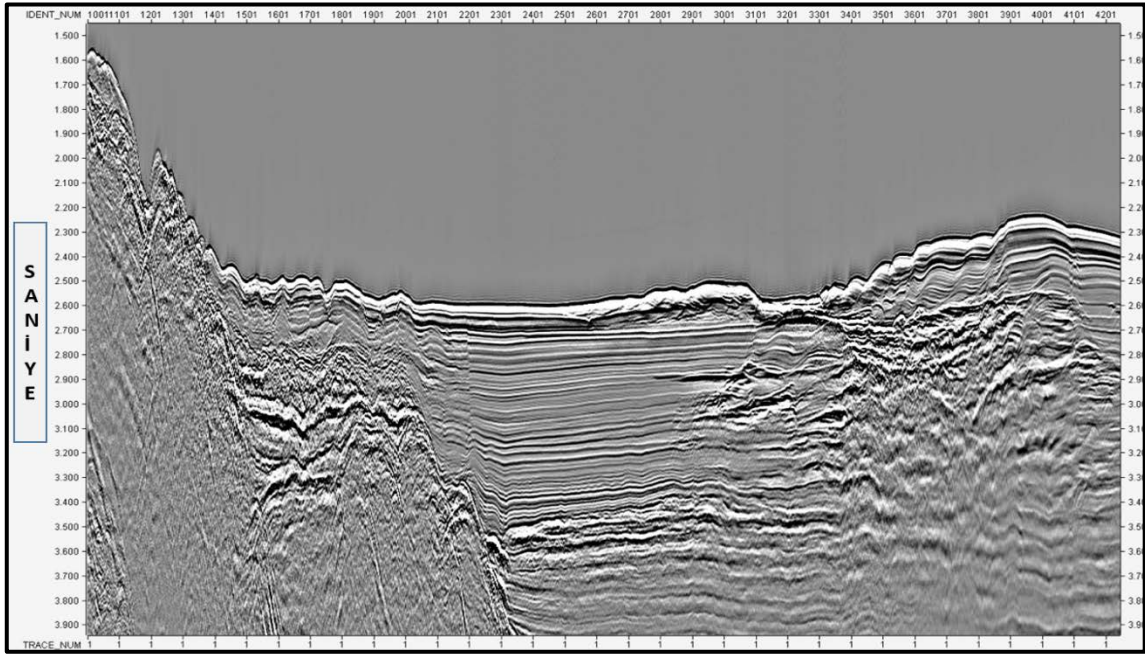


Şekil 13. Sismik verinin hayalet yansımalar giderildikten sonra ortak derinlik noktasındaki (CDP) görüntüsü

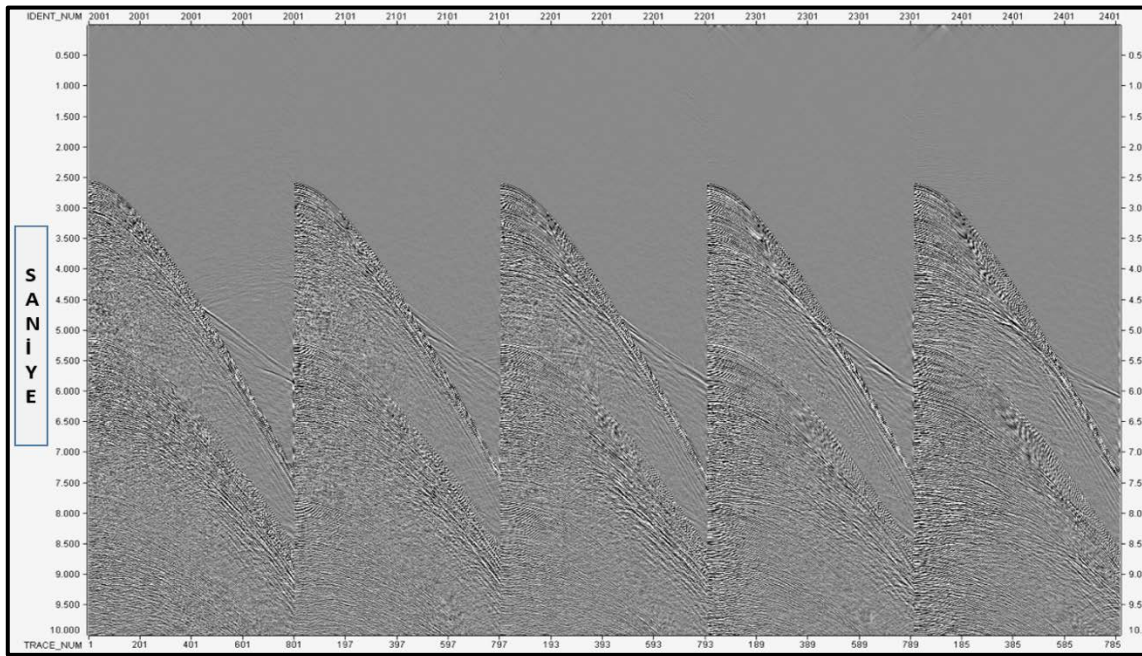
Figure 13. Image of seismic data at common depth point (CDP) after Ghosting reflections removed



