KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALARIN GİDERİLMESİNİN SİSMİK İMAJA ETKİSİ

MUSTAFA KEMAL ÇANAKÇI

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALARIN GİDERİLMESİNİN SİSMİK İMAJA ETKİSİ

MUSTAFA KEMAL ÇANAKÇI

Prof. Dr. Cengiz KURTULUŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Fadime SERTÇELİK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mahir IŞIK
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 16.01.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, deniz veri işlem aşamalarında hayalet yansımaları (Ghost reflections) içeren veri ile içermeyen verinin migrasyon sonuçlarının karşılaştırılması incelenmiştir.

Çalışmam süresince araştırmalarımın her aşamasında bana mesleğimi sevdiren, sabırla yol gösteren, benden desteğini esirgemeyen, bilgi ve becerilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Cengiz KURTULUŞ' a saygı, minnet ve teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilmekteyim.

Veri İşlem müdürlüğündeki çalışmalarım boyunca hem bilgi hem de tecrübeleriyle her türlü desteği sunan, Türkiye Petrolleri A.O. Arama Daire Başkanlığı Veri İşlem eski Müdürümüz Sn. Suat AKTEPE' ye teşekkürü bir borç bilmekteyim.

Çalışmamda sismik veri üzerinde gerekli analizlerin yapılmasında yardımcı olan, benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan değerli meslektaşlarım Erhan BAŞARAN'a, Kenan ERDOĞAN'a, Ruhi ŞAHİN'e, Levent Sait İLKAY'a, Mustafa YILMAZ'a, Kocaeli Üniversitesi Jeofizik mühendisliği bölümü Öğr. Gör. Dr. İsmail Talih Güven'e ve Arş. Gör. Dr. İsmail KAPLANVURAL'a destekleri için çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, bana olan inançları ile beni her durumda destekleyen aileme, en önemlisi eşim Tuğba ÇANAKÇI ve meleğim canım kızım Feyza ÇANAKÇI 'ya sonsuz teşekkür ediyorum.

Ocak – 2019 Mustafa Kemal ÇANAKÇI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ix
ÖZET x
ABSTRACT xi
GİRİŞ 1
1. DENİZ SİSMİĞİNDE VERİ TOPLAMA 3
2. DENİZ SİSMİĞİNDE VERİ TOPLAMA PARAMETRELERİ 8
2.1. Sismik Veri Toplamayı Etkileyen Parametreler 8
2.1.1.Kayıt uzunluğu (Record length) 8
2.1.2.Örnekleme aralığı (Sample rate) 8
2.1.3.Atış aralığı (Shot interval) 8
2.1.4.Atış parametreleri (Shot parameters) 8
2.1.5.Atış ve alıcı düzenleri (Source and receiver arrays) 9
3. DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALAR VE TEORİSİ 11
4. UYGULAMA 20
4.1. Kullanılan Sismik Veri'nin Tanıtımı 20
4.2. Uygulanan Genel Veri İşlem Aşamaları 21
4.3. Sismik Verinin İşlenmesi 22
4.3.1.Veri yüklenmesi (Data Loading) 22
4.3.2.Deniz tabanı belirlenmesi (Water bottom picks) 23
4.3.3.Gürültü eliminasyonu (Noise elimination) 24
4.3.3.1.Deniz gürültüsü eliminasyonu(Swell noise elimination) 24
4.3.3.2.Lineer gürültü eliminasyonu (Lineer noise elimination) 29
4.3.4.Kanal genliği düzeltilmesi (Channel Amplitude Correction) 33
4.3.5.Hayalet yansımalarının giderilmesi (DeGhosting) 36
4.3.6.Dalgacık dönüşümü (Designature) 42
4.3.6.1.Sıfır faz dönüşümü (Zero phase conversion) 42
4.3.7.İkinci gürültü eliminasyonu (Signal protected noise attenuation) 51
4.3.8.Tekrarlı yansımaların giderilmesi 55
4.3.8.1.GSMP (General surface multiple prediction) 55
4.3.8.2.Radon 62
4.3.9.Migrasyon 67
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 82
KAYNAKLAR 85
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 86
ÖZGEÇMİŞ 87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Deniz sismiğinde kullanılan alıcı kablolar (Streamer) ve hidrofon 4
Şekil 1.2. Deniz sismiğinde kullanılan hava tabancaları (Airgun) 4
Şekil 1.3. Deniz sismiğinde kullanılan derinlik düzenleyicileri (Bird) 5
Şekil 1.4. Deniz sismiğinde kullanılan kuyruk şamandırası (Tailbuoy) 6
Şekil 1.5. Deniz sismiğinde kullanılan sismik kayıt merkezi (Recorder) 6
Şekil 1.6. Deniz sismiğinde kullanılan navigasyon sistemi (Navigation) 7
Şekil 2.1. Deniz sismiğinde atış ve alıcı düzenleri. 10
Şekil 3.1. Hayalet yansıma enerji dalgaları ve frekans spektrumu 11
Şekil 3.2. Deniz altı hayalet dalga (Ghost reflections) yansıma görüntüleri 12
Şekil 3.3. Farklı empedans değerine sahip ortamlarda sismik dalganın davranışı. 13
Şekil 3.4. Deniz ortamında sismik dalganın davranışı. 14
Şekil 3.5. Hava tabancası patlaması sonucu oluşan 3 elementli dalgacık 15
Şekil 3.6. Sinyal ve sinyale ait spektrum ile Ghost ekli sinyal ve ona ait spektrum 15
Şekil 3.7. Kaynak derinliğine bağlı oluşan çentikler (Notches) 17
Şekil 3.8. Kaynak derinliği ile oluşan çentiklerin karşılaştırılması (Notches) 17
Şekil 3.9. Alıcı kaynaklı oluşan hayalet yansımalar (Receiver Ghost) 18
Şekil 3.10. Hayalet yansımalarının frekans spektrumuna etkileri 19
Şekil 4.1. Kullanılan sismik verinin atış ve alıcı düzeni 20
Şekil 4.2. Yüklenilen ham sismik veri 22
Şekil 4.3. Yüksek geçişli filtre sonrası ham sismik veri 22
Şekil 4.4. Genlik kazanımı sonrası sismik veri 23
Şekil 4.5. Deniz tabanı belirlenmesi 23
Şekil 4.6. Deniz dalgası gürültüsü örneği 25
Şekil 4.7. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu öncesi sismik veri 26
Şekil 4.8. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası sismik veri 26
Şekil 4.9. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası farkı 27
Şekil 4.10. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu öncesi sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü 27
Şekil 4.11. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü 28
Şekil 4.12. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası oluşan farkın yakınlaştırılmış hali 28
Şekil 4.13. f-k süzgeci uygulama şeması 29
Şekil 4.14. Lineer gürültü eliminasyonu öncesi sismik veri 30
Şekil 4.15. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası sismik veri 30
Şekil 4.16. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası oluşan farkın görüntüsü 31
Şekil 4.17. Lineer gürültü eliminasyonu öncesi sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü 31

Şekil 4.18. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü 32
Şekil 4.19. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası oluşan farkın yakınlaştırılmış hali 32
Şekil 4.20. Lineer gürültü eliminasyonu öncesi ve sonrası oluşan frekans spektrumu 33
Şekil 4.21. Kanal genliği karşılaştırması 34
Şekil 4.22. Kanal genliği skalar dağılımı 34
Şekil 4.23. Kanal genliği düzeltilmesi öncesi oluşan genlik spektrumunun yakınlaştırılmış görüntüsü 35
Şekil 4.24. Kanal genliği düzeltilmesi sonrası oluşan genlik spektrumunun yakınlaştırılmış görüntüsü 35
Şekil 4.25. Hayalet yansımalarının giderilmesi öncesi oluşan ham sismik veri 37
Şekil 4.26. Hayalet yansımalarının giderilmesi sonucu oluşan ham sismik veri 37
Şekil 4.27. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi oluşan ortak yansıma noktalarının görünümü 38
Şekil 4.28. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası oluşan ortak yansıma noktalarının görünümü 38
Şekil 4.29. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi yakın izlerin yığılması (stack) 39
Şekil 4.30. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası yakın izlerin yığılması (stack) 39
Şekil 4.31. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi yakın izlerin yığılmasının (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü 40
Şekil 4.32. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası yakın izlerin yığılmasının (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü 40
Şekil 4.33. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi yığma (stack) görüntüsü 41
Şekil 4.34. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası yığma (stack) görüntüsü 41
Şekil 4.35. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması 42
Şekil 4.36. Proje için kullanılan airgun (atış kaynak) şeması 43
Şekil 4.37. Gun tasarımına göre oluşturulan kaynak dalgacık. 43
Şekil 4.38. Kaynak dalgacığın genlik (amplitude) spektrumu. 44
Şekil 4.39. Far field signature (2 ms) 44
Şekil 4.40. Far field signature (0,5 ms) 44
Şekil 4.41. Hayalet yansıma (Ghost reflections) giderilmiş far field signature (0,5ms) 45
Şekil 4.42. Sıfır faz dalgacığı (Zero phased wavelet) 45
Şekil 4.43. Sıfır faz eşleniği (Zero phase equivalent) 45
Şekil 4.44. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi elde edilen ham sismik veri 46
Şekil 4.45. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası elde edilen ham sismik veri 46
Şekil 4.46. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yakın izlerin (near trace) görüntüsü 47

Şekil 4.47. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yakın izlerin (near trace) görüntüsü 47
Şekil 4.48. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yakın izlerin (near trace) yakınlaştırılmış görüntüsü 48
Şekil 4.49. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yakın izlerin (near trace) yakınlaştırılmış görüntüsü 48
Şekil 4.50. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yığma (stack) görüntüsü 49
Şekil 4.51. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yığma (stack) görüntüsü 49
Şekil 4.52. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yığma (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü..... 50
Şekil 4.53. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yığma (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü..... 50
Şekil 4.54. Hava kabarcığı (bubble) etkisi giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması 51
Şekil 4.55. İkinci gürültü eliminasyonu öncesi ham sismik veri 52
Şekil 4.56. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik veri 52
Şekil 4.57. İkinci gürültü eliminasyonu öncesi ham sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü..... 53
Şekil 4.58. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü..... 53
Şekil 4.59. İkinci gürültü eliminasyonu öncesi ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 54
Şekil 4.60. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 54
Şekil 4.61. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsünde oluşan farkı 55
Şekil 4.62. Düşük frekanslı gürültülerin etkisinin giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum)karşılaştırılması 55
Şekil 4.63. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi ham sismik veri 56
Şekil 4.64. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik veri 56
Şekil 4.65. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan farkın görüntüsü 57
Şekil 4.66. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü..... 57
Şekil 4.67. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü..... 58
Şekil 4.68. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsünde oluşan farkı 58
Şekil 4.69. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi oluşan yığma (stack) görüntüsü 59
Şekil 4.70. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan yığma (stack) görüntüsü 59
Şekil 4.71. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası yığma (stack) farkının görüntüsü 60

Şekil 4.72. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi yığma (stack) kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 60
Şekil 4.73. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası yığma (stack) kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 61
Şekil 4.74. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan farkın yığma (stack) kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 61
Şekil 4.75. Tekrarlı yansımaların etkisinin giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması 62
Şekil 4.76. Radon dönüşümü 63
Şekil 4.77. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 64
Şekil 4.78. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 64
Şekil 4.79. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsünde oluşan farkı 65
Şekil 4.80. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi oluşan yığma (stack) görüntüsü 65
Şekil 4.81. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan yığma (stack) görüntüsü 66
Şekil 4.82. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan farkın yığma (stack) kesitinin görüntüsü 66
Şekil 4.83. (a) Eğimli, (b) ondülasyonlu yansıtıcılar ve şematik olarak bunların yığma kesitlerindeki hatalı görüntüleri 67
Şekil 4.84. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 69
Şekil 4.85. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 69
Şekil 4.86. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 70
Şekil 4.87. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 70
Şekil 4.88. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 71
Şekil 4.89. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 71
Şekil 4.90. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 72
Şekil 4.91. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 72
Şekil 4.92. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 73
Şekil 4.93. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 73
Şekil 4.94. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 74
Şekil 4.95. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 74

Şekil 4.96. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 75
Şekil 4.97. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 75
Şekil 4.98. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 76
Şekil 4.99. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 76
Şekil 4.100. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 77
Şekil 4.101. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü 77
Şekil 4.102. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 78
Şekil 4.103. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 78
Şekil 4.104. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) yakınlaştırılmış görüntüsü 79
Şekil 4.105. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) yakınlaştırılmış görüntüsü 79
Şekil 4.106. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 80
Şekil 4.107. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü 80
Şekil 4.108. Hayalet yansımaların etkisinin giderilmesi öncesi ve sonra oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması 81
Şekil 5.1. Yapılan veri işlem sonrası genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması 83
Şekil 5.2. Hayalet yansıma uygulanmamış ve uygulanmış yığma kesit (stack) üzerindeki farklar 84

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Sismik kayıt parametreleri 20
Tablo 4.2. Uygulanan genel veri işlem aşamaları 21
Tablo 4.3. Migrasyon çeşitleri ve özellikleri 67

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_{iftk^2} : (k) İzinin (t) Penceresinde (f) Frekans Bandında (i) Örneğinin Genliği
E_{ftk} : (k) İzinin (t) Penceresinde (f) Frekans Bandının Genliği
n_{ftk} : (k) İzinin (t) Penceresinde (f) Frekans Bandındaki Örnek Sayısını
p_0 : Suyun Tersinirlik Hızı, (m/s)
p_i : Doğrusal (İnline) Ve Çapraz (Crossline) Parametreleri, (m/s)
V_p : Birincil Dalgaların Sudaki Yayılma Hızı, (m/s)
V_{RMS} : Hız Değerleri Karelerinin Ortalamasının Karekökü, (m/s)
Z_A : Hava Ortamına Ait Empedans Değeri, (kg/(m^2*s))
Z_i : Dalga Empedansı, (kg/m^2.s)
Z_W : Su Ortamına Ait Empedans Değeri, (kg/m^2.s)
Δ_t : Düzlem Dalganın Oluşturulmasında Ardışık Atışlar Arasındaki Zaman Farkı, (s)
Δ_x : Her Ardışık Kaynak Noktası Arasındaki Mesafe, (m)
ρ_A : Hava Yoğunluğu, (kg/m^3)
ρ_i : Ortam Yoğunluğu, (kg/m^3)
ρ_W : Su Yoğunluğu, (kg/m^3)
f : Frekans, (Hz)
p : Işın Parametresi,
R : Geri Yansıma Oranı, (%)
V_i : Dalga Hızı, (m/s)
z : Derinlik, (m)
θ : Düşeyden Olan Yayınım Açısı, (°)
λ : Dalga Boyu, (m)

Kısaltmalar

CDP : Common Depth Point (Ortak Derinlik Noktası)
CMP : Common Mid Point (Ortak Yansıma Noktası)
GPS : Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
GSMP : General Surface Multiple Prediction (Genel Yüzey Çoklu Tahmini)
RMS : Root Mean Square (Kare Ortalamaların Karekökü)
SEGY : Society of Exploration Geophysicist For Storing Geophysical Data
TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALARIN GİDERİLMESİNİN SİSMİK İMAJA ETKİSİ

ÖZET

Hayalet yansımalar her deniz sismik veri setinde bulunmaktadır. Yaptığımız veri işlem aşamasında amacımız, deniz yüzeyinden -1'e yakın 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 tez çalışmasında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığının toplamış olduğu deniz sismiği verisinde bütün 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 yoruma olan etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dalga Gürültüsü, Deniz Sismik Veri İşlem, Deniz Sismik Veri Toplama, Hayalet Yansımalar, Tekrarlı Yansımalar.

THE EFFECT OF REMOVAL OF GHOST REFLECTIONS ON SEISMIC DATA IN MARINE SEISMIC

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: Swell Noise Attenuation, Marine Seismic Processing, Marine Seismic Acquisition, Ghost Reflections, Multiple Elimination.

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 bütününün uygulandığı ikinci aşama ise "sismik veri işlem" olarak adlandırılır.

Sismik veri işlemde temel hedef sayısal olarak kaydedilen verilerin kalitesinin arttırılmasıdır. Bu da sismik verilerdeki sinyal seviyesinin yükseltilmesi, gürültü seviyesinin azaltılması yani Sinyal/Gürültü (S/G) oranının arttırılması ile sağlanır. Sismik verilerdeki gürültüler sahip olduğu frekans, yayınım hızı, yayınım 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 işlemin 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.

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 tez çalışmasında 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. Sismik veri işlem basamaklarının nasıl uygulandığını göstermek için veriye uygulanan tüm veri işlem basamakları gerçekleştirilmiş ve çok kolay anlaşılabilir bir şekilde tezde sunulmuştur.

1. DENİZ SİSMİĞİNDE VERİ TOPLAMA

Denizde toplanan sismik veri temelde karadaki ile aynı olmasına rağmen elde ediliş bakımından doğal olarak karada toplanan sismik veriye göre bazı farklılıklar içerir. Bu farklılık deniz sismiğinde kullanılan donanım ve verinin toplandığı fiziksel ortamdaki farklılıklardan ileri gelmektedir.

Denizde veri toplamak için özel olarak tasarımı yapılmış bir gemi ve bu iş için gerekli olan donanımlara ihtiyaçlar vardır.

Kara sismiğinde kullanılan jeofonlara karşılık olarak denizde hidrofonlar kullanılmaktadır. Hidrofonlar (Şekil 1.1) Streamer adı verilen alıcı kablolarının içine yerleştirilerek suyun içine indirilirler. Hidrofonlar seramik piezoelektrik elemanlardan yapılırlar ve basınç değişimlerine karşı duyarlıdırlar.

Her bir kayıt kanalında 8 veya 16 hidrofon paralel bağlanıp tek bir çıkış alınarak yansıma sinyali güçlendirilir ve rastgele gürültüler kayıt esnasında sönümlendirilir. Alıcı kablolar birbirine eklenebilen 75 veya 100 metrelik bölümler halinde üretilirler ve alıcı grup aralıkları 6,25 veya 12,5 metre olarak düzenlenirler.

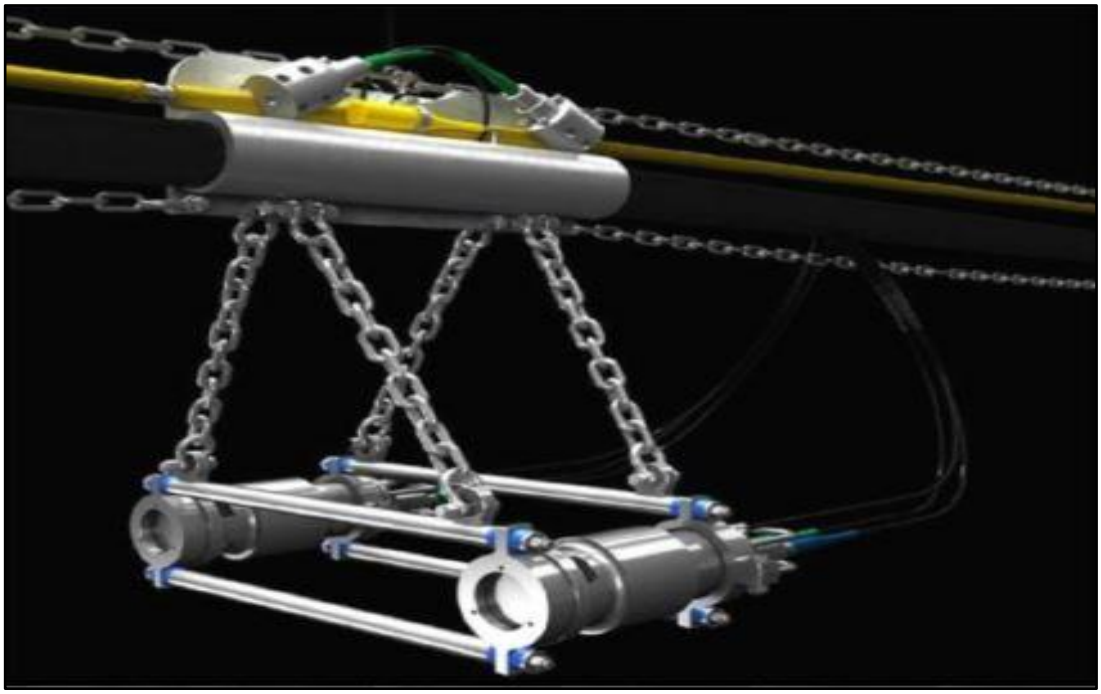
Çalışmanın amacına göre belirlenen hatlar üzerinde sabit hızla hareket eden gemi ve arkasında bulunan kaynak (Şekil 1.2) (airgun) tarafından oluşturulan sismik enerji neticesinde yeraltındaki katmanlardan yansıyarak gelen sinyaller geminin arkasından çekilen alıcı kabloları vasıtasıyla (streamer) kaydedilirler.

Günümüzde en çok kullanılan enerji kaynağı olan enerji kaynağı olan hava tabancası (airgun), kompresörlerle üretilen yüksek basınçlı havanın su içine ani olarak boşaltılması sonucu sismik enerji üretir. Petrol aramalarında genellikle 20-100 inc3 kapasitesindeki atış kaynakları (airgun) belli düzende bir araya getirilerek 4000 inc3 seviyelerine ulaşan hava tabancası düzenleri kullanılır (TPAO, 2011).



Şekil 1.1. Deniz sismiğinde kullanılan alıcı kablolar (Streamer) ve hidrofon (TPAO, 2011)

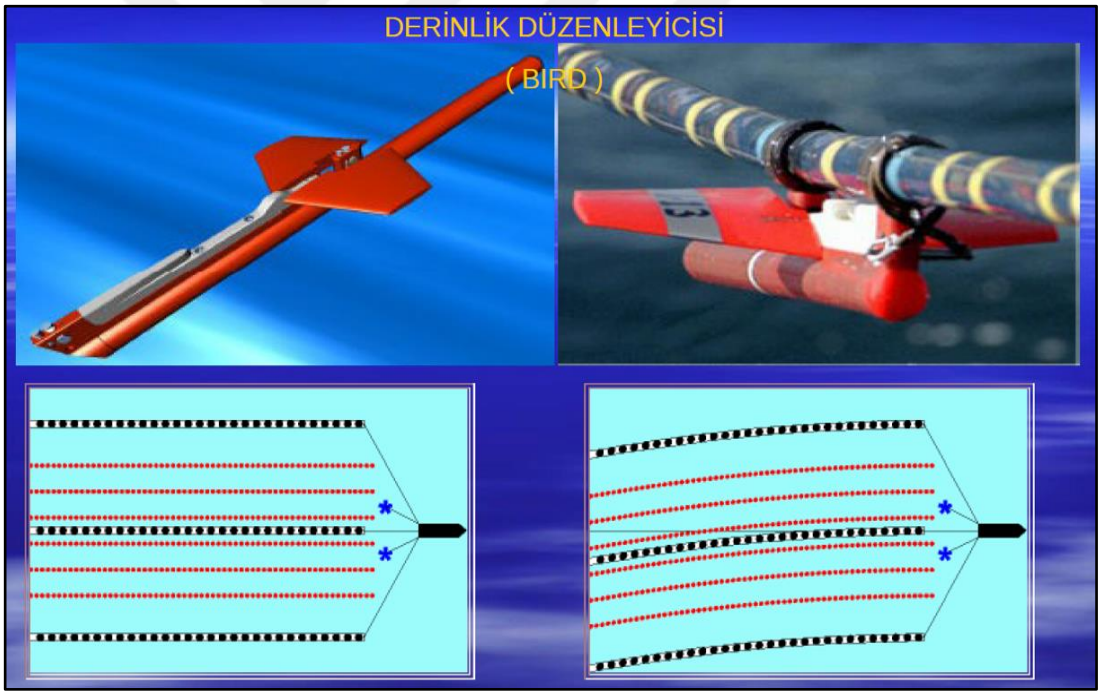
Denizde kullanılan sismik enerji kaynakları tarafından üretilen sinyalin, istenilen derinlikteki yeraltı katmanlarına nüfuz edebilmesi için güçlü ve yeterli ayrımlılığın elde edilebilmesi için de geniş frekans bantlı bir spektruma sahip olması gerekir.