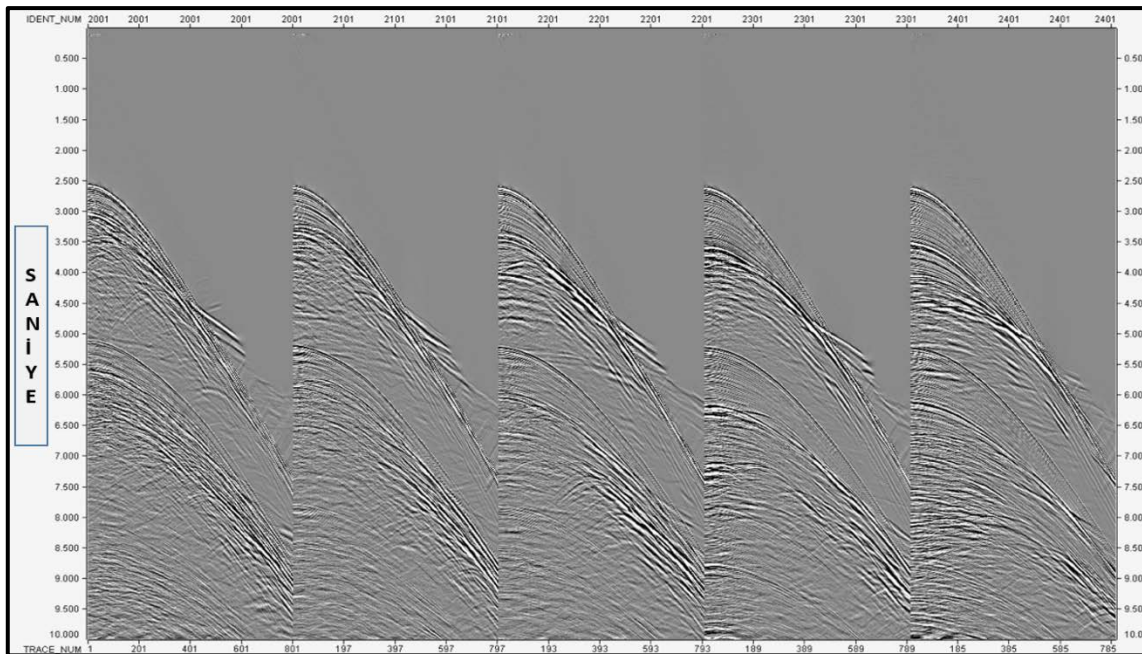
Şekil 14. Sismik verinin hayalet yansimalar giderilmeden önce yakın izlerdeki görüntüsü
Figure 14. Image of seismic data at near trace before Ghosting reflections removed



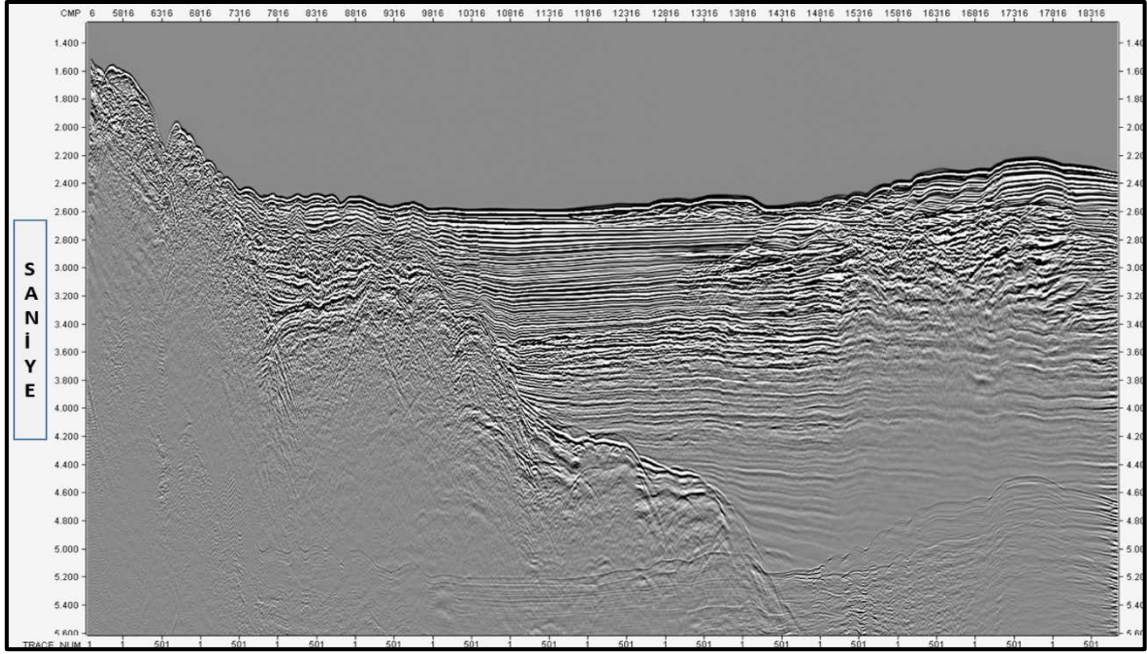
Şekil 15. Sismik verinin hayalet yansimalar giderildikten sonra yakın izlerdeki görüntüsü
Figure 15. Image of seismic data at near trace after Ghosting reflections removed



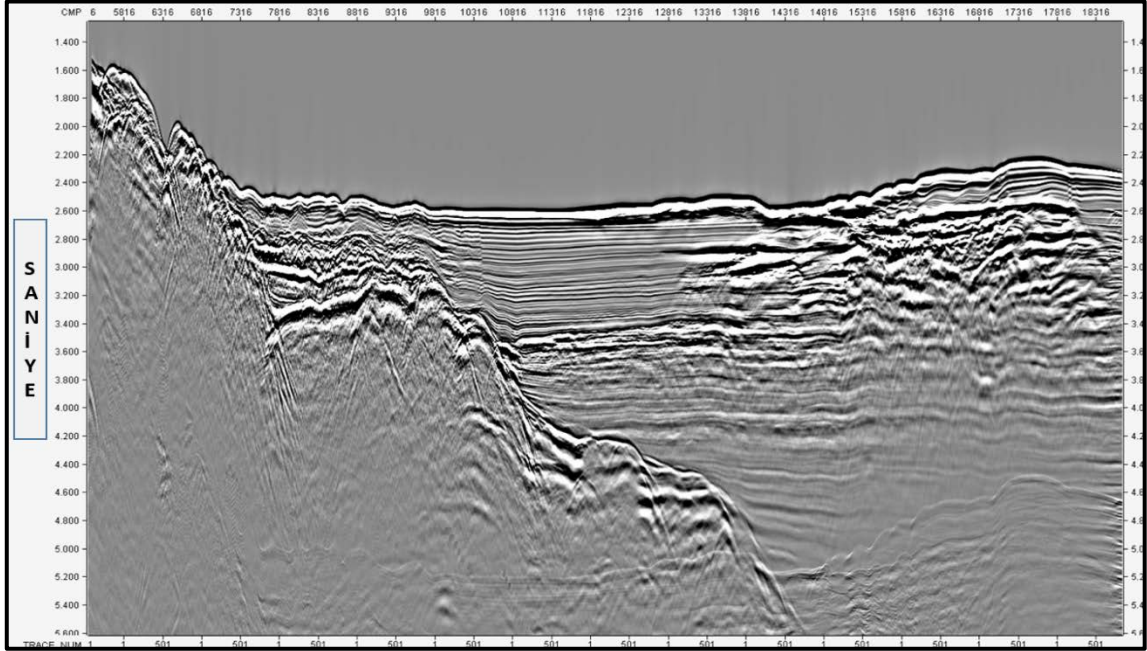
Şekil 16. Sismik verinin hayalet yansımalar giderilmeden önceki ham atış görüntüsü
Figure 16. Image of raw seismic data before removal Ghosting reflections