Şekil 1.2. Deniz sismiğinde kullanılan hava tabancaları (Airgun) (URL-2)

Sismik veri toplanırken alıcı kablonun yanal hareketine müdahale edilmez fakat alıcı kablonun düşey konumu istenilen şekilde ayarlanabilir. Bu esnada alıcı kablo yüzey dalgalarından az etkilenmesi için suyun 3 ila 10 metre altında çekilir. Bu işlem alıcı kablonun üzerine yerleştirilen derinlik düzenleyicileri Şekil 1.3'te gösterilen (bird) adı verilen cihazlar yardımıyla yapılır.

Sismik kayıt odasından gönderilen komutlar neticesinde derinlik düzenleyicileri (bird) kanat açılarını değiştirerek alıcı kablosunu istenilen derinliğe getirirler. Üzerlerine yerleştirilen özel bir şamandıra vasıtasıyla alıcı kablonun batması durumunda otomatik olarak açılarak kablonun tekrar su yüzeyine çıkmasını sağlar. Üzerlerindeki elektronik pusula yardımıyla kablonun azimut açı bilgilerini kayıt odasına gönderirler ve güçlü yüzey akıntılarının bulunduğu durumlarda geminin arkasındaki alıcı kablolarının doğrultularından ne kadar saptıkları gözlenebilir.



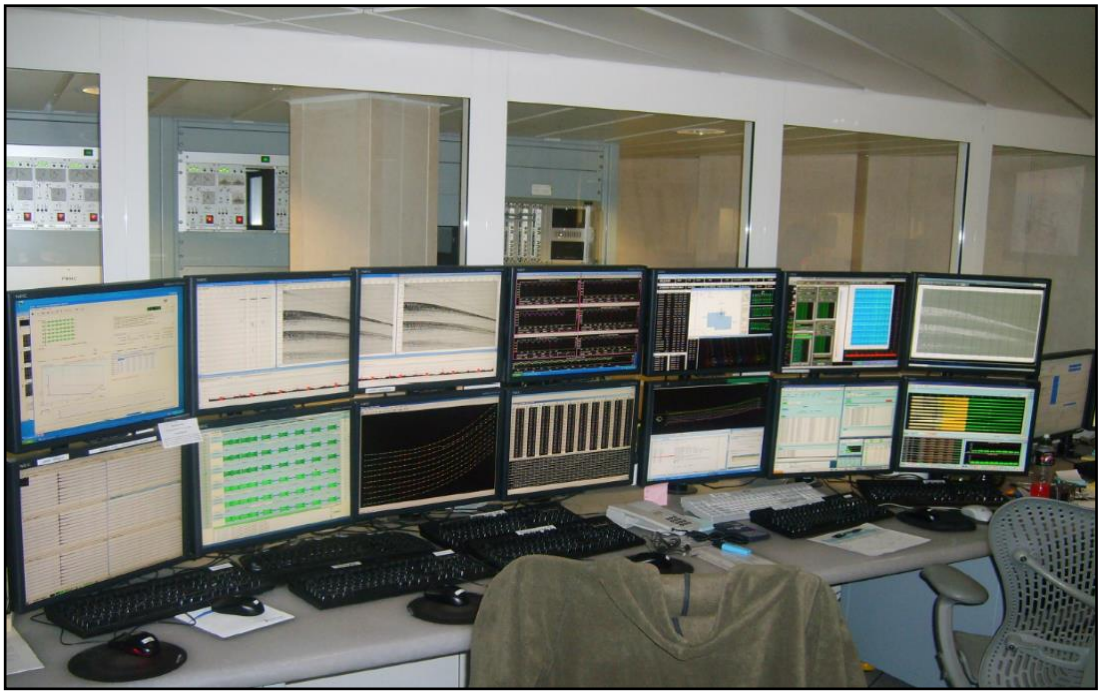
Şekil 1.3. Deniz sismiğinde kullanılan derinlik düzenleyicileri (Bird) (TPAO, 2011)

Şekil 1.4'de gösterilen alıcı kabloların gemiden uzak tarafındaki ucuna yerleştirilmiş ve üzerinde GPS ile flaşör bulunan şamandıraya kuyruk şamandırası (tailbuoy) denir. Alıcı kablo boyunun çok uzun olduğu durumlarda GPS yardımıyla eş zamanlı olarak alıcı kablosunun uzak ucunun gemiden olan konumu saptanır.



Şekil 1.4. Deniz sismiğinde kullanılan kuyruk şamandırası (Tailbuoy) (TPAO, 2011)

Şekil 1.5'te görülen sismik verinin kaydedildiği merkeze sismik kayıtlı (recorder) denmektedir. Alıcı kabloları doğrudan sismik kayıtçıya bağlıdır ve sürekli veri akışı mevcuttur.



Şekil 1.5. Deniz sismiğinde kullanılan sismik kayıt merkezi (Recorder) (TPAO, 2011)

Ayrıca denizde konum belirlemek için GPS kullanılmaktadır. Bu sisteme alıcı kablosu üzerindeki derinlik düzenleyicisi (bird), kuyruk şamandırası (tailbuoy) ve hava tabancası üzerine monte edilen GPS alıcılarından alınan sinyaller gelmektedir. Böylelikle navigasyon sistemi sismik veri toplama esnasında, her atış noktası için alıcı kablolarının, atış noktasının ve geminin konum bilgilerini ayrıca da geminin hızını log dosyalarına kaydeder. Sismik verinin kaliteli bir şekilde toplanabilmesi için bütün bu parametrelerin önemi çok yüksektir (TPAO, 2011).



Şekil 1.6. Deniz sismiğinde kullanılan navigasyon sistemi (Navigation) (TPAO, 2011)

2. DENİZ SİSMİĞİNDE VERİ TOPLAMA PARAMETRELERİ

2.1. Sismik Veri Toplamayı Etkileyen Parametreler

Deniz sismiğinde veri toplanmadan önce karar verilecek parametreler daha sonraki veri-işlem ve sismik verinin yorumunu etkileyeceğinden dolayı büyük bir öneme sahiptir.

2.1.1. Kayıt uzunluğu (Record length)

Çalışmada istenen derinlikle doğrudan orantılıdır ve istenen derinlikten gelecek yansıma sinyallerinin kaydedilebileceği kadar büyük olmalıdır. Uygulamada kayıt uzunluğu, sismik kaynağın gücüne bağlıdır.

2.1.2. Örnekleme aralığı (Sample rate)

Örnekleme aralığı ne kadar küçük seçilirse, Nyquist frekansı o kadar yüksek elde edilir. Uygulamada sismik kaynağın ürettiği frekans içeriği ile ilişkilidir ve kaynak, örnekleme aralığının ifade ettiği Nyquist frekansı değerine ulaşacak kadar yüksek frekanslı sinyal üretemiyorsa sismik veri gereğinden fazla sık örneklenir ve veri işlem süresinin artmasına neden olur.

2.1.3. Atış aralığı (Shot interval)

Kesitin başından sonuna kadar tüm CDP grupları için aynı ve düzenli bir katlanma (fold) sayısının elde edilebilmesi için atış aralığı, sabit olan alıcı grup aralığının tam katları olarak seçilir. Atış aralığı arttıkça gemi hızı da arttırılarak çalışma daha kısa sürede bitirilebilir ancak bu durum verinin katlama sayısını da azaltır.

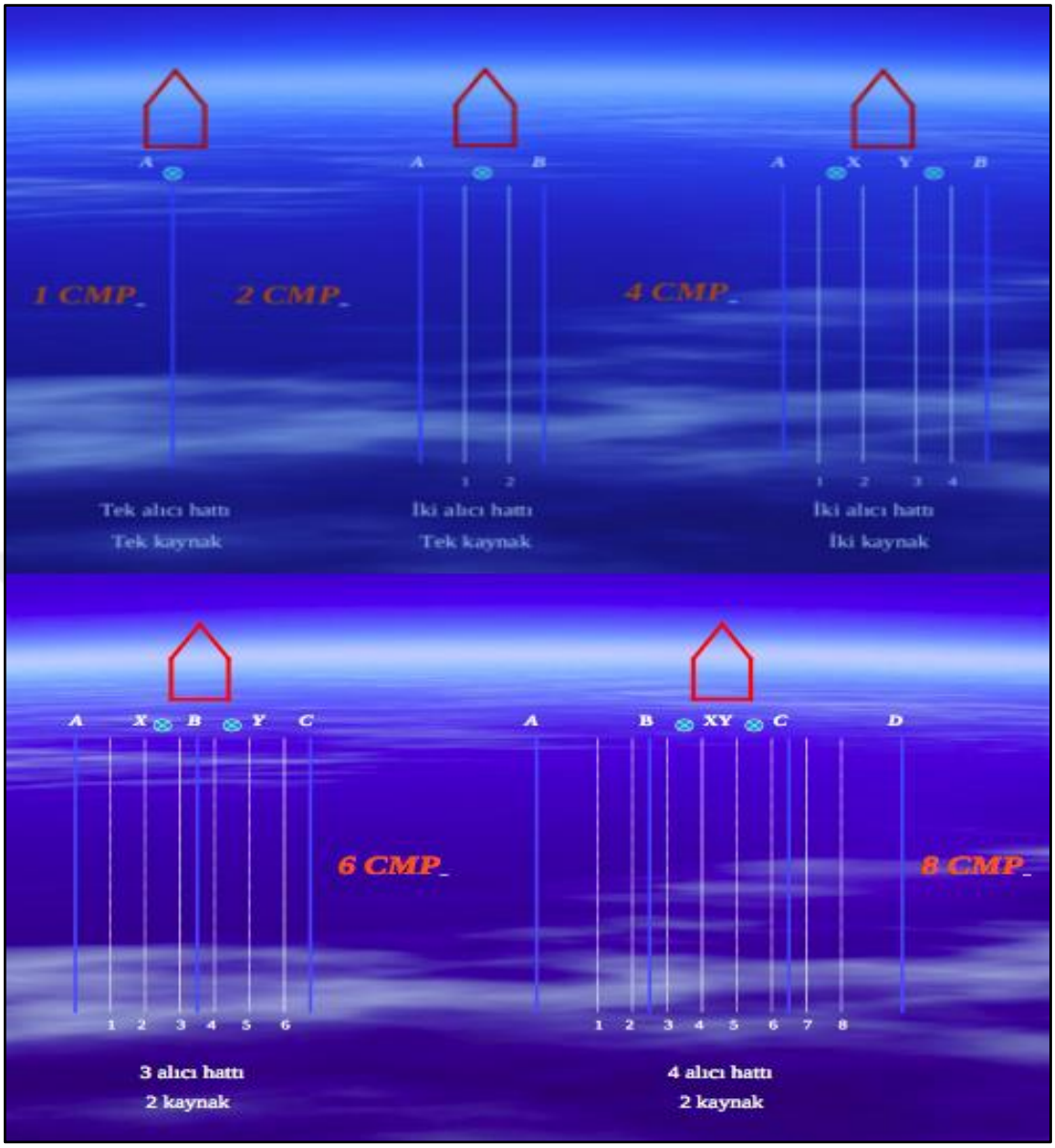
2.1.4. Atış parametreleri (Shot parameters)

Sinyalin frekans içeriğini kullanılan hava tabancasının hacmi doğrudan etkiler. Küçük hava tabancası hacmi yüksek frekans içeriği ve yüksek ayrımlılık, daha düşük penetrasyon anlamına gelir. Kullanılan hava basıncı arttıkça ana sinyalin genliği ve

ana genlik/kabarcık oranı artar. Sinyalin genliği, hava çıkışı alanının karekökü ile doğrudan orantılıdır. Uygulamada üretilen sinyalin hem düşük ve hem de yüksek frekansları içermesi, yani geniş bantlı olması amacıyla farklı hacimlerde birden fazla hava tabancası aynı anda kullanılarak hava tabancası düzenleri (airgun arrays) oluşturulur. Hava tabancası sayısı arttıkça sinyal genliği artarken, hava tabancaları arasındaki mesafe azaldıkça genlik de azalır (Uzer, 2016).

2.1.5. Atış ve alıcı düzenleri (Source and receiver arrays)

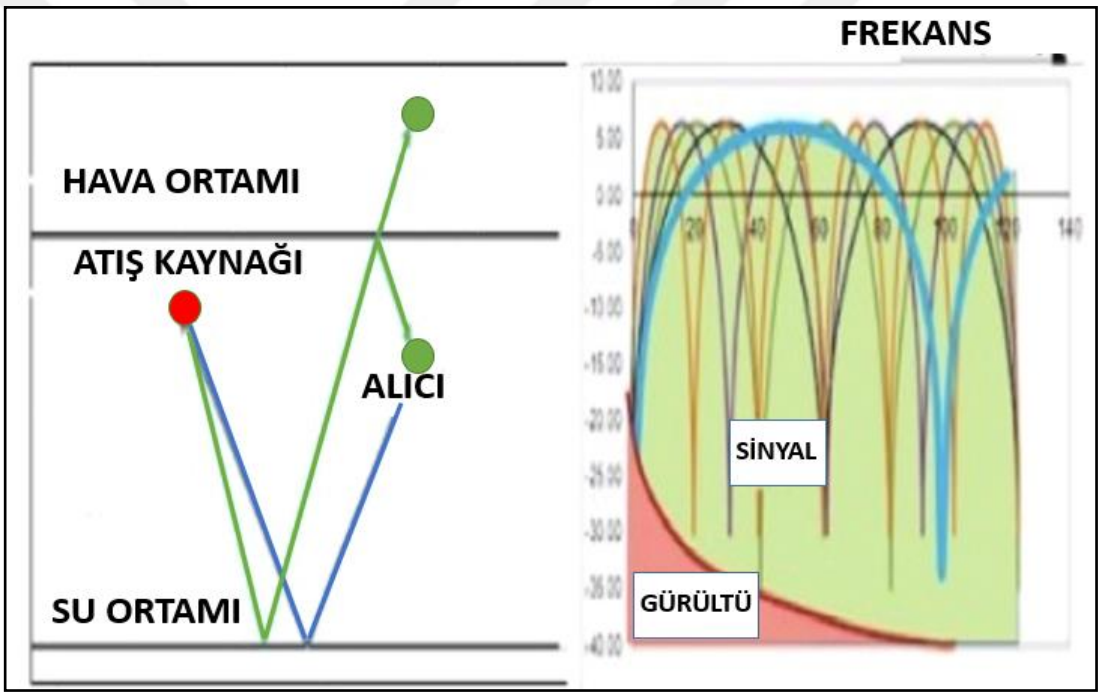
Kaydedilen sinyalin frekans içeriğini en çok etkileyen parametredir. Standart bir deniz sismiği sisteminde tek bir atış için alıcıya dört farklı ışın ulaşır. Deniz tabanından yansıyan sinyal "yakın alan kaynak imzası" adını alır ve nadiren görülür. Bu ışınların varış zamanları arasında çok az zaman farkı olması sebebiyle ışınlar frekans içeriklerine göre yapıcı veya bozucu girişim sergilerler. Bu girişim işlemi dikkate alınarak kullanılması gereken uygun alıcı kablo aralığı (streamer) aralığı ve derinliği, kaydedilmek istenen frekans değerine uygun şekilde seçilmelidir. Ayrıca sinyalin alıcı kabloya (streamer) geliş açısı arttıkça, her bir hidrofon sinyalini bir zaman gecikmesi ile algılar. Dolayısıyla yansıma sinyalinin alıcı kabloya (streamer) geliş açısı azaltılarak genlik azalması düşürülebilir. Alıcı ve atış düzenlerinin (Şekil 2.1) tasarımlarına göre sismik veri toplamak verinin kalitesine etki edeceğinden dikkatli olmak gerekmektedir (Dondurur, 2009).



Şekil 2.1. Deniz sismiğinde atış ve alıcı düzenleri (TPAO, 2011)

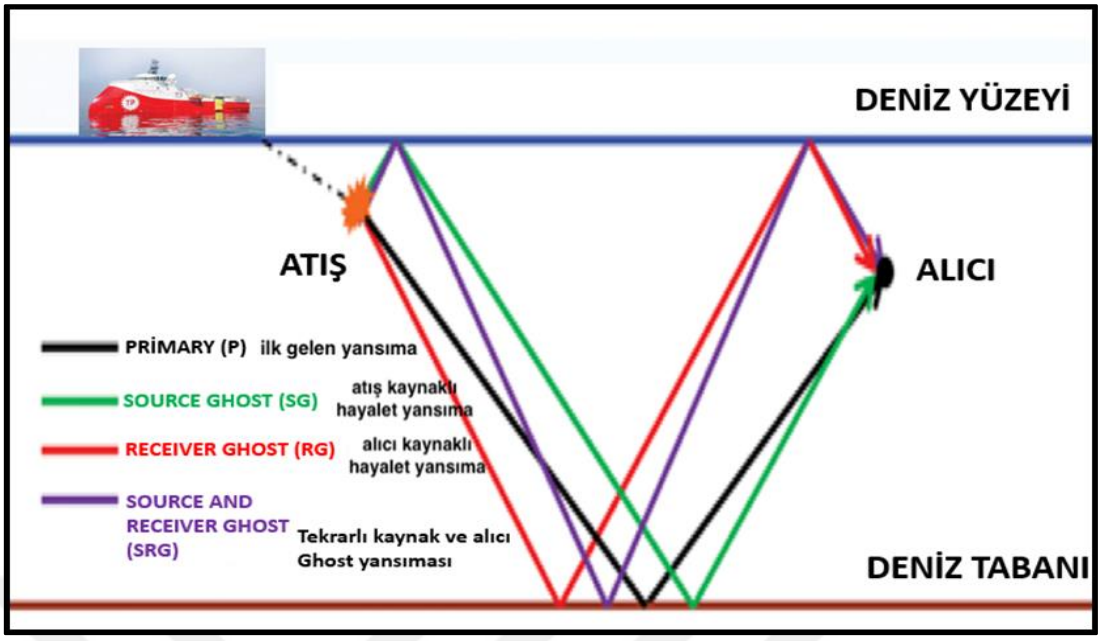
3. DENİZ SİSMİĞİNDE HAYALET YANSIMALAR VE TEORİSİ

Deniz sismiğinde her sismik veri setinde hayalet yansımalar bulunmaktadır. Bu hayalet yansımalar sismik verinin yorumuna direk etki eden yıkıcı girişimlerdir. Sürekli olarak duyduğumuz bu hayalet yansımalar sismik verinin frekans spektrumu ile doğrudan ilişkilidir. Şekil 3.1'de görülen yukarı ve aşağı yönlü oluşan hayalet yansımaların enerjilerinin girişimi sismik verinin frekans spektrumunda hayalet çentiklerine (Ghost notch'larına) sebep olur.



Şekil 3.1. Hayalet yansıma enerji dalgaları ve frekans spektrumu (Western Geco, 2018)

Şekil 3.2'de görülen 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 kaynaktan yukarı giden sismik enerji dalgalarının ilk olarak deniz yüzeyinden yansıyarak daha sonra deniz tabanından yansıyıp alıcıya gelmesi sonucu oluşmaktadır. Bir diğer hayalet yansıması olan alıcı hayalet yansımaları deniz tabanından yukarı gelen sismik enerji dalgalarının deniz yüzeyinde aşağı yönlü yansıması sonucu oluşmaktadır.



Şekil 3.2. Deniz altı hayalet dalga (Ghost reflections) yansıma görüntüleri (Western Geco, 2018)

Temel basınç-dalga teorisi hayalet yansımalarının 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) çarpımı Denklem (3.1)'de gösterilmiştir,

$$Z_i=\rho_i \times V_i=(\text{yoğunluk})\times(\text{dalga hızı}) \tag{3.1}$$

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.

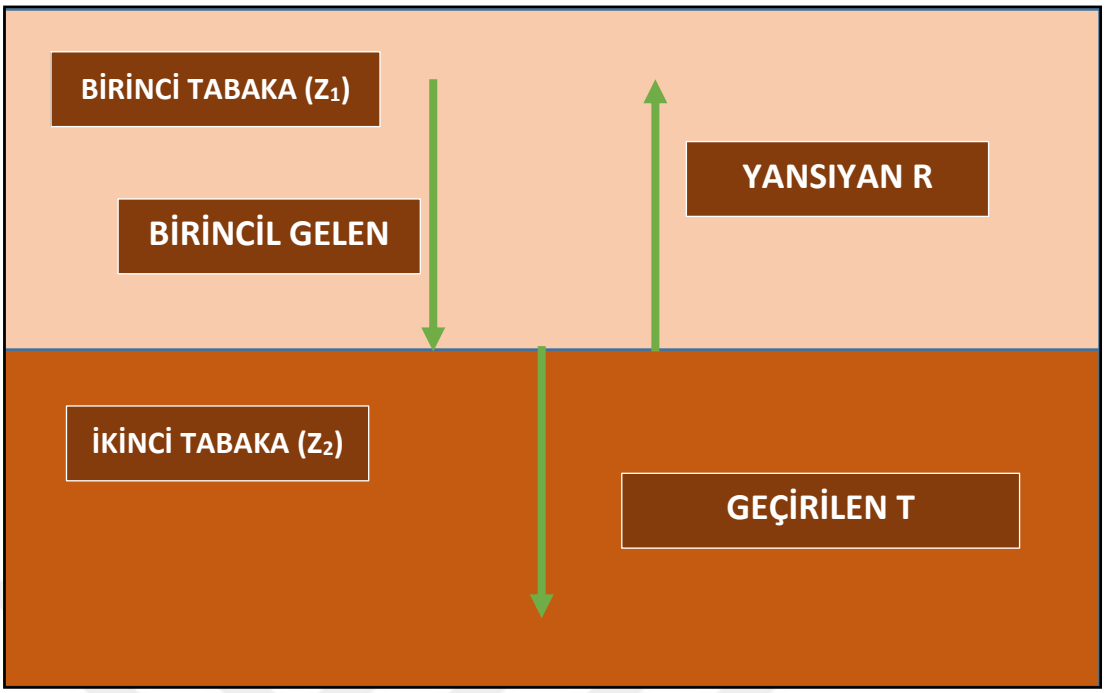
Bu durumu şu şekilde özetleyebiliriz; kara ortamında, kayaç değişimin gerçekleştiği bölgelerde geri yansıma oranı Denklem (3.2)'deki formül yoluyla hesaplanmaktadır,

$$R=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1} \tag{3.2}$$

Burada;

R: Geri yansıma oranı (Reflected Wave Amplitude Coefficient)

Z_2 ve Z_1: Bölgelerin empedans değeri



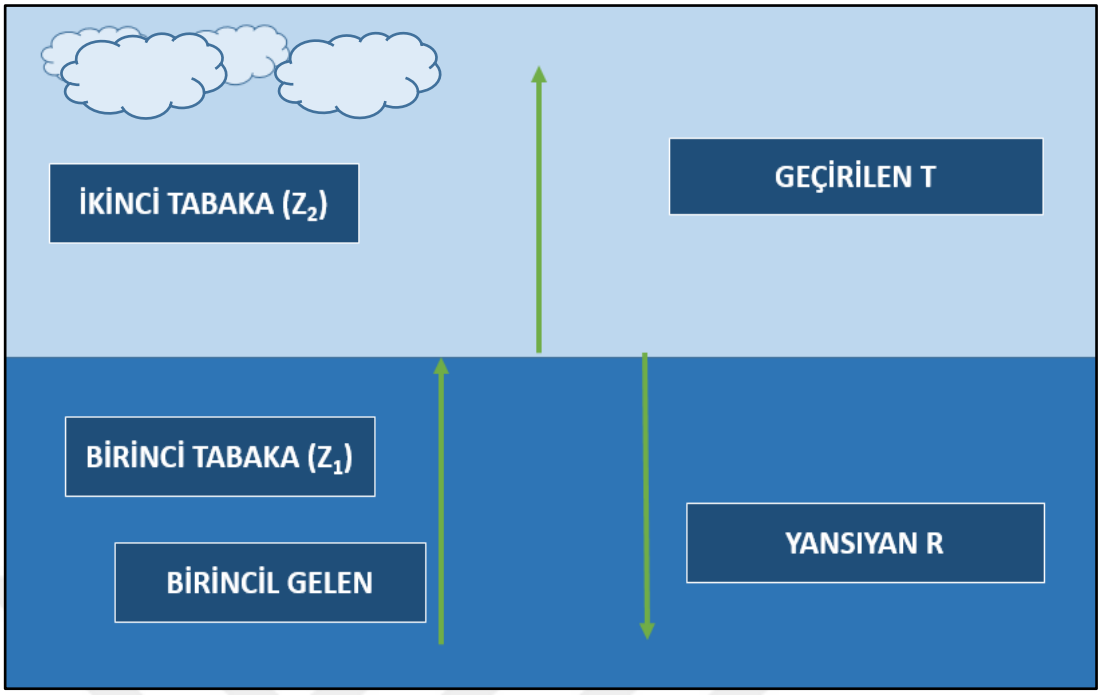
Şekil 3.3. Farklı empedans değerine sahip ortamlarda sismik dalganın davranışı (Western Geco, 2018)

Karada genellikle aşağı yönlü hareket eden sismik dalgalarda (Şekil 3.3) yansıma oranı (R), empedans değeri (Z) kayaçtan kayaca çok fazla farklılık göstermediği için düşük olmaktadır. Örnek olarak empedans değerine birbirine yakın olan iki geçiş bölgesi düşünelim, Z_1 ve Z_2 sırası ile 1,00 ve 1,25 değerlerine sahip olsun, burada yansıma oranını Denklem (3.3)'deki formülü kullanarak hesaplarsak;

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{1{,}25 - 1{,}00}{1{,}25 + 1{,}00} \cong 0{,}11 \qquad (3.3)$$

Yukarıdaki hesaplama doğrultusunda, iki ortamın empedans (Z) değeri birbirine yaklaştıkça yansıma oranı gitgide azalmaktadır. Son olarak empedans değeri aynı olan iki ortamın geçişinde yansıma oranı (R) sıfır (0) olmaktadır.