Şekil 17. Sismik verinin hayalet yansımalar giderildikten sonraki ham atış görüntüsü
Figure 17. Image of raw seismic data after removal Ghosting reflections



Şekil 18. Sismik verinin hayalet yansımalar giderilmeden önceki yığıma (stack) görüntüsü
Figure 18. Stack image of seismic data before removal of Ghosting reflections



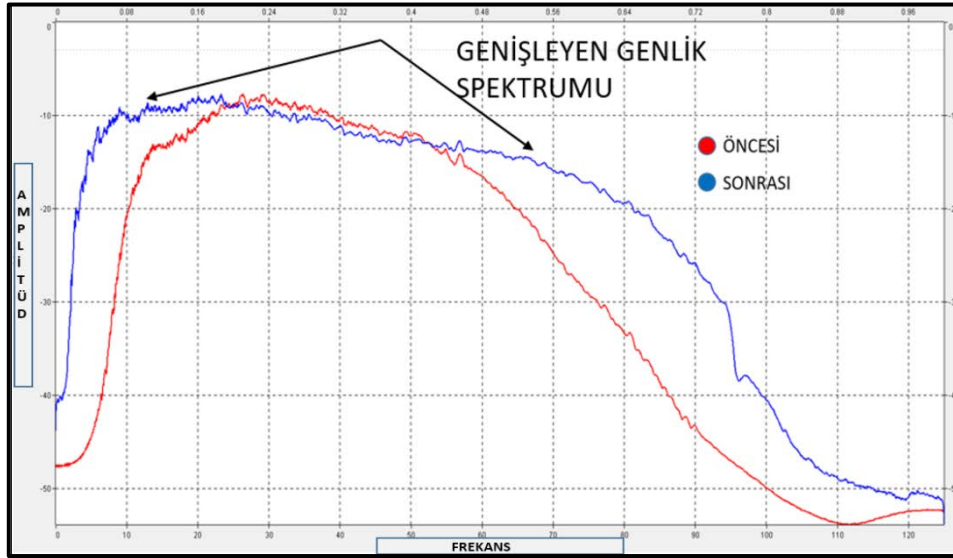
Şekil 19. Sismik verinin hayalet yansımalar giderildikten sonraki yığıma (stack) görüntüsü
Figure 19. Stack image of seismic data after removal of Ghosting reflections

SONUÇLAR

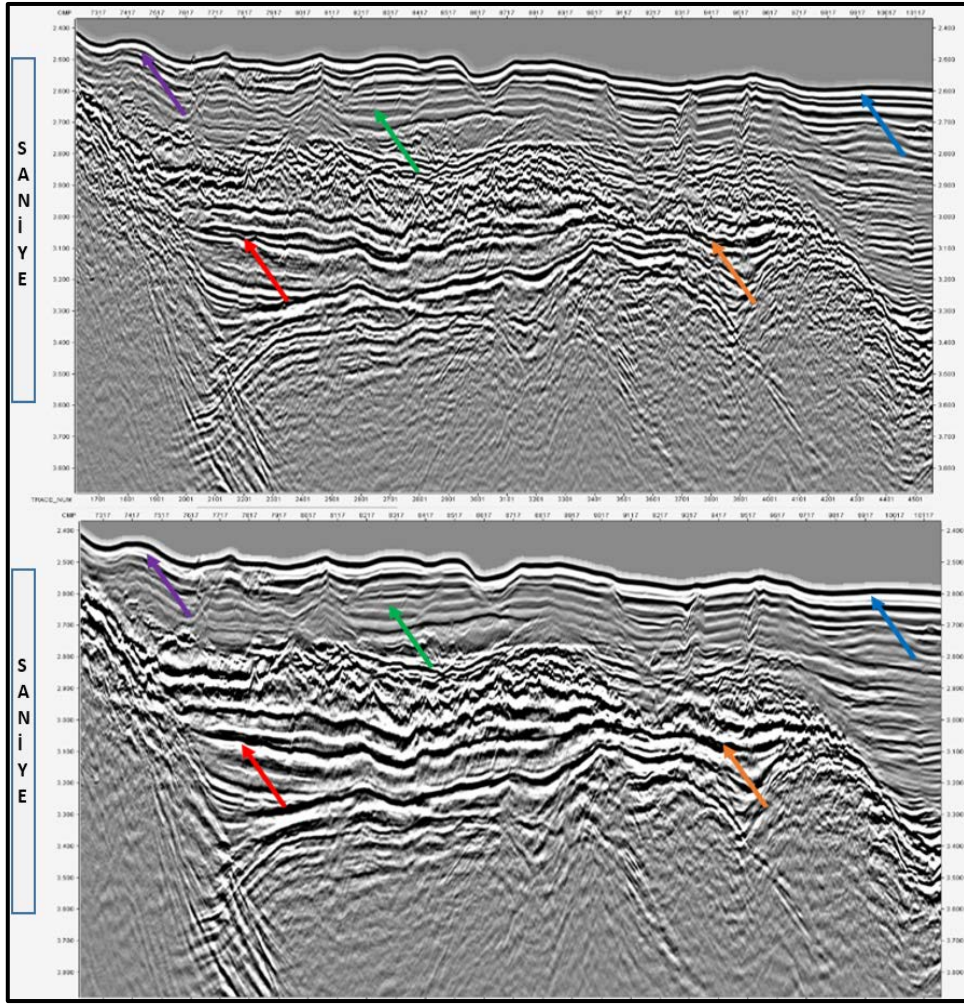
Bu çalışmada ilk önemli sonuç Türkiye Petrolleri A.O. dan alınan sismik yansıma verilerine her aşamada uygun parametreler seçilerek gerekli tüm veri işlem aşamalarının başarı ile uygulanmış olmasıdır. Özellikle verinin tüm özellikleri incelenerek bütün sinyal ve gürültüler belirlenmiş olup uygun bir veri işlem adımları ve veri işlem parametreleri seçilmiştir.

Deniz sismiğinde her veri setinde hayalet yansımalar (Ghost reflections) bulunmaktadır. Bu hayalet yansımalar (Ghost reflections) sismik verinin yorumuna direk etki eden yıkıcı girişimlerdir. Sürekli olarak duyduğumuz bu hayalet yansımalar sismik verinin frekans spektrumu ile doğrudan ilişkilidir. Yukarı ve aşağı yönlü hayalet yansımaların (Ghost reflections) enerjilerinin girişimi sismik verinin frekans spektrumunda hayalet çentiklerine (Ghost notch'larına) sebep olur.

Bu çalışmada hayalet yansıma giderilmesi (deghosting) ve diğer veri işlem uygulamalarından sonra genlik spektrumunda (amplitude spectrum) Şekil 20'de de görüleceği üzere sismik verinin baskın frekanslarına zarar veren çentiklerin (notches) giderildiği ve sismik verinin daha geniş bir frekans içeriğine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 20. Yapılan veri işlem sonrası genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması
Figure 20. Comparison of amplitude spectrum after data processing stage



Şekil 21. Hayalet yansıma giderilmesi uygulanmamış ve uygulanmış migrasyon yığıma kesiti (stack) üzerindeki farklar

Figure 21. Differences between Ghost reflections elimination applied migration stack and Ghost reflections elimination not applied migration stack

Sonuç olarak Şekil 21’de verilen hayalet yansımalar giderilmiş ve giderilmemiş sismik migrasyon yığıma (stack) kesitlerini incelediğimizde renkli oklar ile gösterilen bölgelerde öncesi ve sonrası farklılıklar göze çarpmaktadır. Sismik yoruma doğrudan etki edecek olan bu hayalet yansımaların veri üzerinden atılması gerekmektedir. Bu çalışma sonucunda; yapılan sismik veri işlem ile sismik imajın yorumunu etkileyecek olan bu hayalet yansımalar yorum öncesi sismik veriden giderilmiştir.

KAYNAKLAR

DONDURUR, D., 2009. Deniz Sismiğinde Veri İşlem, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.

PARADIGM, 2016. Source and/or Receiver Ghost Removal from Conventional Towed Streamer Seismic Data.

POLARCUS, 2014. TPAO Ordu Acquisition Plan, Ankara.

SCHLUMBERGER, 2018. Marine Seismic Acquisition - Infield Geophysics.