Aynı denklem deniz ortamında yukarı yönlü oluşmakta olan sismik dalgalarına uygulandığında sonuç aşağıdaki gibi olmaktadır.



Şekil 3.4. Deniz ortamında sismik dalganın davranışı (Western Geco, 2018)

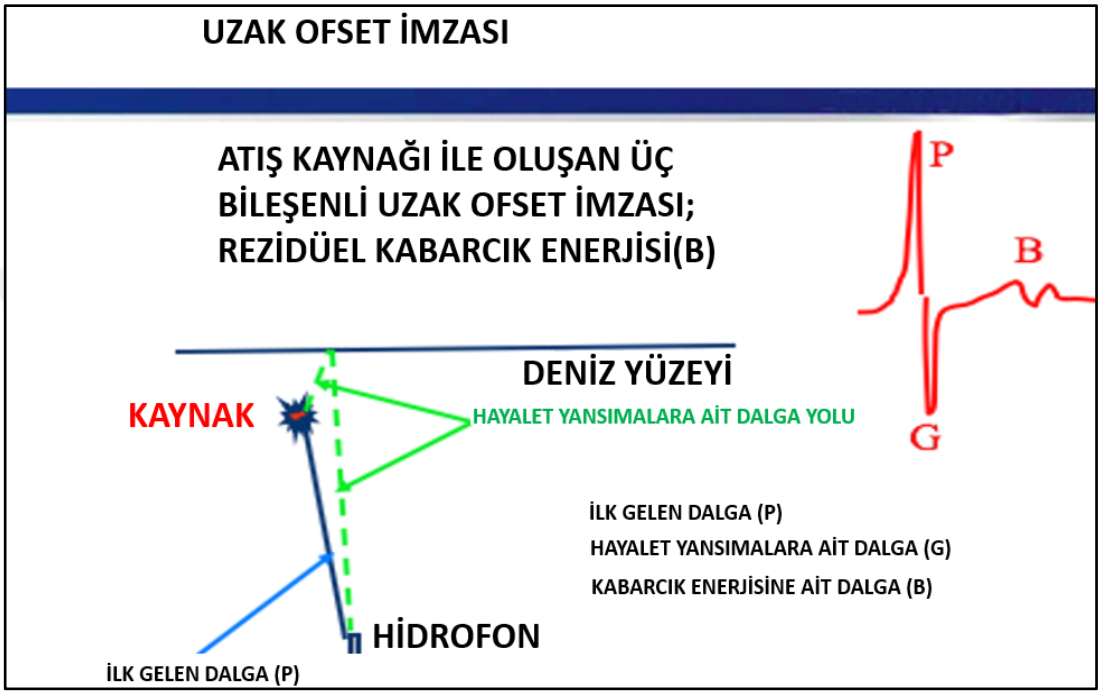
Şekil 3.4'de görülen ortamda havaya ve suya ait tipik yoğunluk ve dalgaya ait hız değerleri düşünüldüğünde, dalga yansıma oranı elde edilmektedir.

- Su yoğunluğu (ρ_w)=1000 kg/m^3
- P dalgasının sudaki yayılma hızı (V_p)=1500 m/s
- Su ortamına ait empedans değeri (Z_W)=1,5×10^6 kg/(m^2×s)
- Hava yoğunluğu (ρ_A)=1,293 kg/m^3
- P dalgasının havadaki yayılma hızı=340 m/s
- Hava ortamına ait empedans değeri (Z_A)=439,62 kg/(m^2×s)

$$R=\frac{Z_A-Z_W}{Z_A+Z_w}=\frac{439{,}62-1{,}5\times10^6}{439{,}62+1{,}5\times10^6}\cong -1 \qquad (3.4)$$

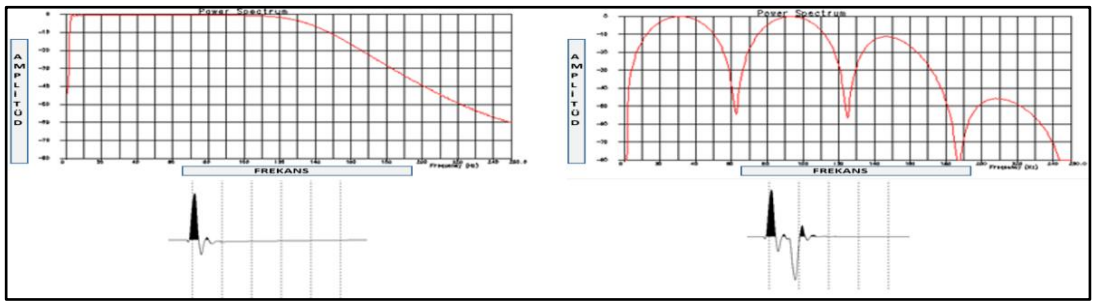
Denklem (3.4)'deki formül sonucu elde edilen sonuç negatif polar değerine sahip tam bir yansımayı göstermektedir. Bundan dolayı, deniz sismik dalgalarında hayalet yansımaları oluşmakta olup, bu oluşumlar sismik verilerin yorumlanmasında birtakım sorunlara yol açmaktadırlar.

Hava tabancası (airgun) deniz altında patlatıldığında (Şekil 3.5) içerisinde üç farklı enerjiye sahip bir dalgacık (far field signature) oluşturur. Bunlardan birincisi direk olarak hidrofona gelen birincil dalgacık, ikincisi deniz yüzeyinden yansıyan ve daha sonra hidrofona gelen hayalet dalgacık ve sonuncusu olan hava tabancasının patlaması sonucu oluşan hava kabarcıklarının (bubble pulse) oluşturduğu titreşimlerdir.



Şekil 3.5. Hava tabancası patlaması sonucu oluşan 3 elementli dalgacık (Western Geco, 2018)

Ters polariteyle yansıyan hayalet dalgaları frekans spektrumunda yıkıcı bir gösterime ve bazı frekanslardaki dalgaların kaybına sebep olur. Bu kayıplar Şekil 3.6 üzerinde gösterilen spektrumlarda çentik oluşumu ile sonuçlanır.



Şekil 3.6. Sinyal ve sinyale ait spektrum ile Ghost ekli sinyal ve ona ait spektrum (Paradigm, 2016)

Dalga boyunun kaynak derinliğinin 2 katına eşit olduğu durumlarda frekans değerleri yapıcı bir şekilde iletilebilir. Bu durumu Denklem (3.5)'deki formülle özetleyebiliriz;

$$V=f\times\lambda \tag{3.5}$$

Burada;

f:frekans (Hz)

λ:dalga boyu (m)

V:hız (m/s) olarak gösterilmektedir.

$$f=\frac{V}{\lambda} \tag{3.6}$$

V=1500 m/s olduğunda,

f=1500/(2×D) olarak ifade edilir. Burada D kaynak derinliğini ifade etmektedir.

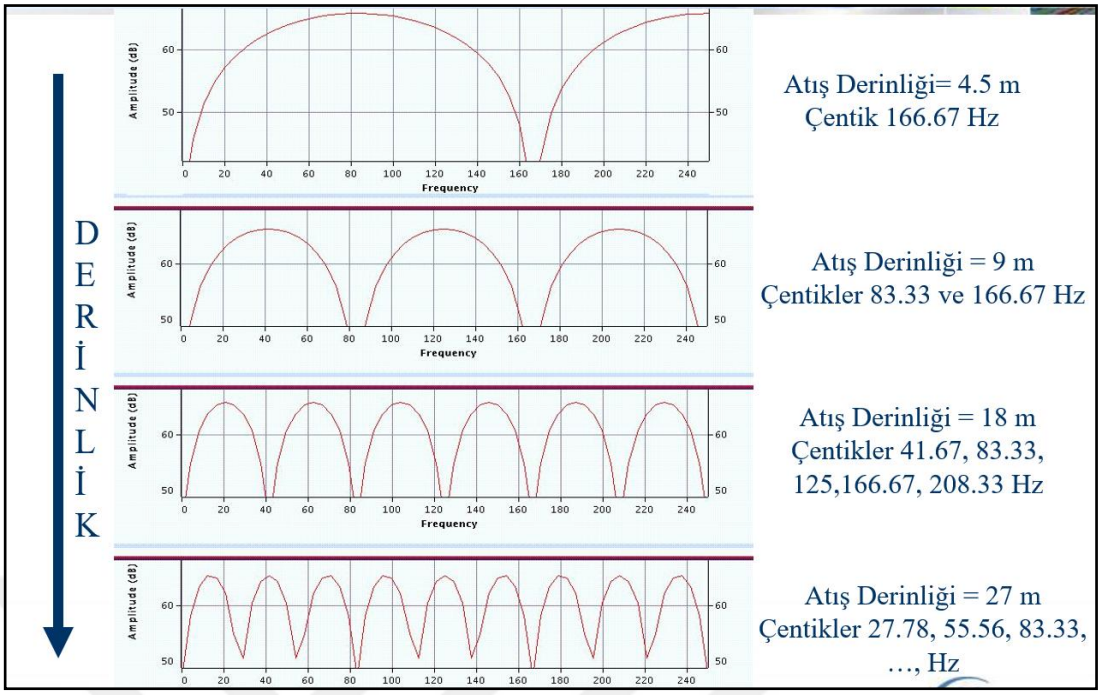
Örnek olarak;

D=5 m. F=1500/(2×5)=150 Hz

D=10 m. F=1500/(2×10)=75 Hz

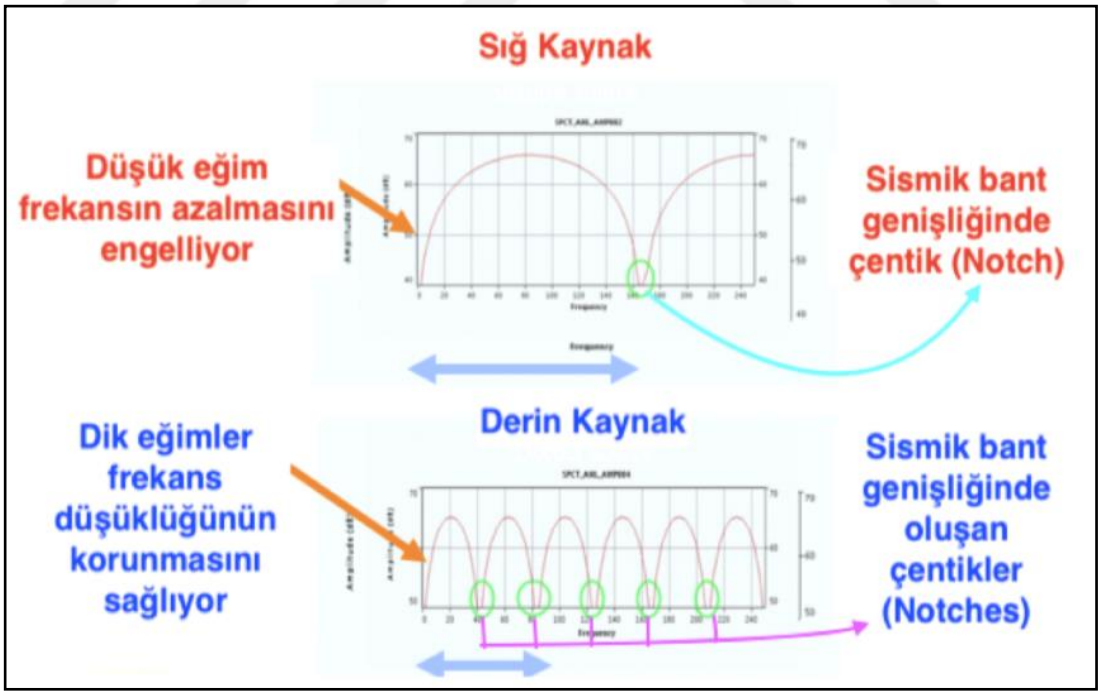
D=20 m. F=1500/(2×20)=37,5 Hz

Denklem (3.6)'deki 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 3.7. Kaynak derinliğine bağlı oluşan çentikler (Notches) (Western Geco, 2018)

Şekil 3.7'den de anlaşılacağı üzere kaynak derinliği arttıkça frekansta oluşan düşüş, geniş bant spektrumunda çentik oluşumuna (notch) sebep olmaktır.



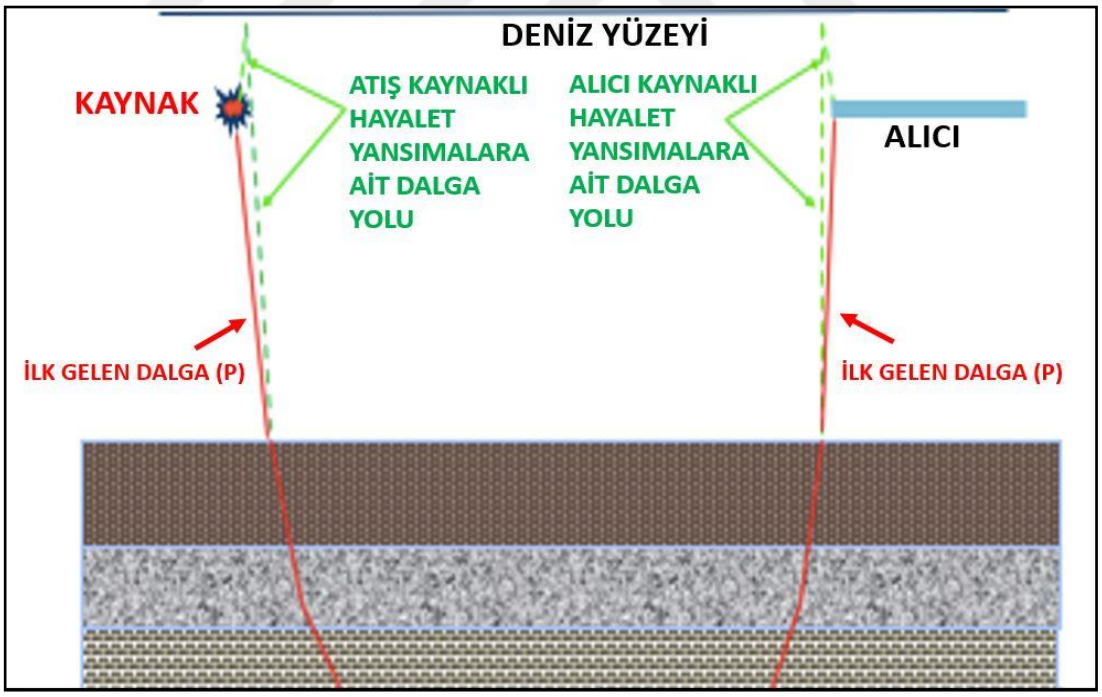
Şekil 3.8. Kaynak derinliği ile oluşan çentiklerin karşılaştırılması (Notches) (Western Geco, 2018)

Şekil 3.8'de gösterilen kaynak derinliklerinden 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.

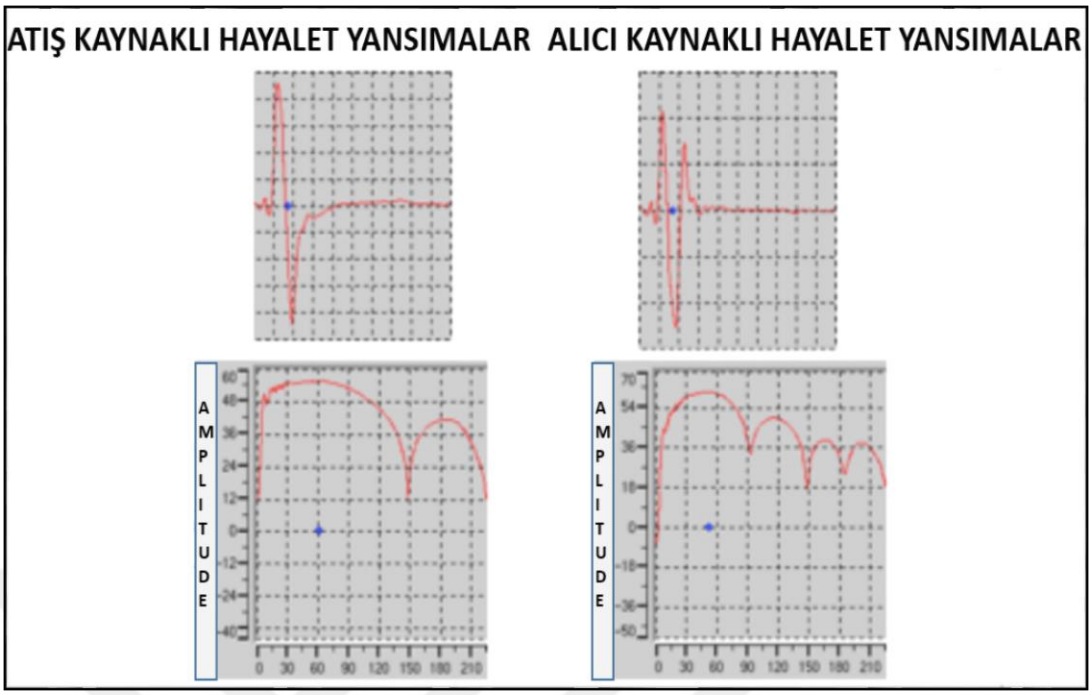
- Bir diğer taraftan kaynak (source) eğer derinlerde ateşleme yapıyorsa, sismik veri seti frekans düşüklüğü açısından zengin, fakat bir yandan da çentik (notch) oluşumu açısından fazlalık gösterir. Frekans düşüklüğü çözünürlük için olumlu etki yaparken, çentik (notch) sismik veri setinin çözünürlüğünü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

Hayalet yansıma aynı zamanda Şekil 3.9'da gösterilen alıcı içinde gerçekleşmektedir.



Şekil 3.9. Alıcı kaynaklı oluşan hayalet yansımalar (Receiver Ghost) (Western Geco, 2018)

Sonuç olarak sismik dalgacığın frekans spektrumuna baktığımızda, Şekil 3.10'da spektruma etki eden kaynak ve alıcı hayalet yansımalarının (source and receiver Ghost) etkilerini göreceğiz.



Şekil 3.10. Hayalet yansımalarının frekans spektrumuna etkileri (Western Geco, 2018)

Deniz sismiğinde karşılaşılan hayalet yansımalarla ilgili özet olarak söylenmesi gereken maddeler aşağıdaki gibidir;

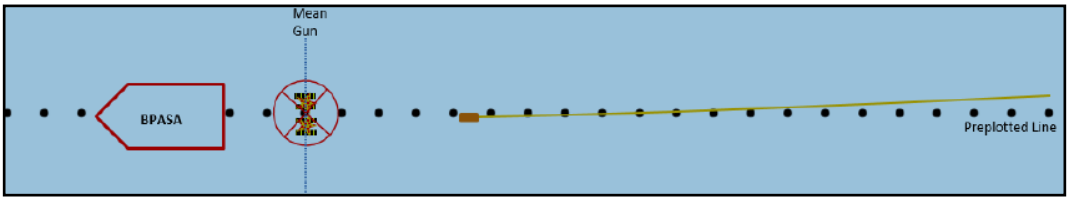
- Deniz tabanından yansıyan dalga enerjisinin yukarı hareketi deniz yüzeyinden tamamen ters polarite ile geriye yansıması ile sonuçlanır.
- Bu ters polarite ile geriye yansıma olayı hem kaynak (source) hem de alıcı (receiver) hayalet yansımalarının oluşmasında etkin rol oynamaktadır.
- Bu hayalet yansımalar frekans spektrumunda çentiklere sebep olmaktadır.
- Kaynak ve alıcı derinliği, çentiklerin oluştuğu frekans değerlerini belirlemektedir.
- Kaynağın derinde olması fazla miktarda çentik oluşmasına sebep olurken, frekans düşüklüğü açısından zengin cevaplar vermektedir.
- En önemlisi hayalet yansıma sismik verinin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. (Western Geco, 2018).

4. UYGULAMA

4.1. Kullanılan Sismik Veri'nin Tanıtımı

Tablo 4.1. Sismik kayıt parametreleri

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 4.1. Kullanılan sismik verinin atış ve alıcı düzeni (Polarcus, 2014a)

Karadeniz sularında Türkiye Petrolleri A.O. ya ait olan Barbaros Hayrettin Paşa gemisi ile yukarıda ki parametreler ile toplanmış olan iki boyutlu (Şekil 4.1) sismik veriye bütün veri işlem aşamaları başarıyla uygulanmıştır.

4.2. Uygulanan Genel Veri İşlem Aşamaları

Çalışma boyunca uygulanan genel veri işlem aşamaları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Uygulanan genel veri işlem aşamaları



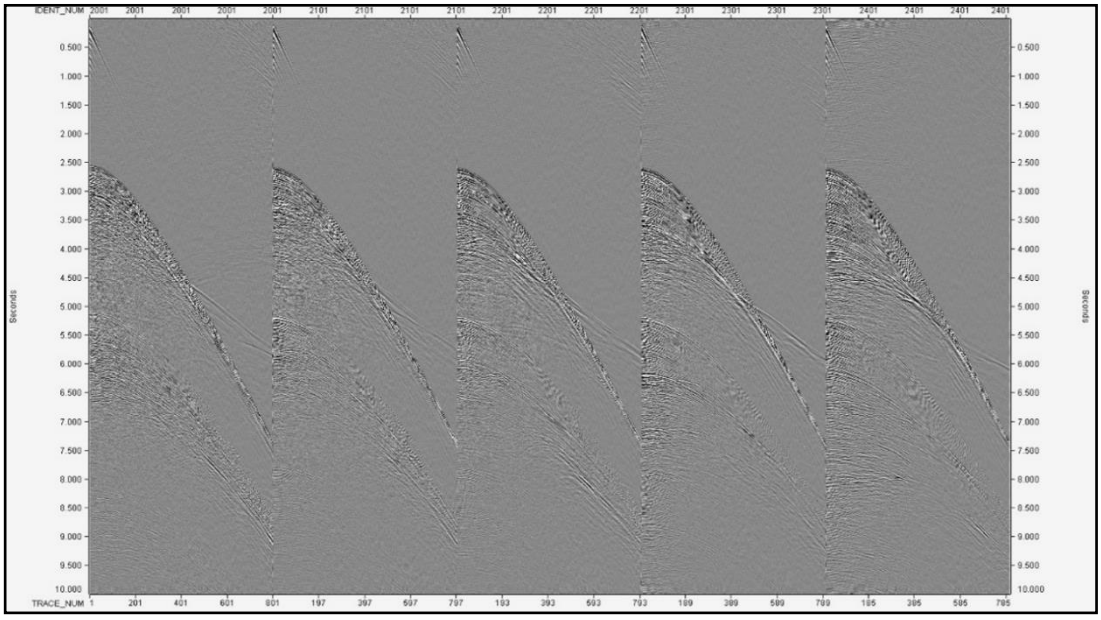
4.3. Sismik Verinin İşlenmesi

4.3.1. Veri yüklenmesi (Data Loading)

Segy formatındaki veri (Şekil 4.2) yüklenerek gerekli geometri kontrolleri yapılmıştır.

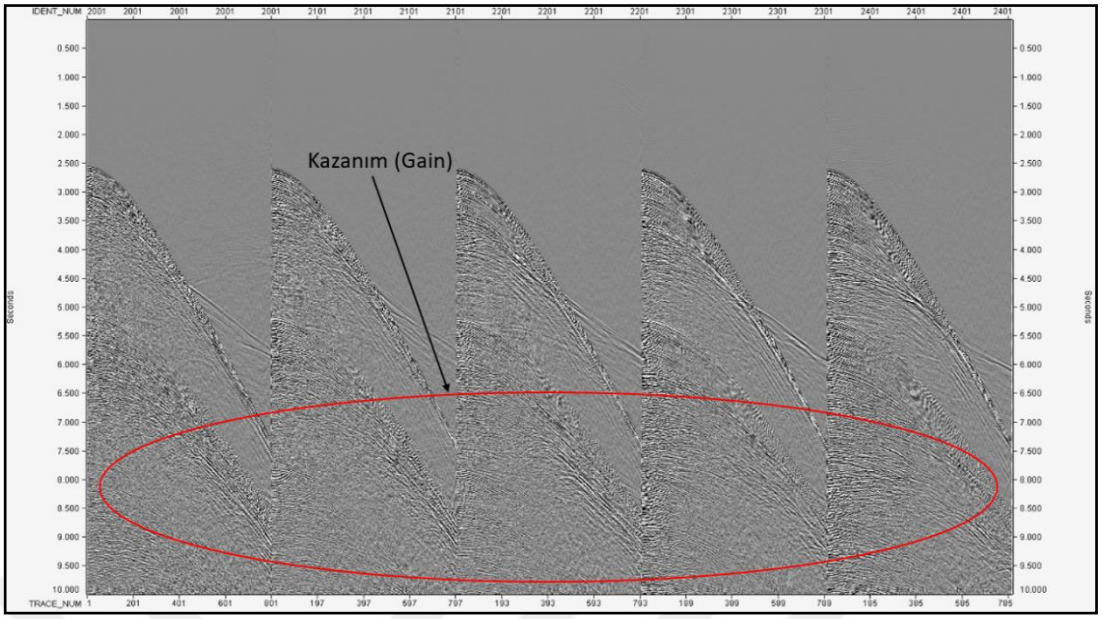


Şekil 4.2. Yüklenilen ham sismik veri



Şekil 4.3. Yüksek geçişli filtre sonrası ham sismik veri

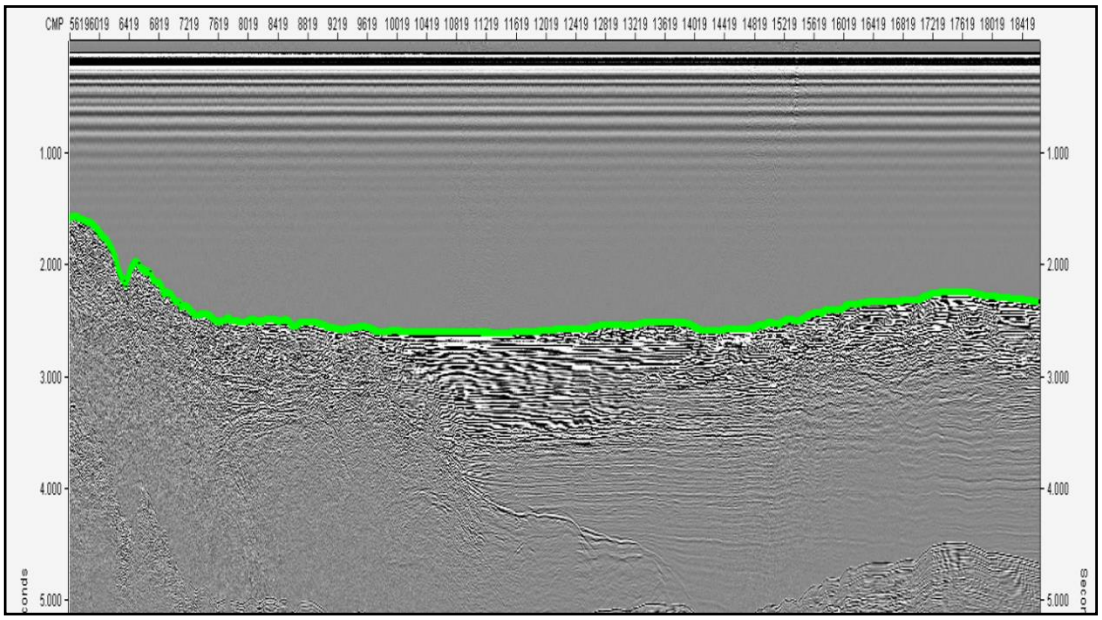
Düşük frekanslara sahip 3 Hz gürültü veriden atıldıktan sonra enerjinin derinlere doğru sönümlenmesinden dolayı veriye genlik kazanımı uygulanmıştır.



Şekil 4.4. Genlik kazanımı sonrası sismik veri

4.3.2. Deniz tabanı belirlenmesi (Water bottom picks)

Şekil 4.5'de gösterilen deniz tabanın sayısal değerlerinin hesaplanması diğer veri işlem aşamalarında kullanılacağından belirlenmesi gerekmektedir, bu amaçla yakın izlerin sayısal değerleri kaydedilir.



Şekil 4.5. Deniz tabanı belirlenmesi

4.3.3. Gürültü eliminasyonu (Noise elimination)

4.3.3.1. Deniz gürültüsü eliminasyonu (Swell noise elimination)

Deniz dalgası gürültüsü gibi yüksek genlik karakteri gösteren gürültüler sismik veriden genlik filtresi ile atılabilir. Bu aşamada yüksek genlikli gürültü filtresi (Anomalous amplitude noise attenuation) kullanılarak, sismik verinin genlikleri incelenmiş ve gürültü içeren yüksek genlikli deniz gürültüleri sismik veriden atılmıştır.

Yüksek genlikli gürültü filtresi (Anomalous amplitude noise attenuation), genliklerdeki gürültü tabanlı frekansları tarayarak sismik verideki tüm komşu izleri Denklem (4.1)'deki formül ile inceler.

$$E_{ftk}=\frac{1}{n_{ftk}}\sum_{i=1}^{n_{ftk}} A_{iftk^2} \tag{4.1}$$

Burada,

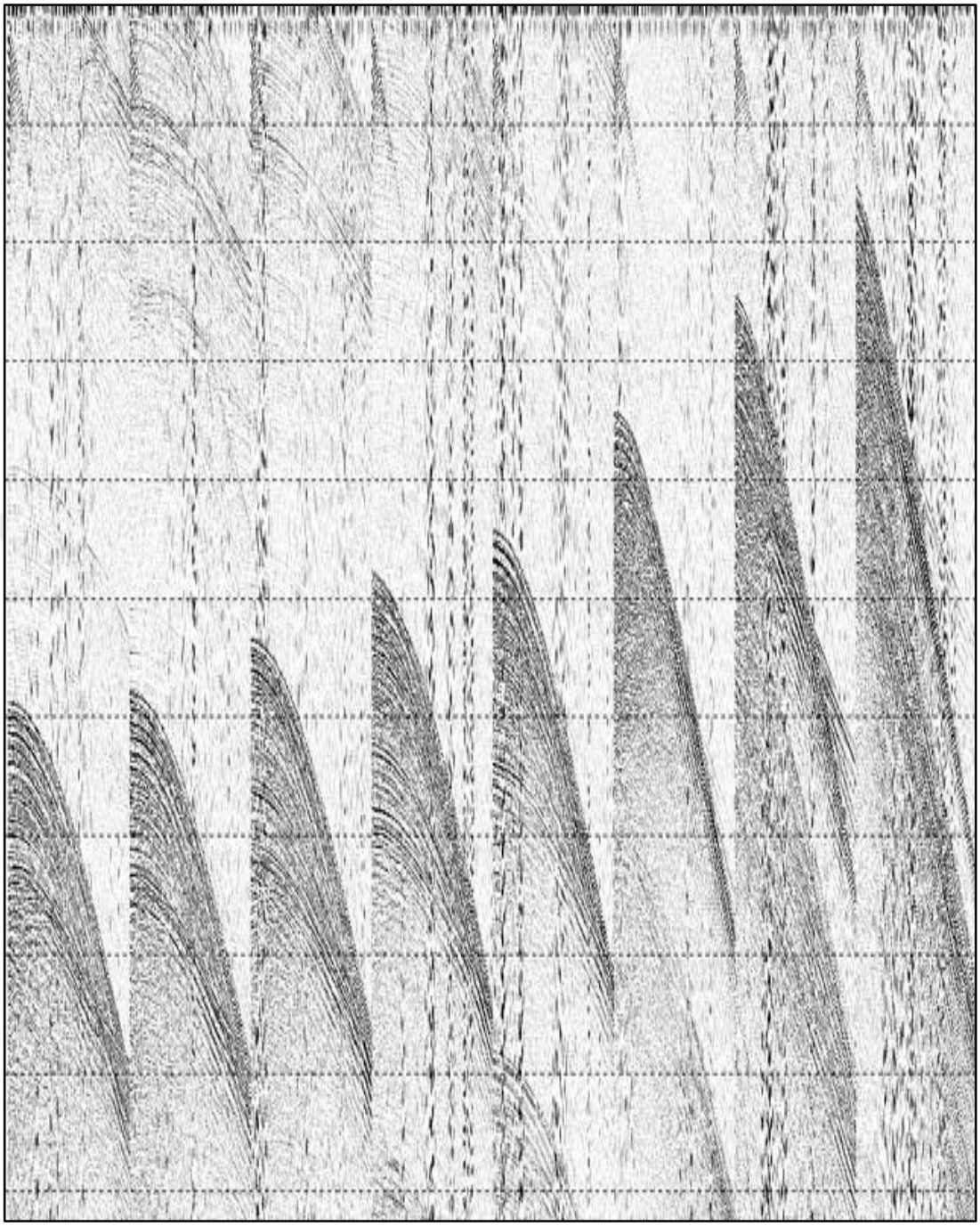
E_{ftk} = (k) izinin (t) penceresinde (f) frekans bandının genliği

A_{iftk^2} = (k) izinin (t) penceresinde (f) frekans bandında (i) örneğinin genliği

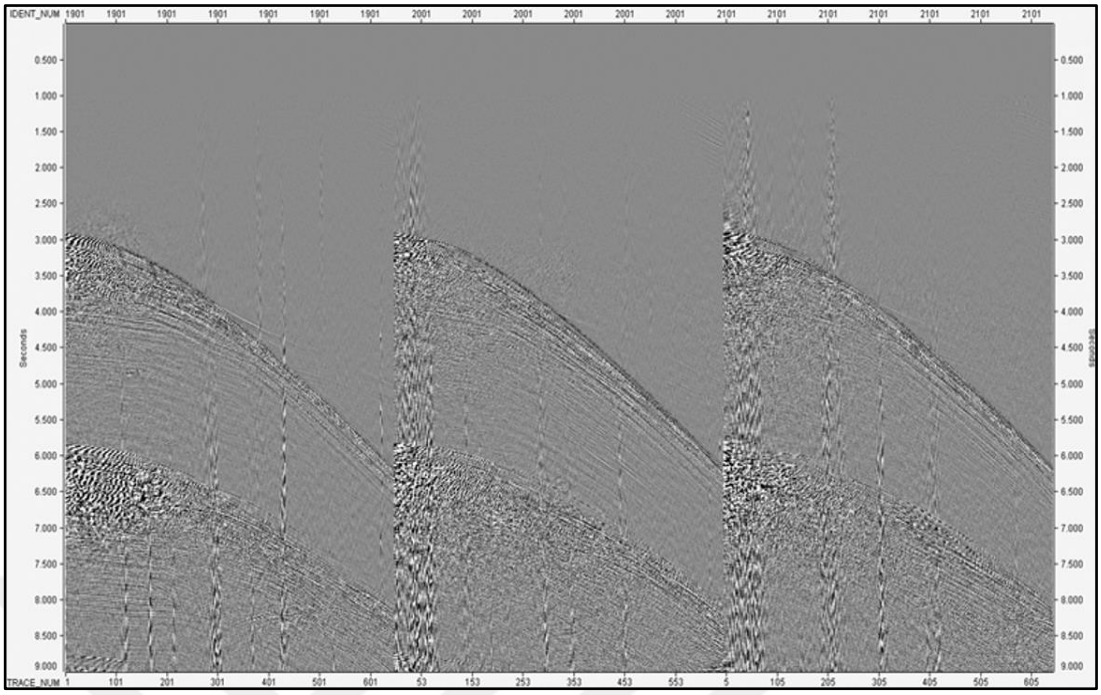
n_{ftk} = (k) izinin (t) penceresinde (f) frekans bandındaki örnek sayısını

ifade etmektedir.

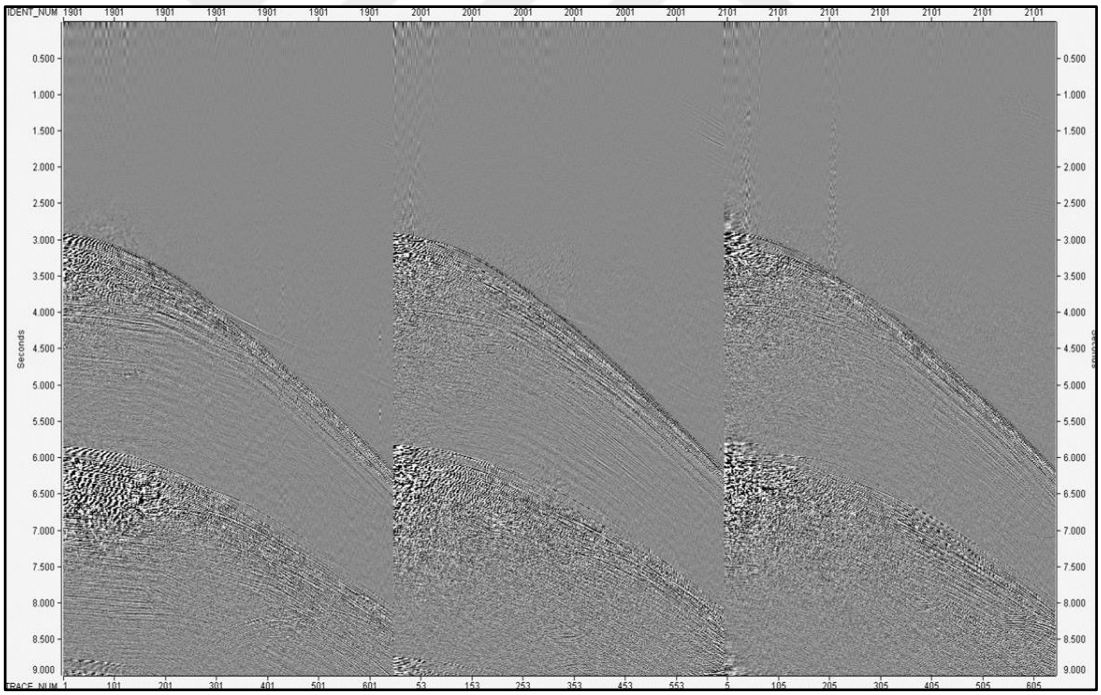
Şekil 4.6'da gösterilen sismik veri üzerindeki gürültüler çoğunlukla hava koşullarına ve operasyonel durumlara bağlı olarak oluşmaktadırlar. Bunlardan birisi olan deniz dalgası gürültüsü (swell noise) deniz yüzeyindeki dalgalardan meydana gelmektedir. Alıcı kablolar (streamer) yüzeye yakın çekildiklerinde ve deniz dalgaları yoğun olarak olduğu durumlarda daha da belirginleşirler. Düşük frekanslı gürültülerdir (Western Geco, 2018).



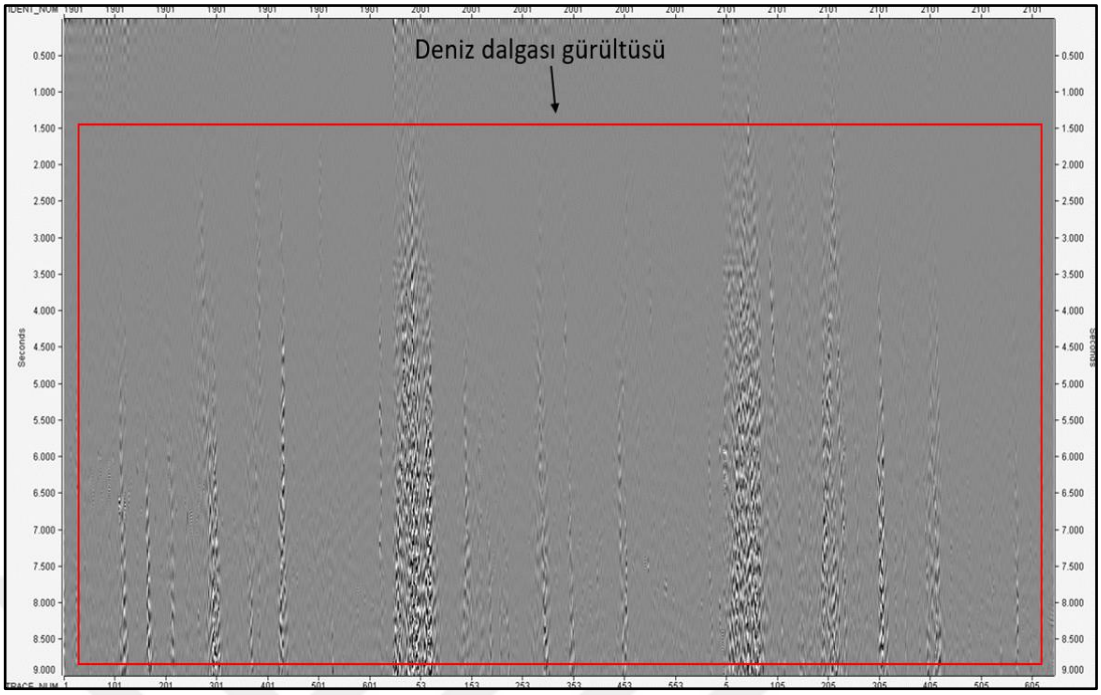
Şekil 4.6. Deniz dalgası gürültüsü örneği (URL-1)



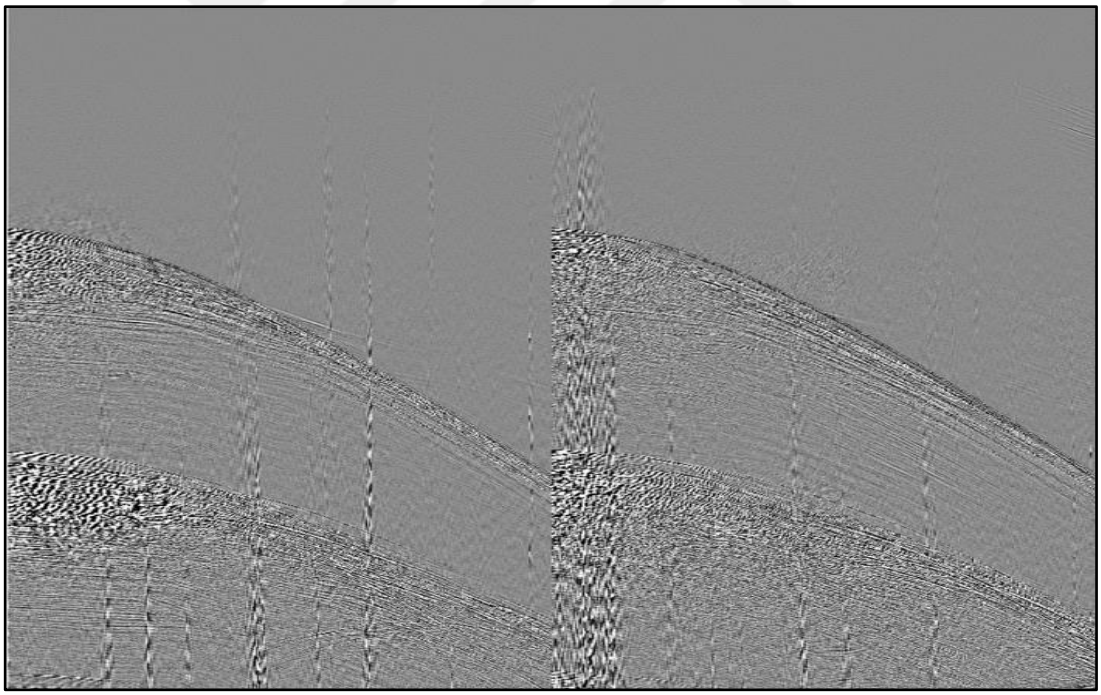
Şekil 4.7. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu öncesi sismik veri



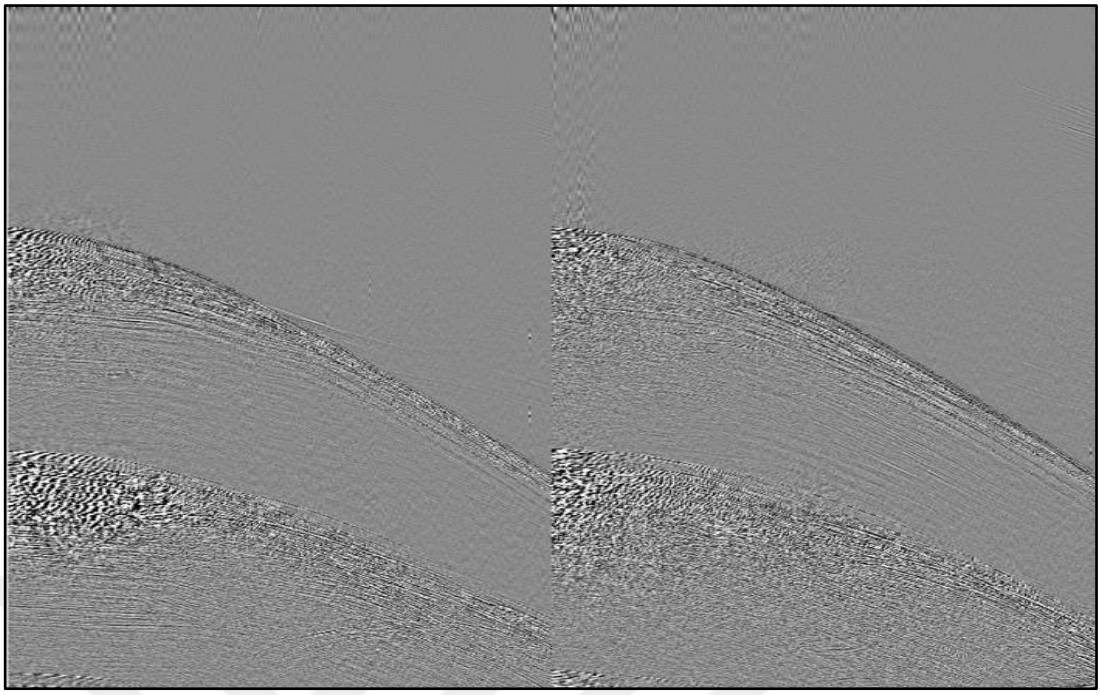
Şekil 4.8. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası sismik veri



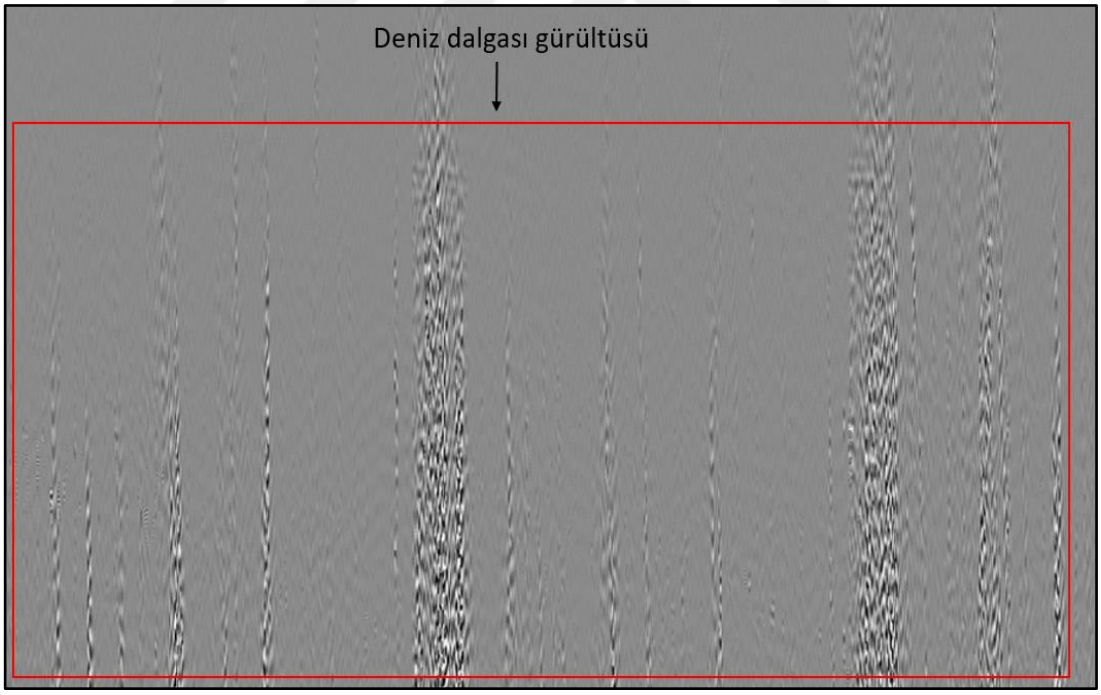
Şekil 4.9. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası farkı



Şekil 4.10. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu öncesi sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü



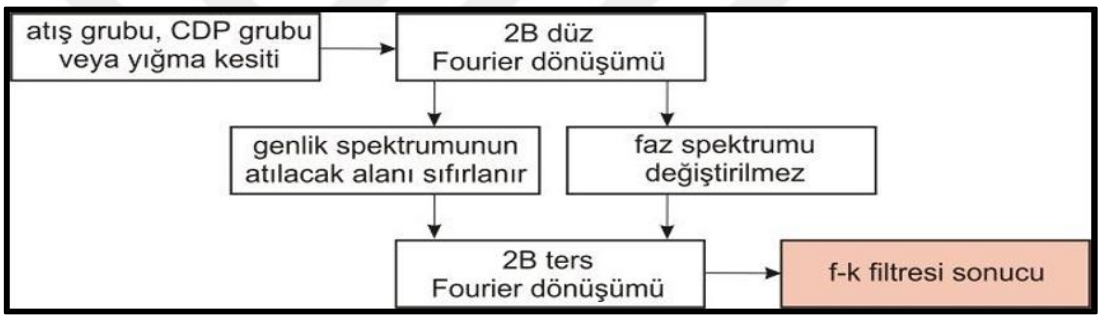
Şekil 4.11. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.12. Deniz dalgası gürültüsü eliminasyonu sonrası oluşan farkın yakınlaştırılmış hali

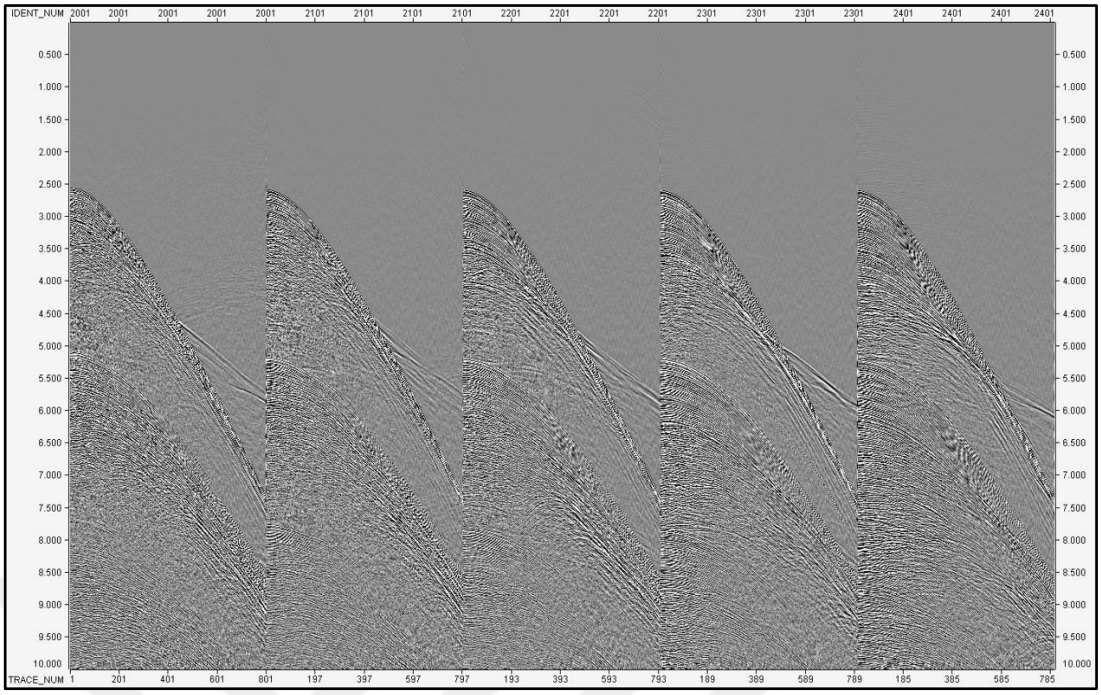
4.3.3.2. Lineer gürültü eliminasyonu (Lineer noise elimination)

Lineer gürültüler verinin toplanması esnasında veriye lineer olarak gelen gürültülerin tamamını içerir. Genellikle kullanılan ekipmanlar kaynaklı olabilmektedir. Örneğin geminin arkasından çekilen alıcı kablonun (streamer) gerilmesi lineer gürültülere sebep olacağı gibi alıcılara yakın geçen herhangi bir geminin gürültüsünde aynı etkiyi yapabilir. Bu gürültüler f-k eğim süzgeçleri ile atılabilir. Öncelikle sismik veriye 2B Fourier dönüşümü uygulanarak zaman uzaklık ortamındaki sismik veri frekans-dalga sayısı (f-k) ortamına taşınır ve bu olayların birbirlerinden ayrılması nedeniyle verinin 2B Fourier dönüşümü f-k spektrumu olarak adlandırılır. Sonuç olarak daha öncede belirttiğimiz gibi giriş verisindeki farklı eğimlere sahip kuyruk şamandırası, mekanik kablo gürültüleri gibi lineer gürültülerin atılmasını sağlar (Dondurur, 2009).

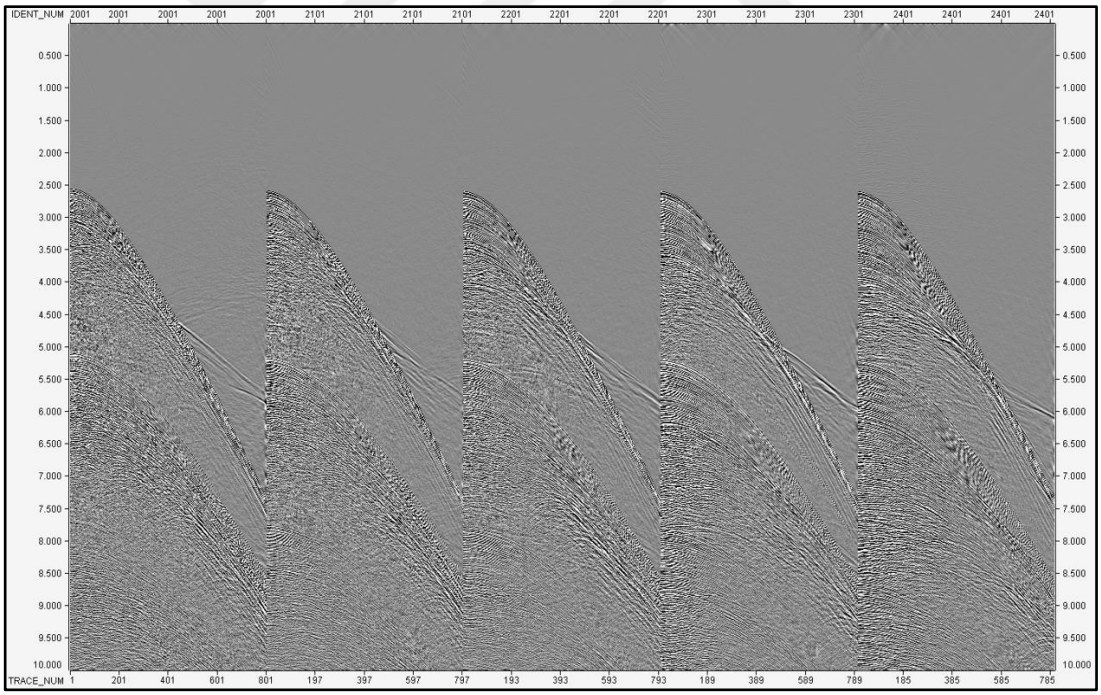


Şekil 4.13. f-k süzgeci uygulama şeması (Dondurur, 2009)

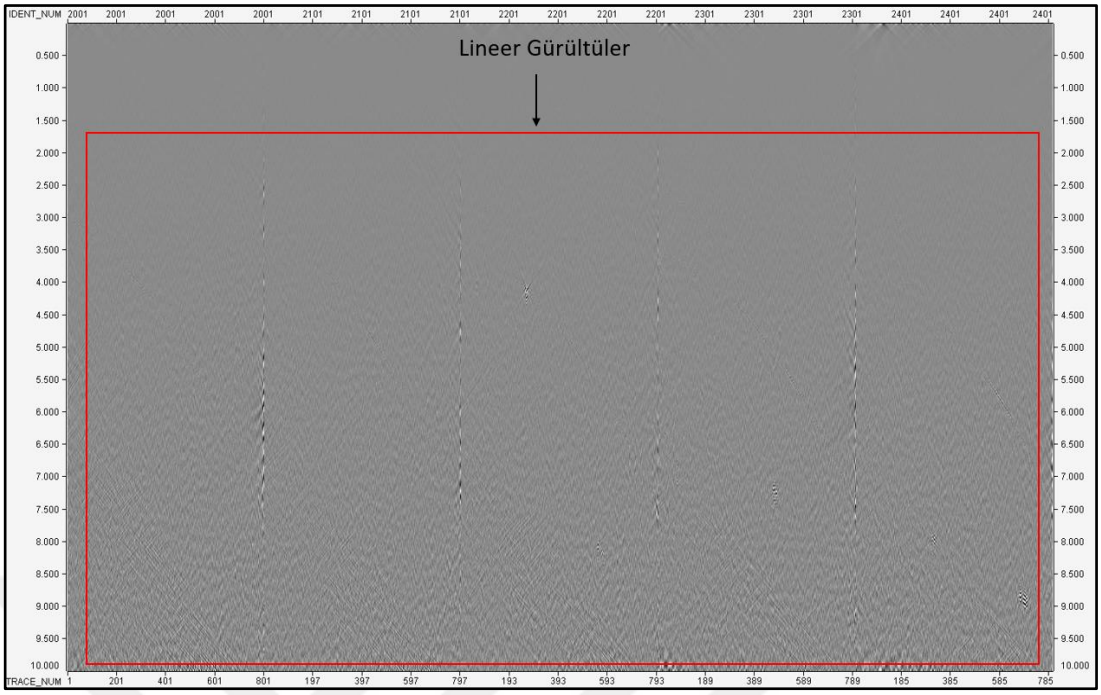
Şekil 4.13'de gösterilen f-k eğim süzgeçleri, sismik verinin 2 boyutlu süzgeçlenmesi ve ilişkili gürültülerin elimine edilmesi için kullanılır. Deniz sismiği verilerinin f-k spektrumunda pozitif ve negatif dalga sayılarına karşılık gelen iki farklı panel bulunmaktadır. Pozitif panelde yansıma sinyallerinin genlikleri doğrudan gelen dalgalar gibi pozitif eğime sahip olaylar, negatif panelde ise geri saçılmalar ve ters eğimli olaylar bulunmaktadır. Aşağıdaki sonuçlar sismik veride lineer gürültü öncesi ve sonrası sonuçlar içermektedir.



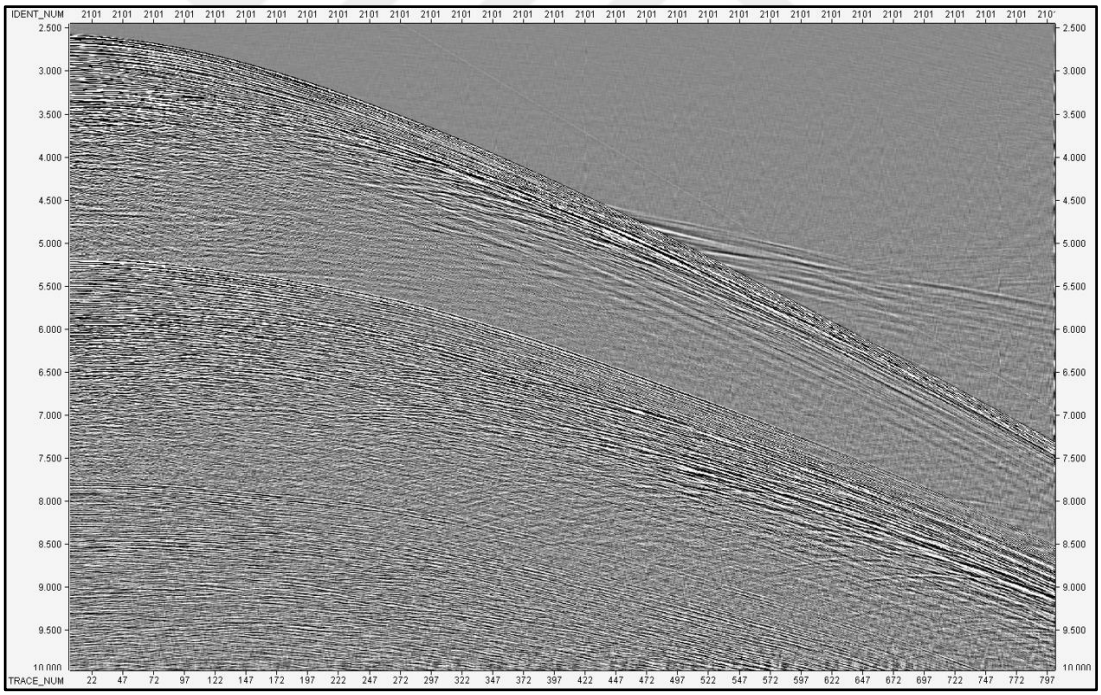
Şekil 4.14. Lineer gürültü eliminasyonu öncesi sismik veri



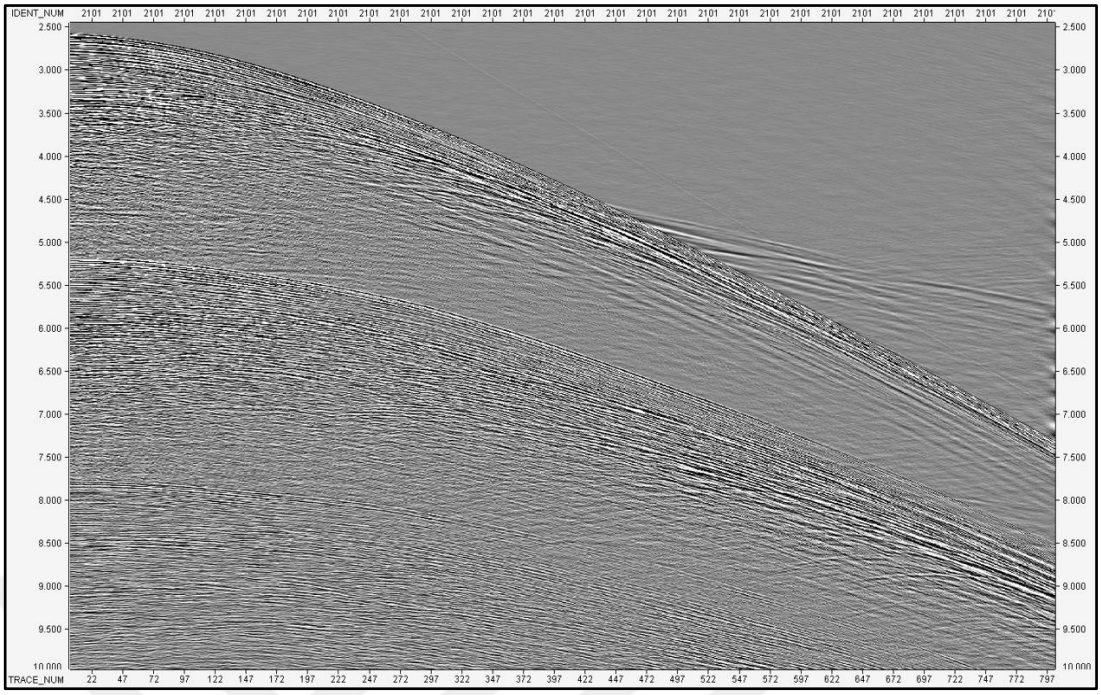
Şekil 4.15. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası sismik veri



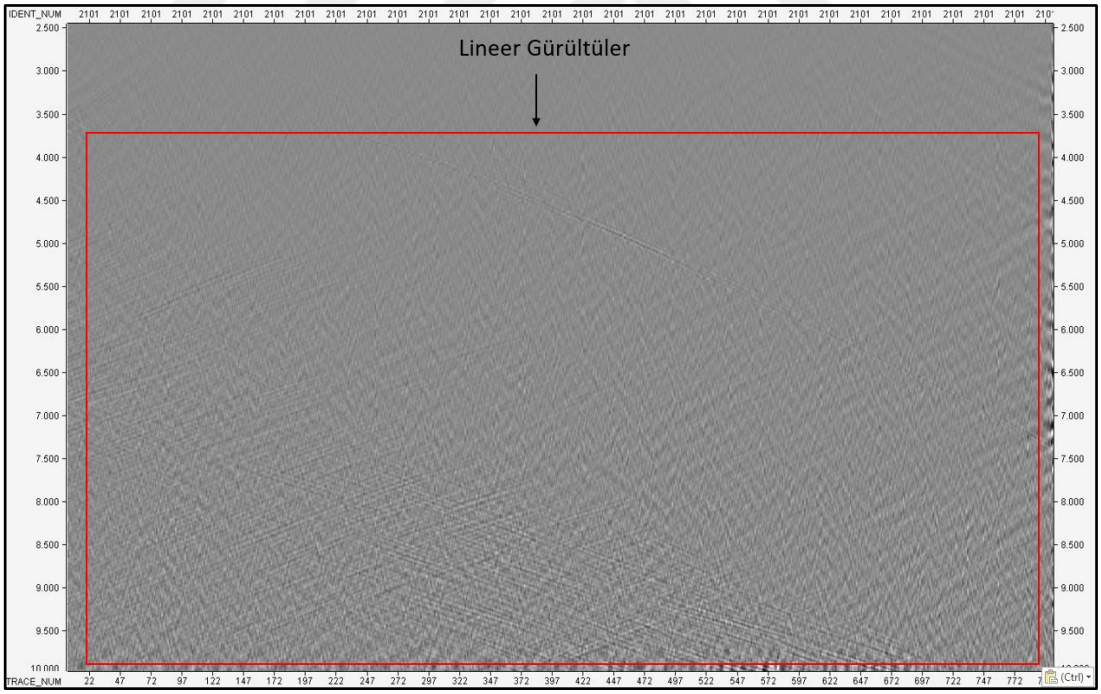
Şekil 4.16. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası oluşan farkın görüntüsü



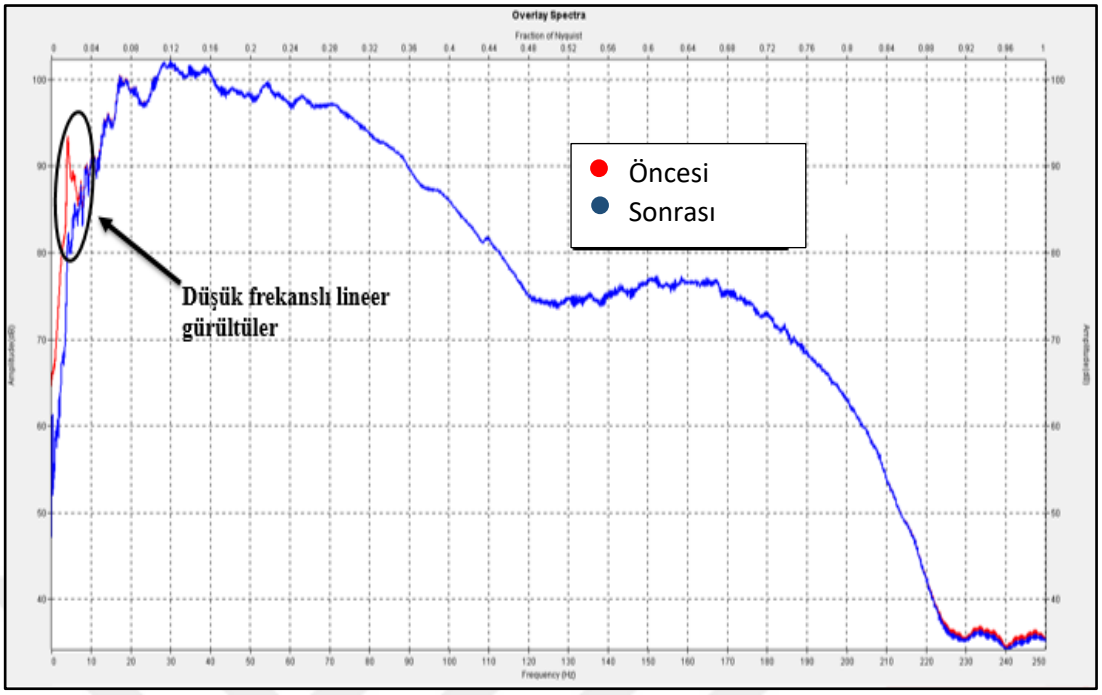
Şekil 4.17. Lineer gürültü eliminasyonu öncesi sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.18. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.19. Lineer gürültü eliminasyonu sonrası oluşan farkın yakınlaştırılmış hali

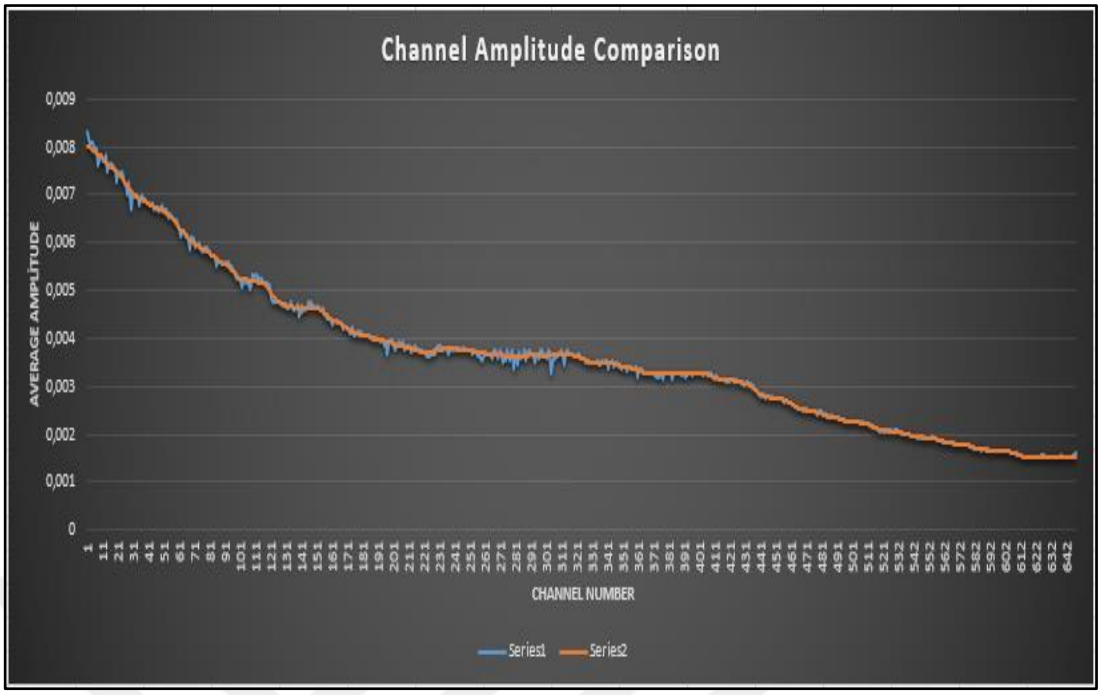


Şekil 4.20. Lineer gürültü eliminasyonu öncesi ve sonrası oluşan frekans spektrumu

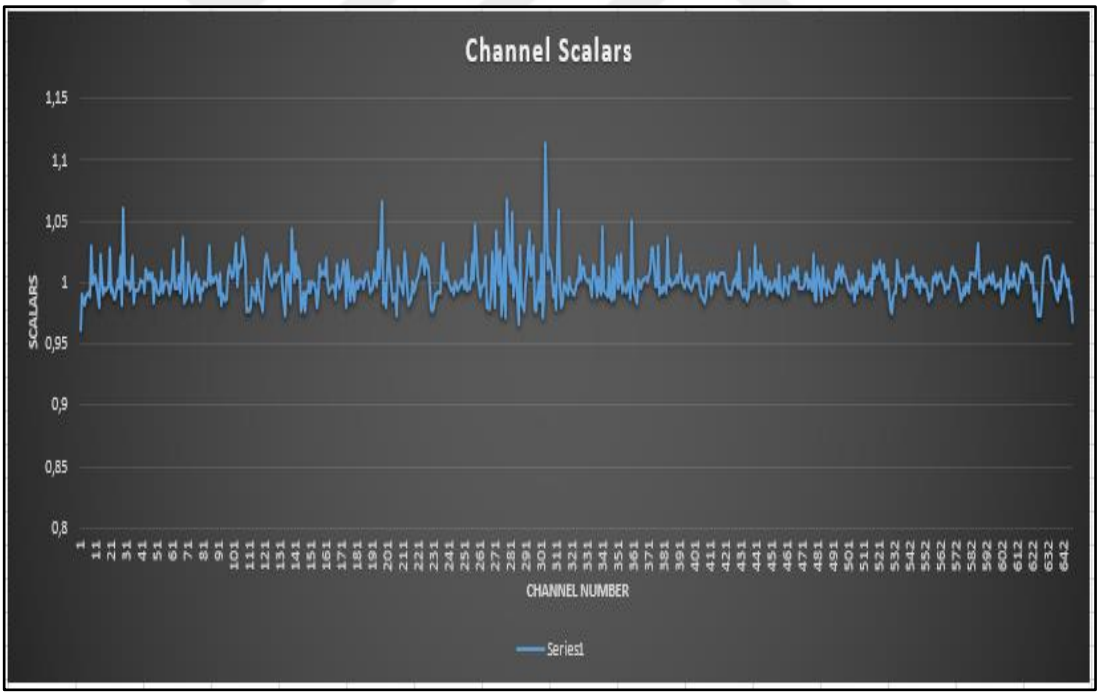
Lineer gürültüler düşük frekansa sahiplerdir. Sismik veriden atıldıkları durumlarda Şekil 4.20'den de anlaşılacağı gibi kırmızı renkli olan ve öncesini gösteren frekans spektrumundaki düşük frekanslardan arındırılmış olur.

4.3.4. Kanal genliği düzeltilmesi (Channel Amplitude Correction)

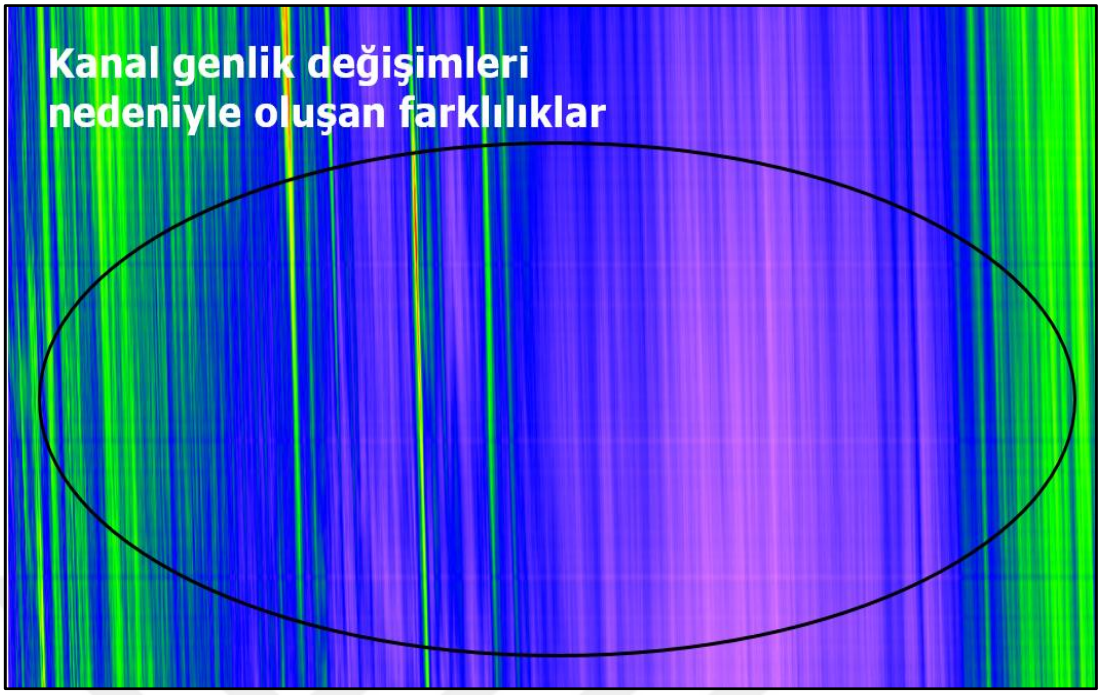
Sismik veri toplanırken hat boyunca kaydedilen genliklerde (Şekil 4.21) küçük farklılıklar oluşabilmektedir. Kanal genliklerinin düzeltilmesi sonucunda tüm alıcılarda kaydedilen sismik verinin genlikleri dengelenmiş olur. Bu aşamada her alıcı kanala ait olan genlik değerleri hesaplanır ve daha sonra hepsini dengeleyecek bir doğru elde edilir. Bu doğru sayesinde bozuk olan genlik değerleri düzeltilir.



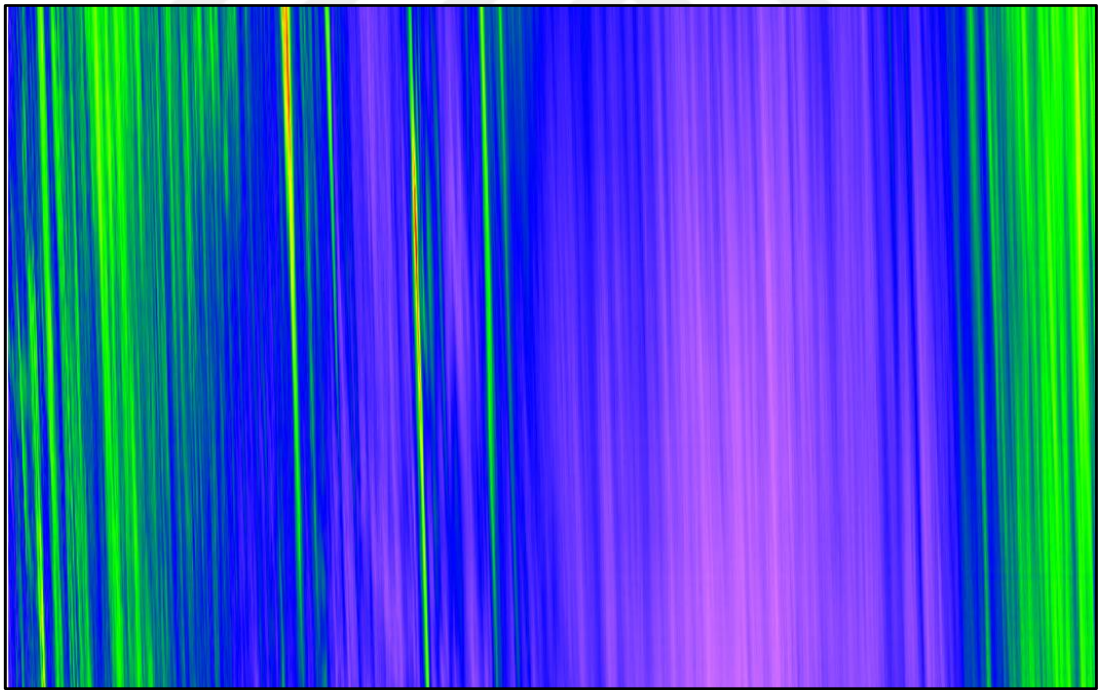
Şekil 4.21. Kanal genliği karşılaştırması



Şekil 4.22. Kanal genliği skalar dağılımı



Şekil 4.23. Kanal genliği düzeltilmesi öncesi oluşan genlik spektrumunun yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.24. Kanal genliği düzeltilmesi sonrası oluşan genlik spektrumunun yakınlaştırılmış görüntüsü

4.3.5. Hayalet yansımalarının giderilmesi (DeGhosting)

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

Ham sismik veri (shot gather), ortak derinlik noktalarındaki izler (CDP gather), yığma kesiti (stack), yakın izler (near trace), ve yığma (stack) kesitlerinin öncesi/sonrası genlik spektrumları göstermektedir ki tüm ofsetlerdeki hayalet yansımaların etkisi başarıyla giderilmiştir.

Hayalet yansıma giderilmesi (deGhosting) işlemi zaman ortamında sadece hidrofon için kaynak ya da alıcı kaynaklı hayalet yansımaların temizlenmesine katkı sağlar ki bu da genlik spektrumunun (amplitude spectrum) genişlemesine sebep olur.

Yaptığımız veri işlem aşamasında Adaptive deGhost yöntemi kullanılmıştır. Adaptive deGhost yöntemi ile çapraz bir örnekleme yaparak sismik dalga alanını bulmaya çalışmaktadır. Eğer alıcılarımız düz bir yüzeyde homojen bir hız dağılımının olduğu bir alanda ise hayalet yansımalar Denklem (4.2) ve Denklem (4.3)'deki formül ile modellenebilir (Rickett, J, 2014).

$$d_{totaI}=[\delta(0)-\delta(\Delta t)]\times d_{Up} \tag{4.2}$$

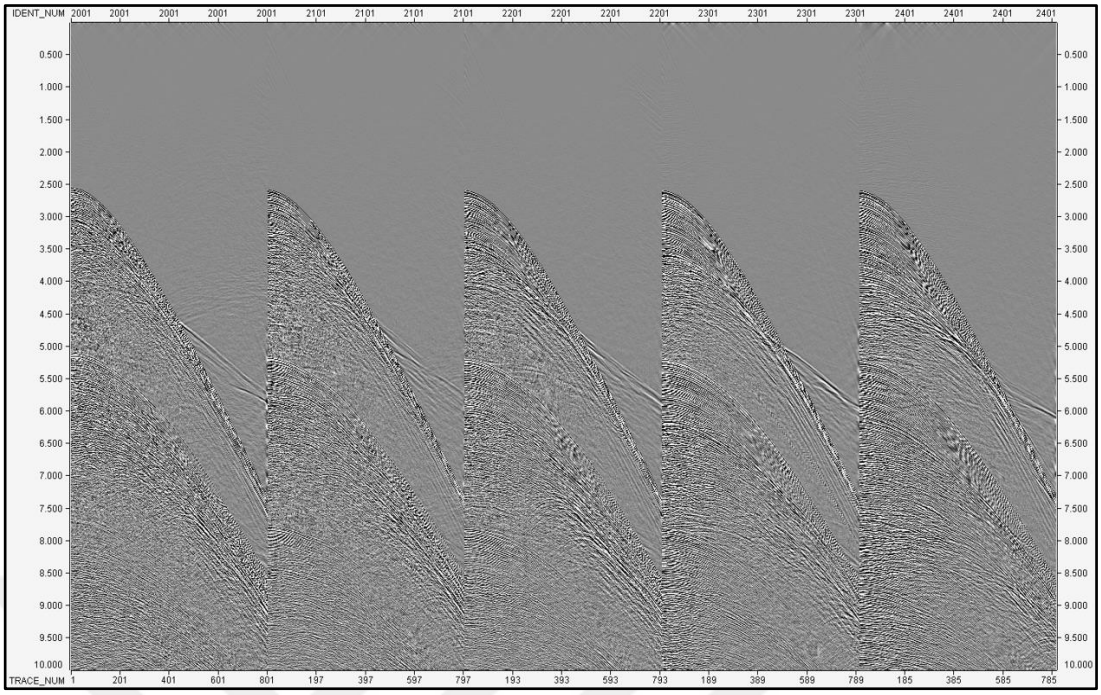
$$\Delta t=2zp_z=2z\sqrt{P_0^2-P_x^2-P_y^2} \tag{4.3}$$

Burada;

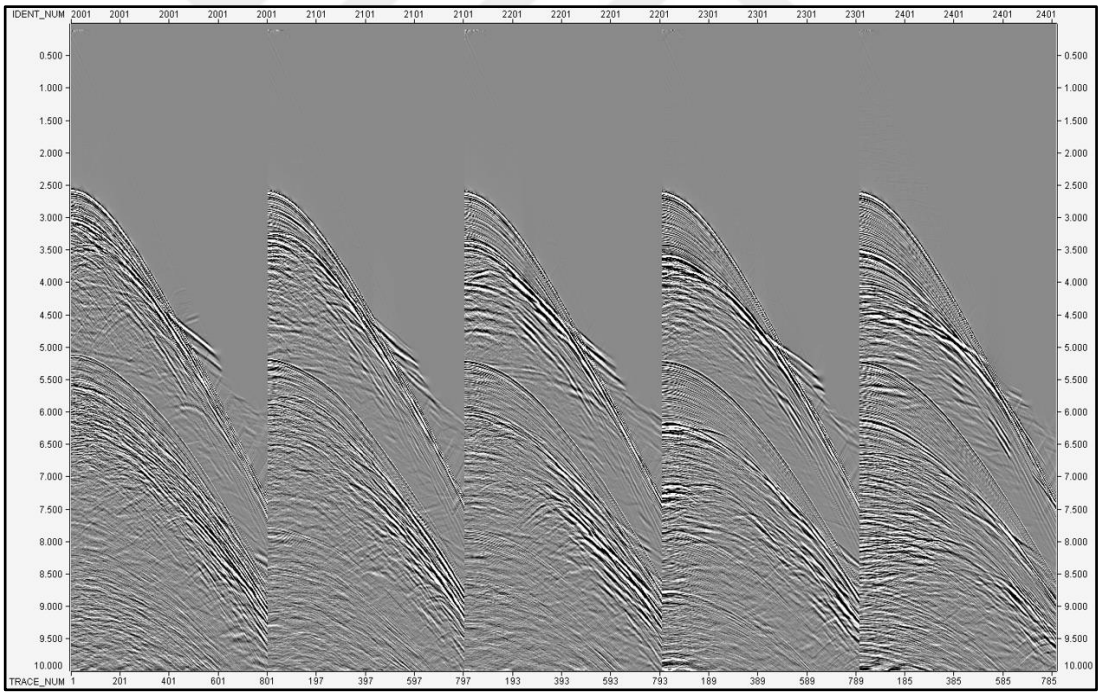
z: derinlik

p_0: suyun tersinirlik hızı

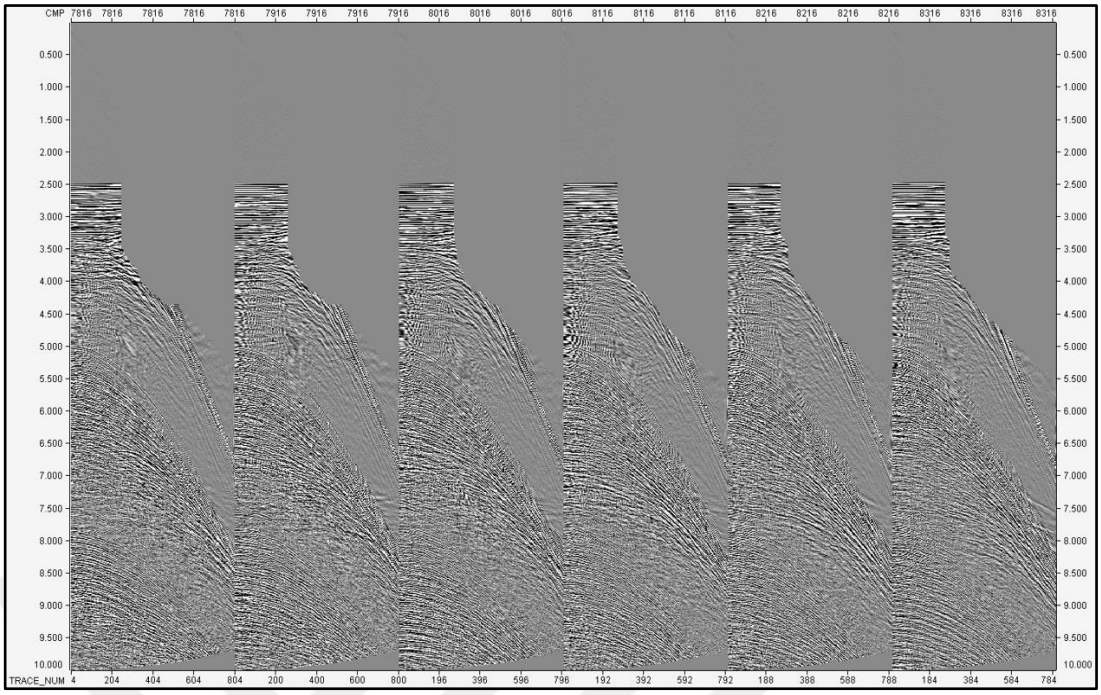
p_x,p_y : doğrusal (inline) ve çapraz (crossline) parametreleridir (Rickett, 2014).



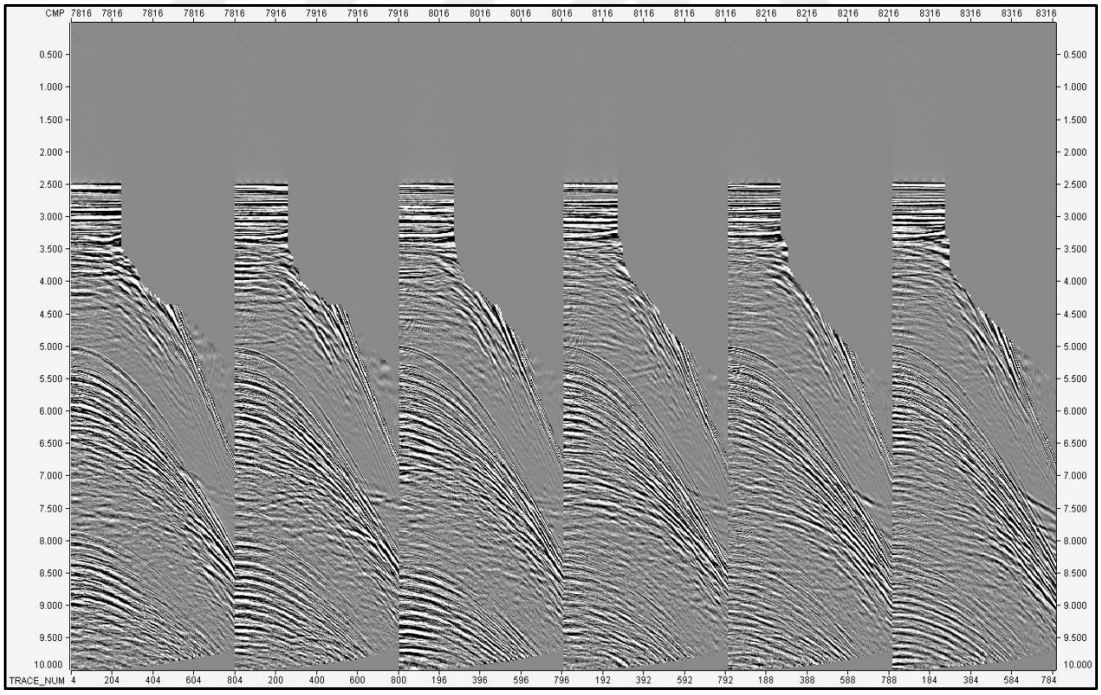
Şekil 4.25. Hayalet yansımalarının giderilmesi öncesi oluşan ham sismik veri



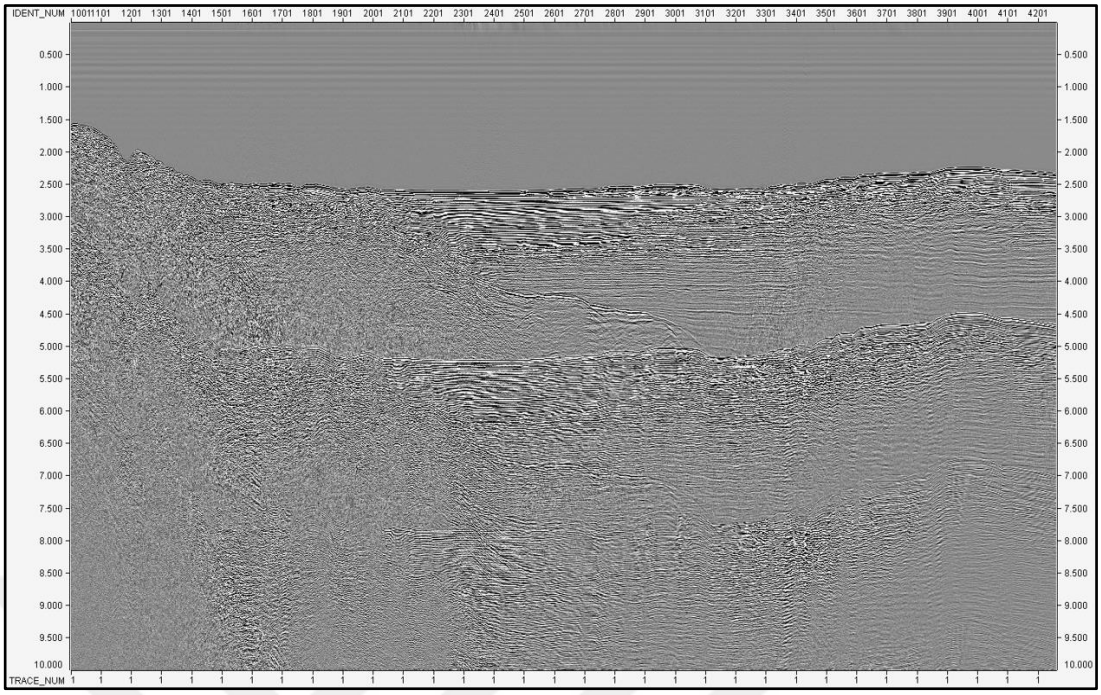
Şekil 4.26. Hayalet yansımalarının giderilmesi sonucu oluşan ham sismik veri



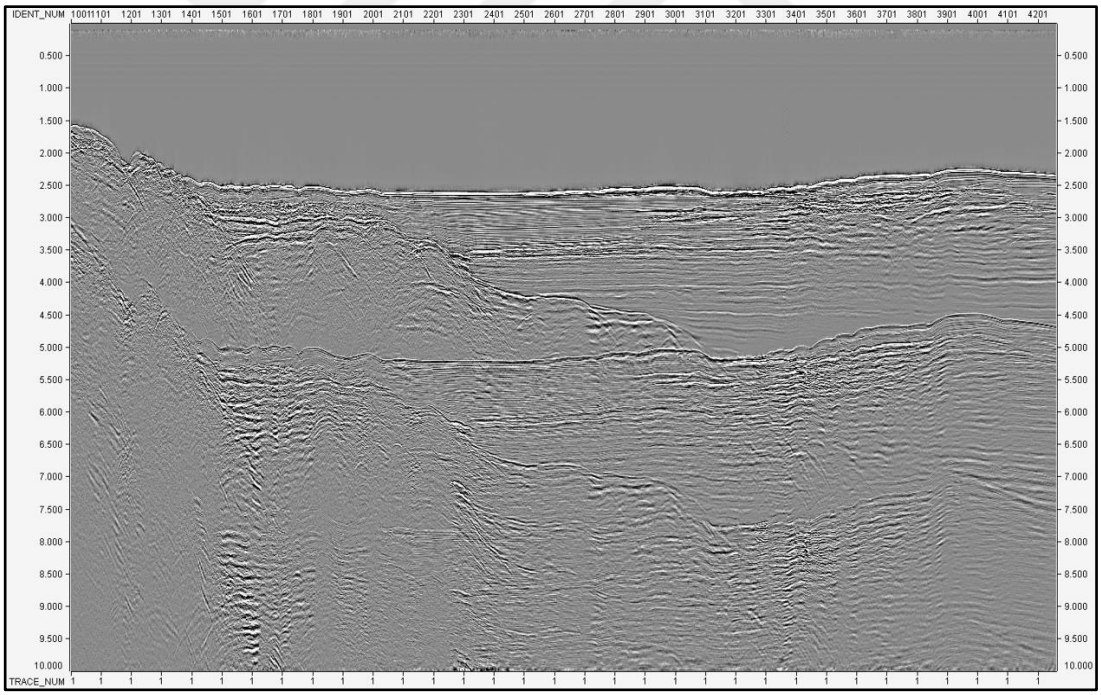
Şekil 4.27. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi oluşan ortak yansıma noktalarının görünümü



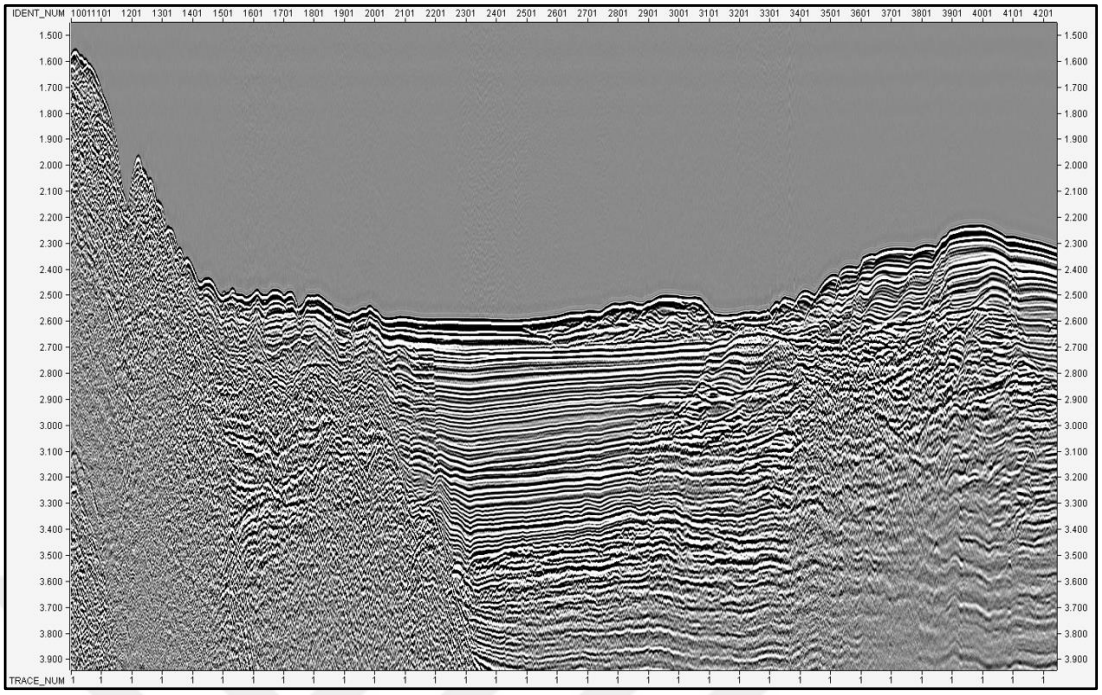
Şekil 4.28. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası oluşan ortak yansıma noktalarının görünümü



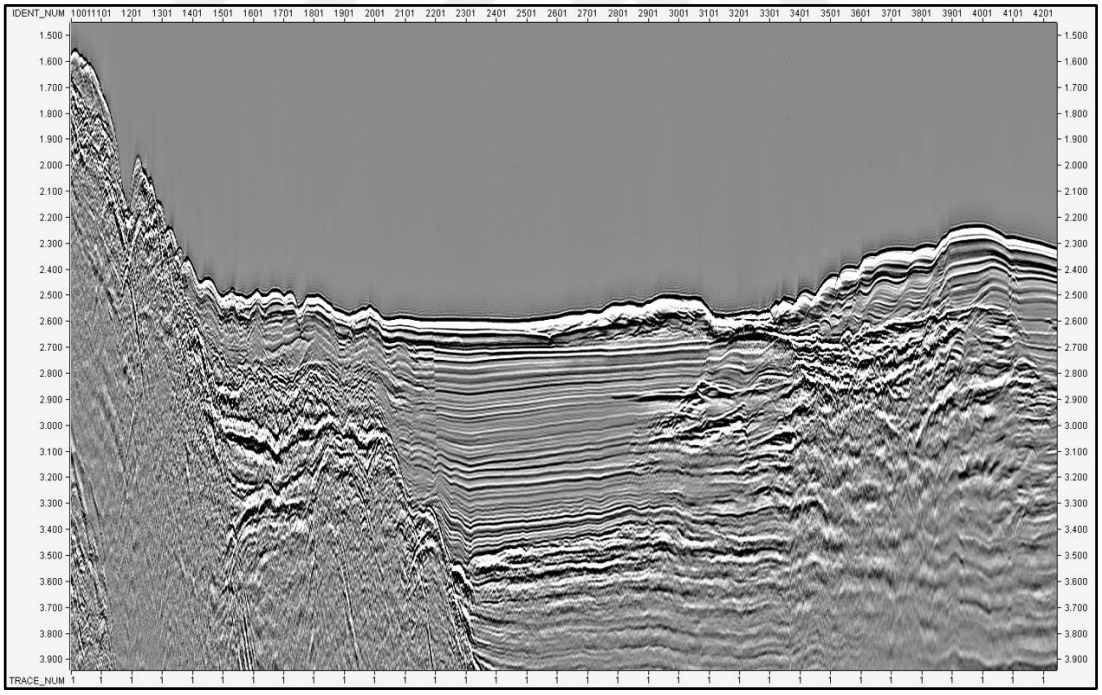
Şekil 4.29. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi yakın izlerin yığılması (stack)



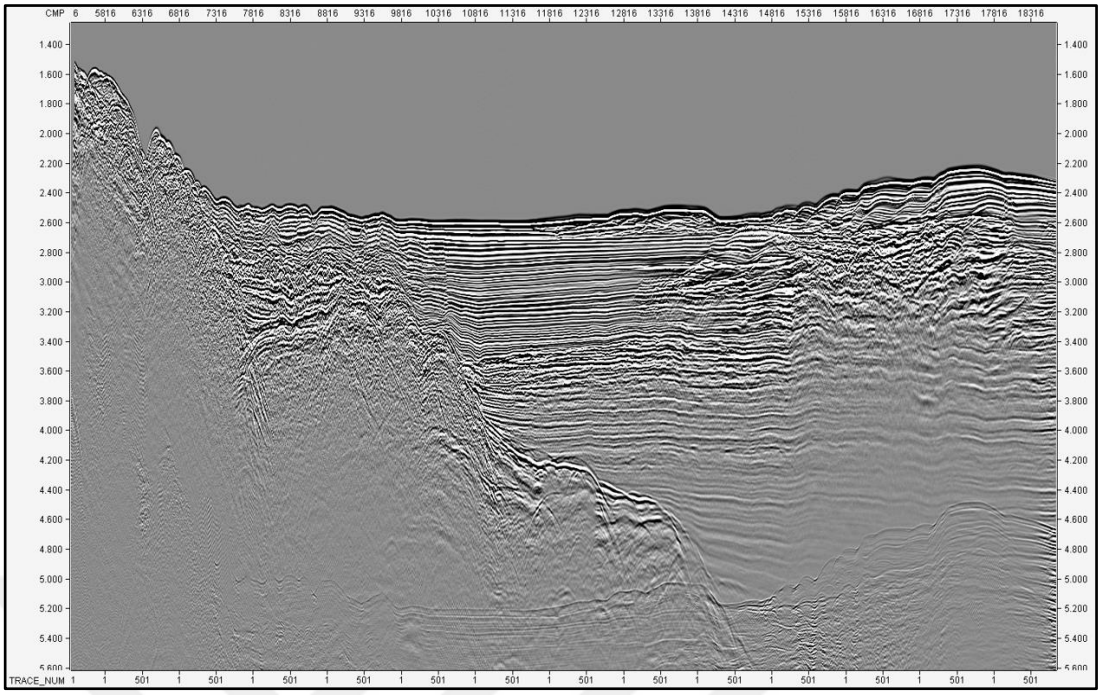
Şekil 4.30. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası yakın izlerin yığılması (stack)



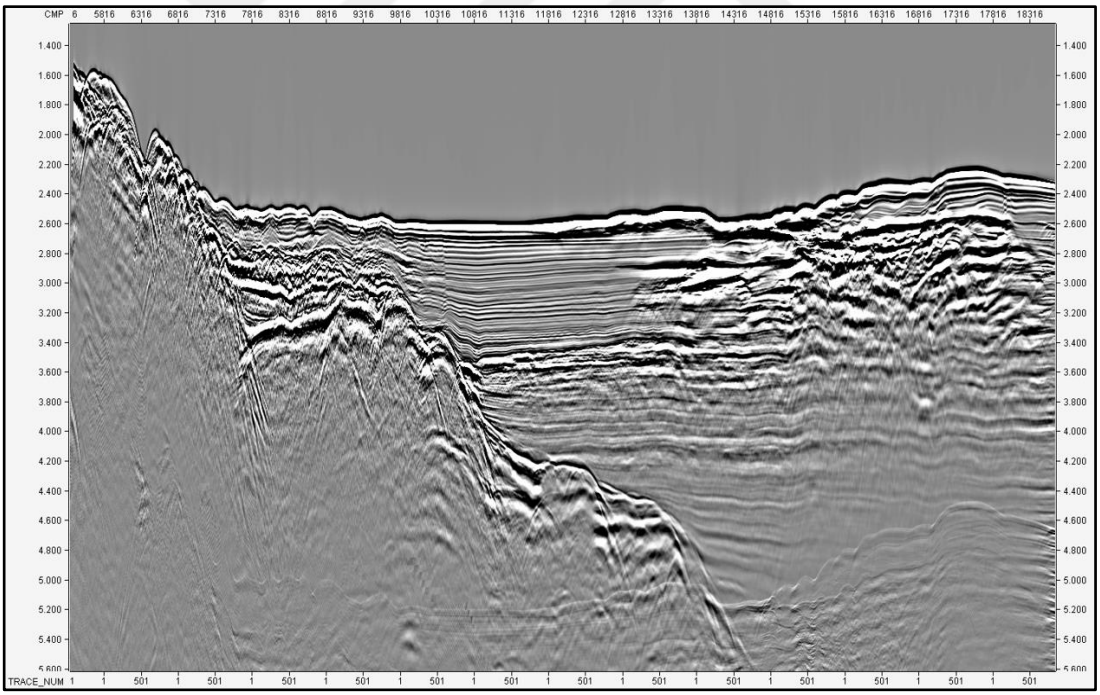
Şekil 4.31. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi yakın izlerin yığılmasının (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü



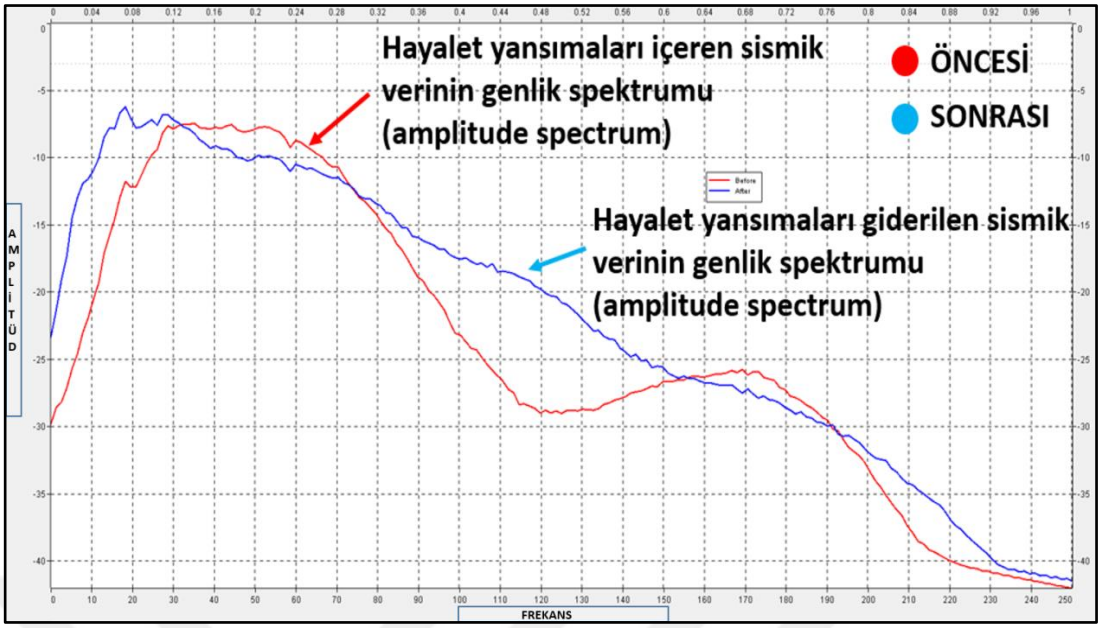
Şekil 4.32. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası yakın izlerin yığılmasının (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.33. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi yığma (stack) görüntüsü



Şekil 4.34. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası yığma (stack) görüntüsü



Şekil 4.35. Hayalet yansımaların giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

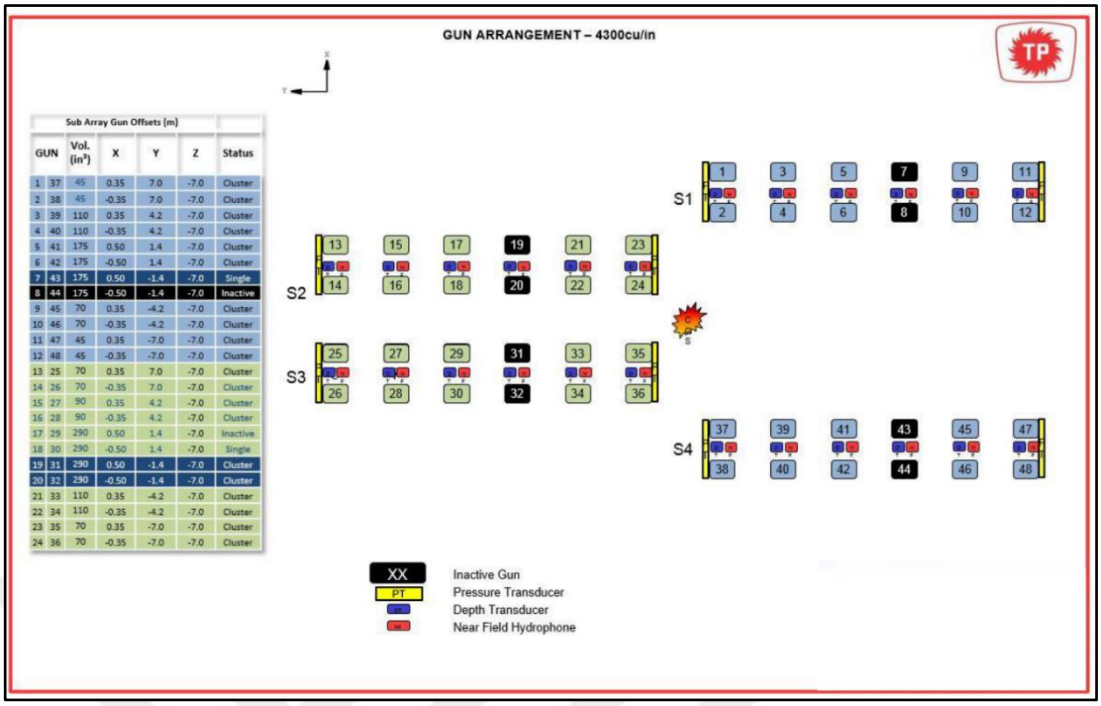
Şekil 4.35'te genlik spektrumundan da (amplitude spectrum) anlaşılacağı gibi veri üzerinde baskın frekanslara giden yıkıcı girişimler başarıyla silinmiştir.

4.3.6. Dalgacık dönüşümü (Designature)

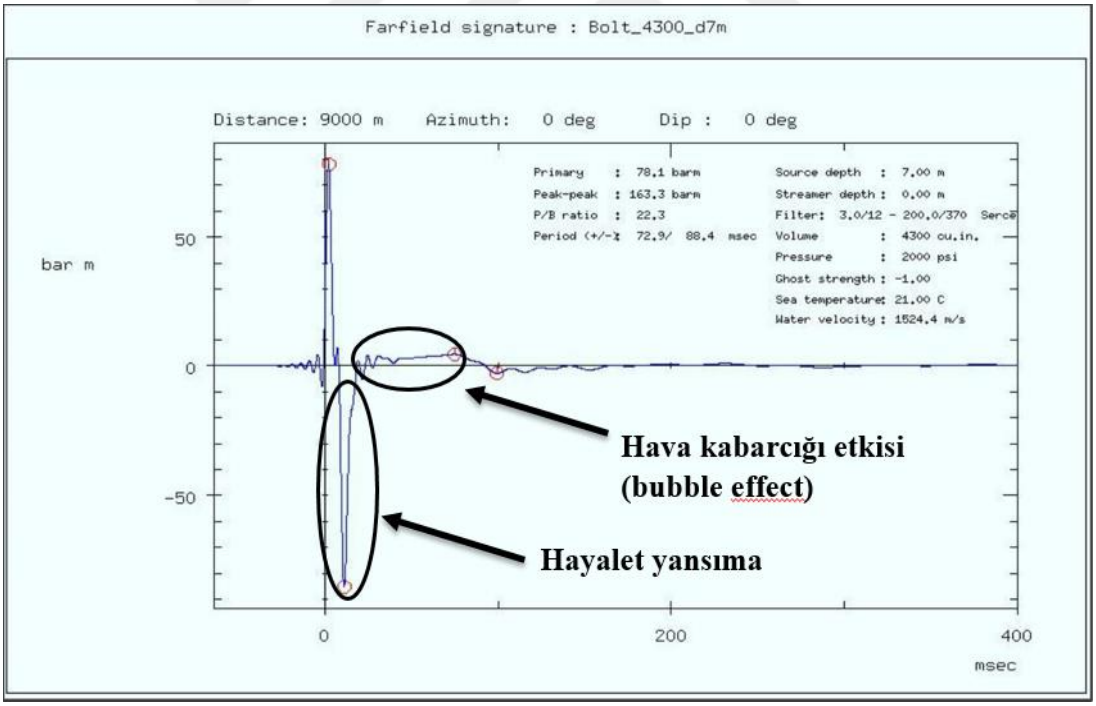
Sismik verideki hayalet yansımaların etkileri giderildikten sonra veri üzerinde kalan hava kabarcığı (bubble) etkilerinin giderilmesi gerekmektedir. Bu hava kabarcığı (bubble) etkileri veri toplanma esnasında atış yapıldıktan hemen sonra hava tabancalarından açığa çıkan hava kabarcıklarının (bubble) oluşmasıdır. Oluşan bu hava kabarcıkları (bubble) ikincil bir kaynak gibi davrandığından sismik veride gürültü oluşturmaktadır. Bu etkilerin giderilmesi için öncelikle sahada kaydedilen dalgacığın (far field signature) yeniden veri işleme tabii tutulması gerekmektedir.

4.3.6.1. Sıfır faz dönüşümü (Zero phase conversion)

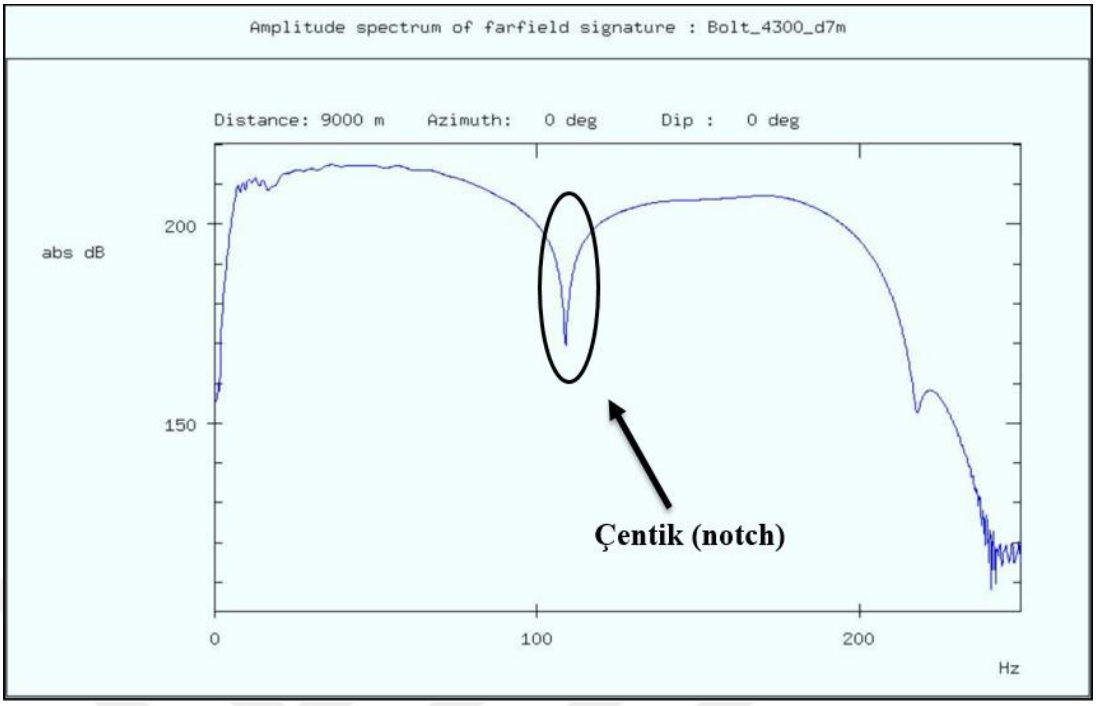
Bu işlem için elimizde mevcut bulunan dalgacık (far field signature) kullanılmıştır. Mevcut dalgacık (wavelet) ilk önce daha duyarlı olabilmesi adına 0,5 milisaniyeye çevrilip önce hayalet yansımalar silinerek sıfır faz dönüşümü (zero phase conversion) yapılmıştır. Barbaros Hayrettin Paşa sismik araştırma gemisinde planlanan airgun (atış kaynak) şeması (Şekil 4.36) ve buna ait kaynak dalgacık (Şekil 4.37) kullanılarak omega programında minimum faz olan verimiz sıfır faza çekilmiştir.



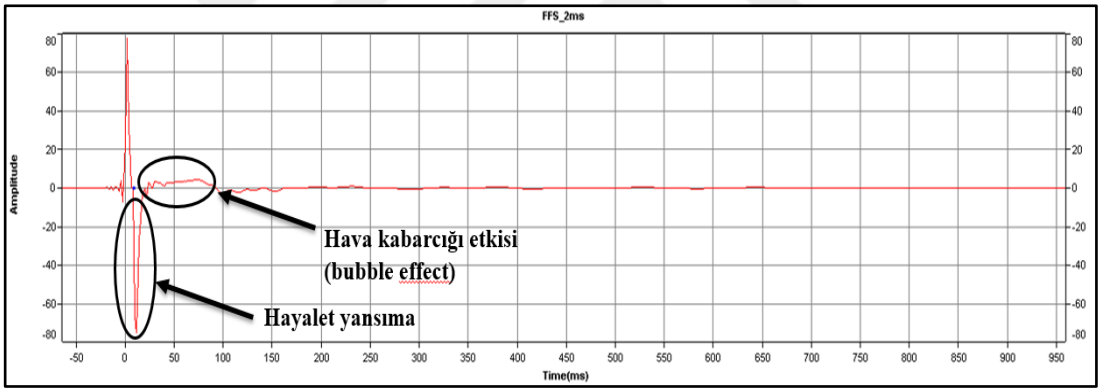
Şekil 4.36. Proje için kullanılan airgun (atış kaynak) şeması (Polarcus, 2014b)



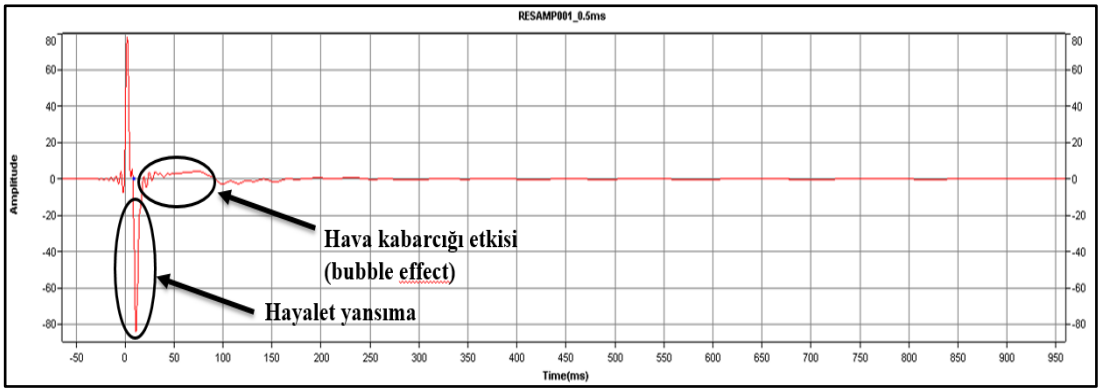
Şekil 4.37. Gun tasarımına göre oluşturulan kaynak dalgacık (Polarcus, 2014b)



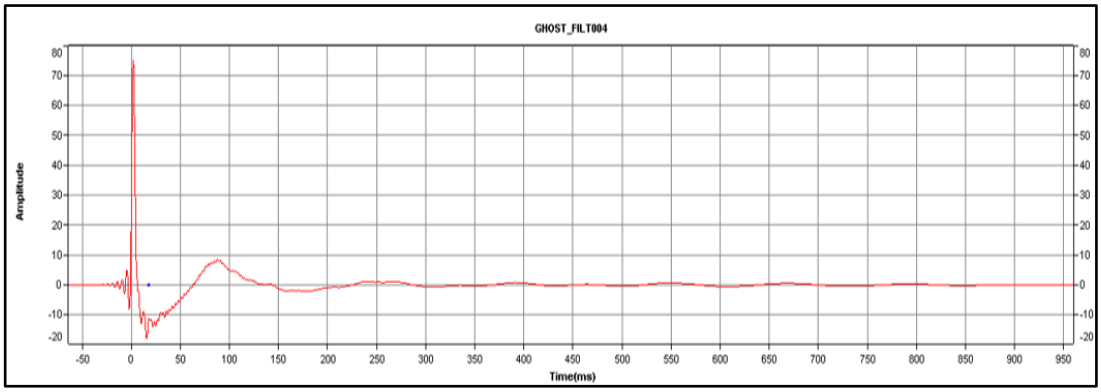
Şekil 4.38. Kaynak dalgacığın genlik (amplitude) spektrumu (Polarcus, 2014b)



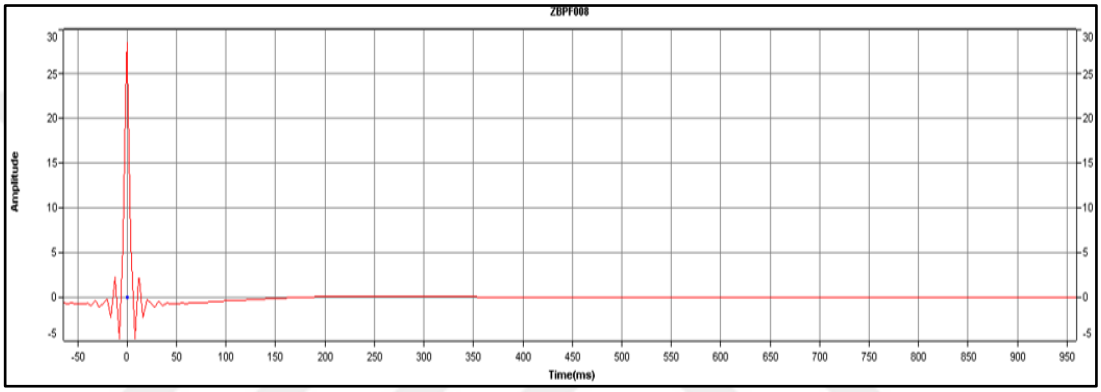
Şekil 4.39. Far field signature (2 ms)



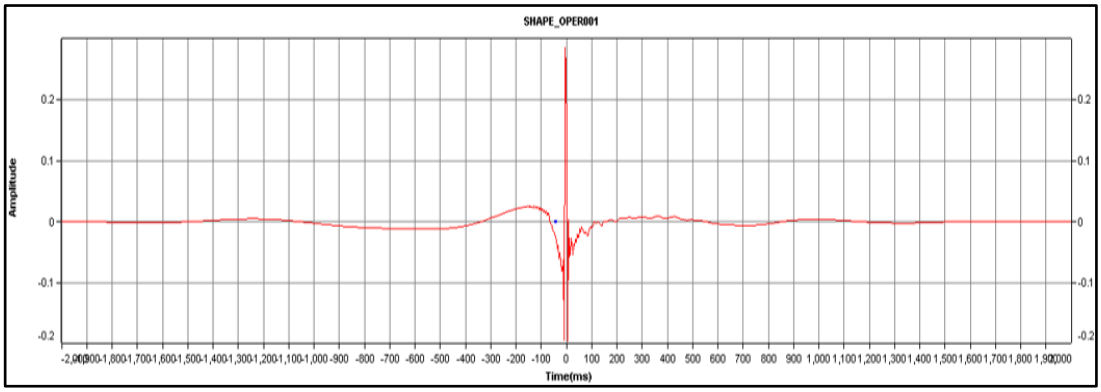
Şekil 4.40. Far field signature (0,5 ms)



Şekil 4.41. Hayalet yansıma (Ghost reflections) giderilmiş far field signature (0,5ms)

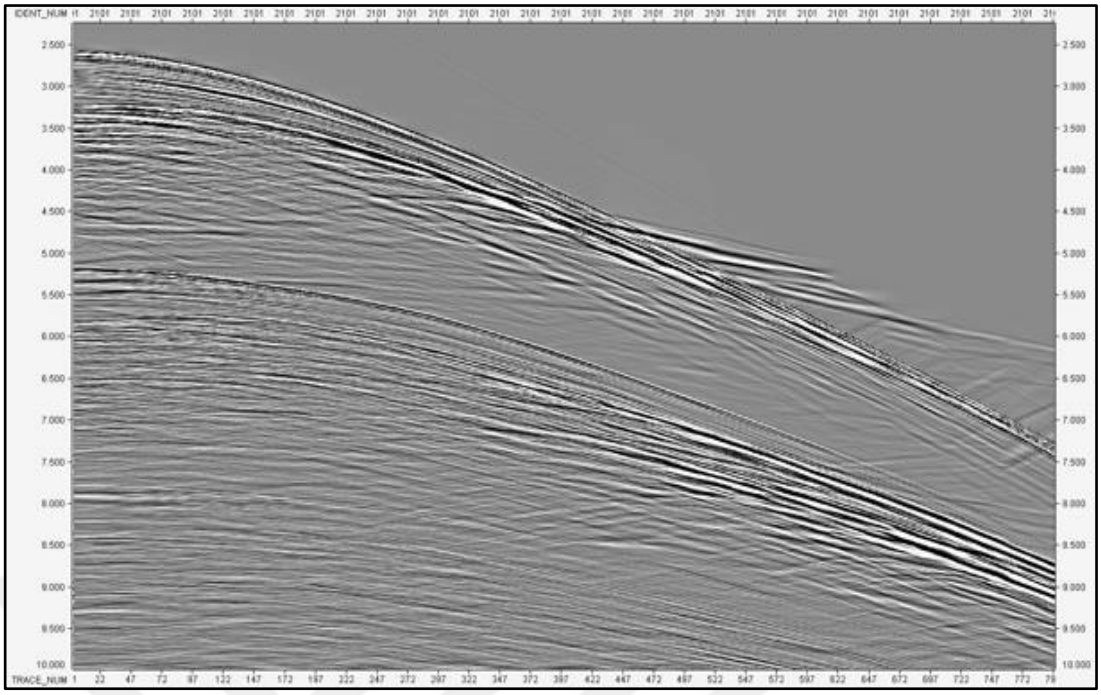


Şekil 4.42. Sıfır faz dalgacığı (Zero phased wavelet)

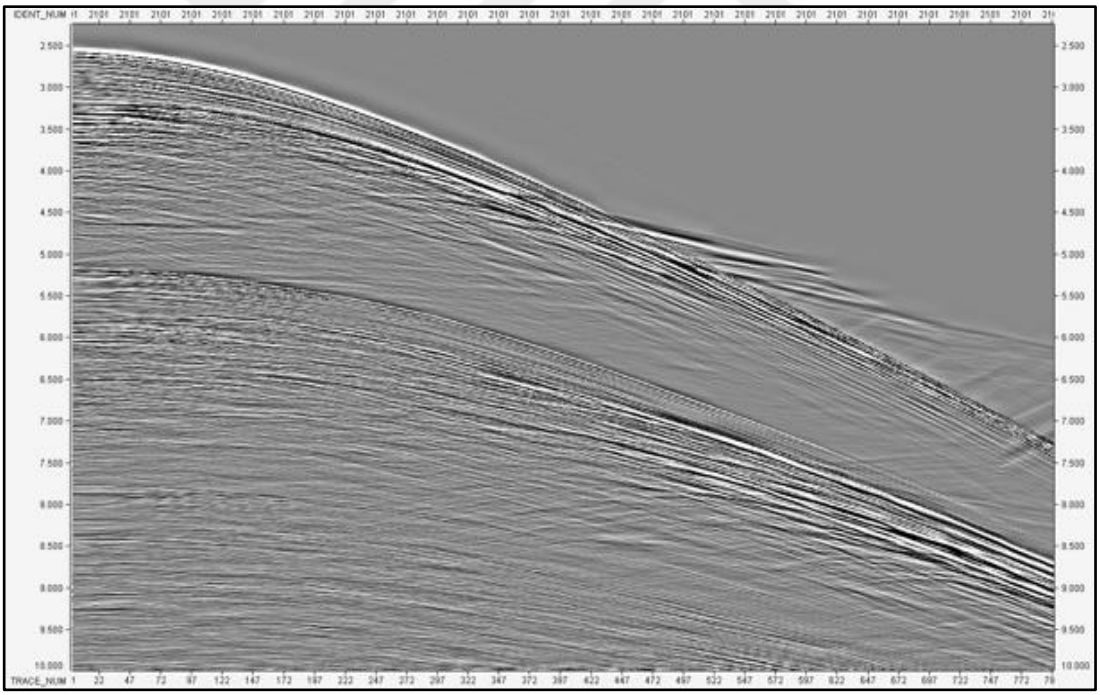


Şekil 4.43. Sıfır faz eşleniği (Zero phase equivalent)

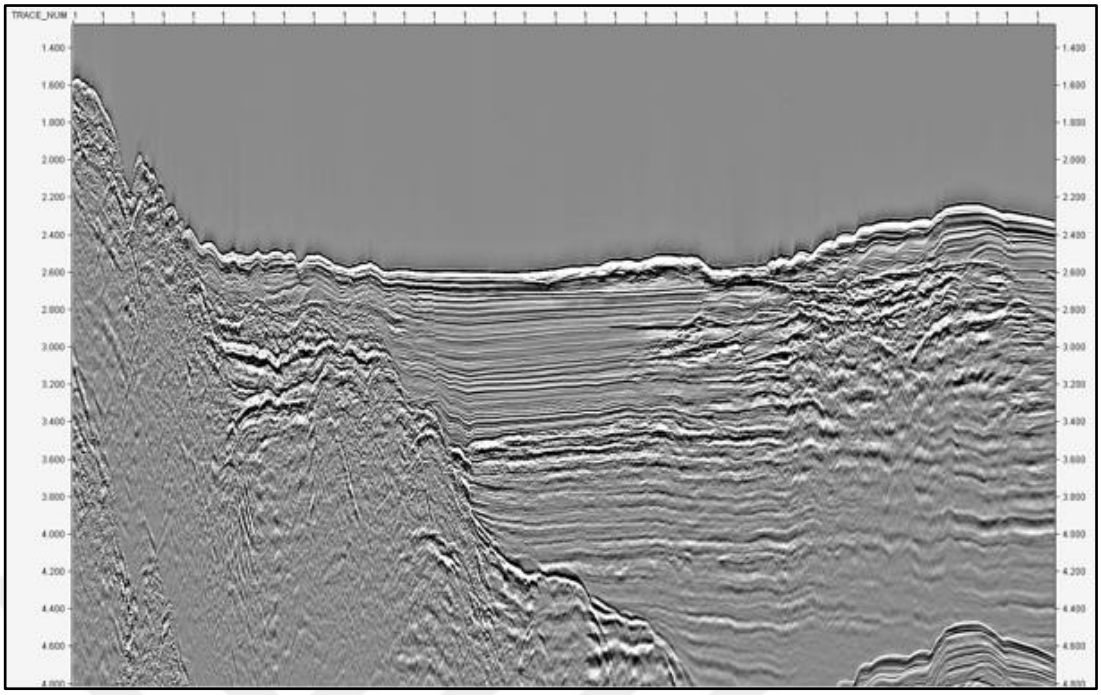
Şekil 4.43'te gösterildiği üzere elde edilen katsayıları sismik veriye uygulayacak olursak sismik verimizi sıfır faz'a çekmiş oluruz. Böylece hava kabarcığı (bubble effect) giderilmiş olup, ikincil gürültü giderilmesi için gerekli olan sıfır fazlı veriyi en iyi şekilde elde etmiş oluruz.



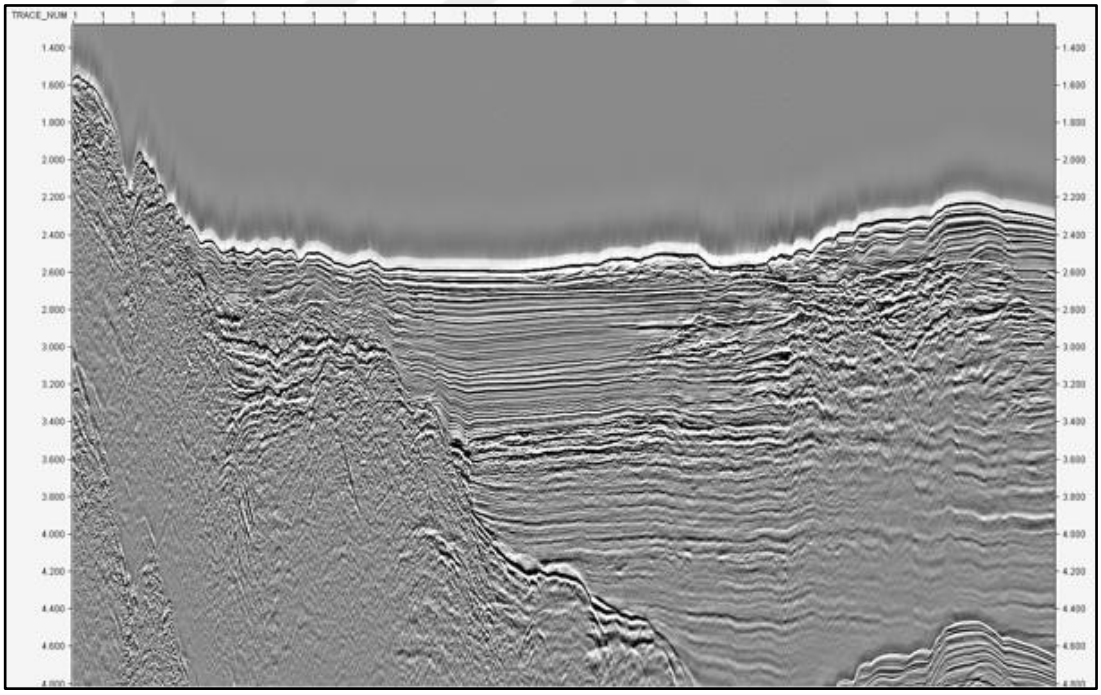
Şekil 4.44. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi elde edilen ham sismik veri



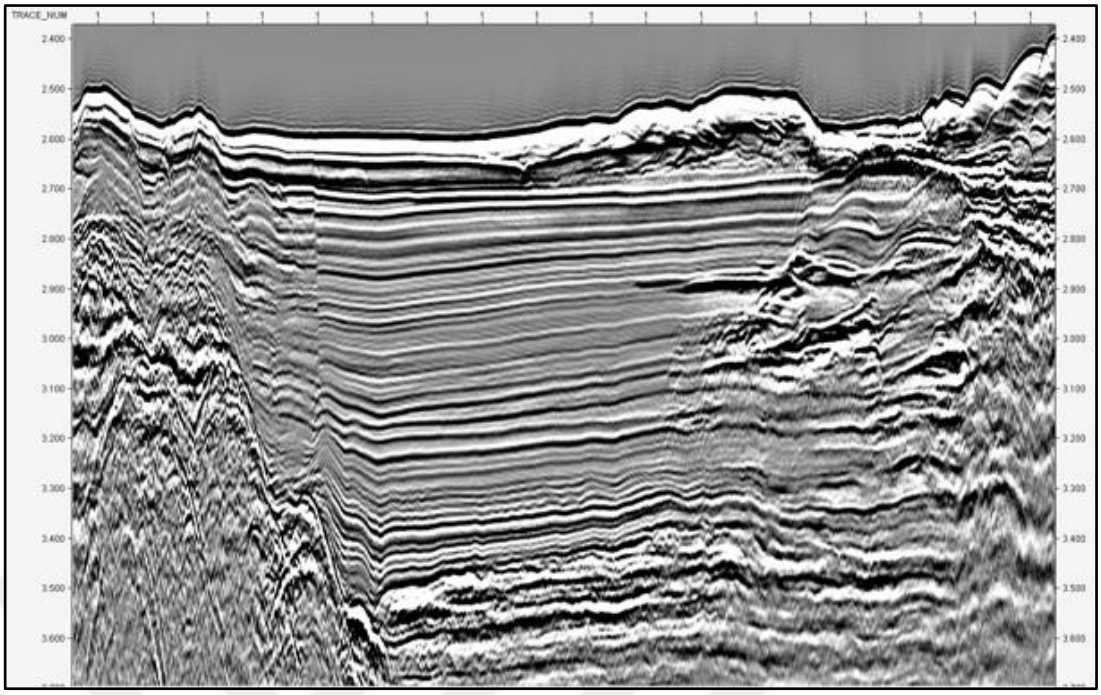
Şekil 4.45. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası elde edilen ham sismik veri



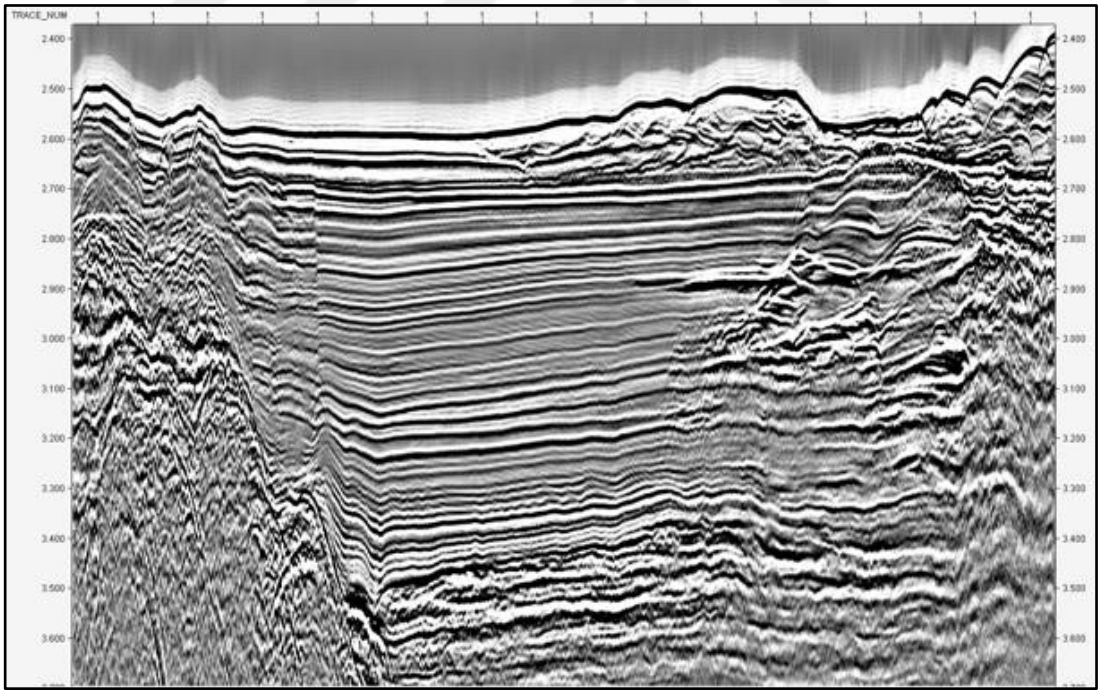
Şekil 4.46. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yakın izlerin (near trace) görüntüsü



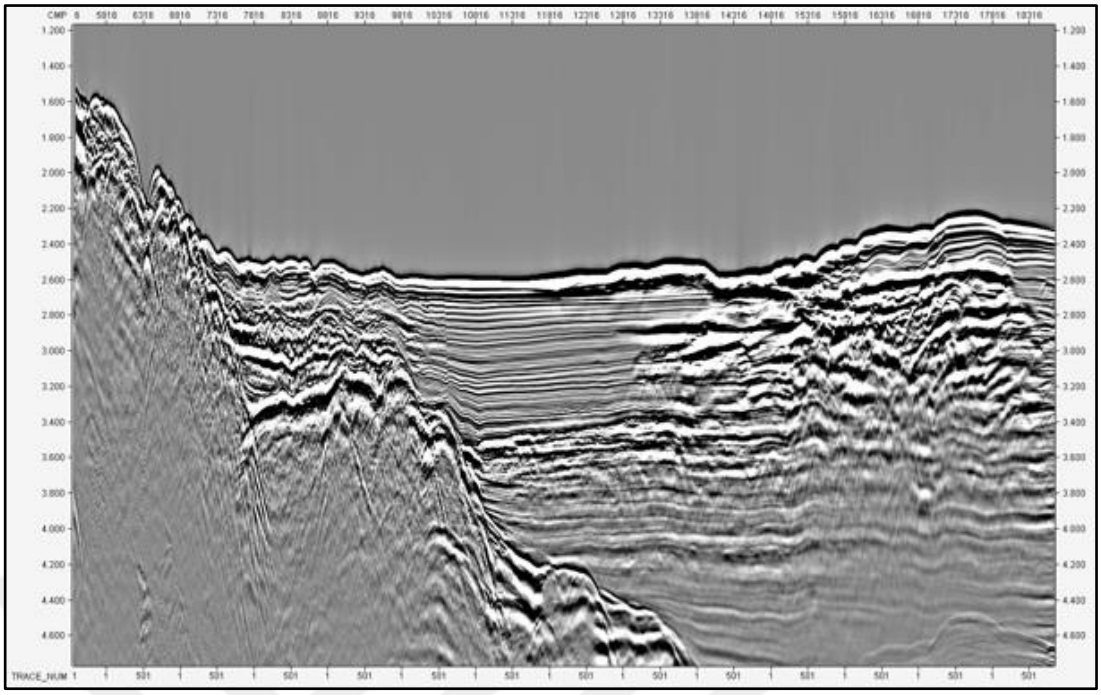
Şekil 4.47. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yakın izlerin (near trace) görüntüsü



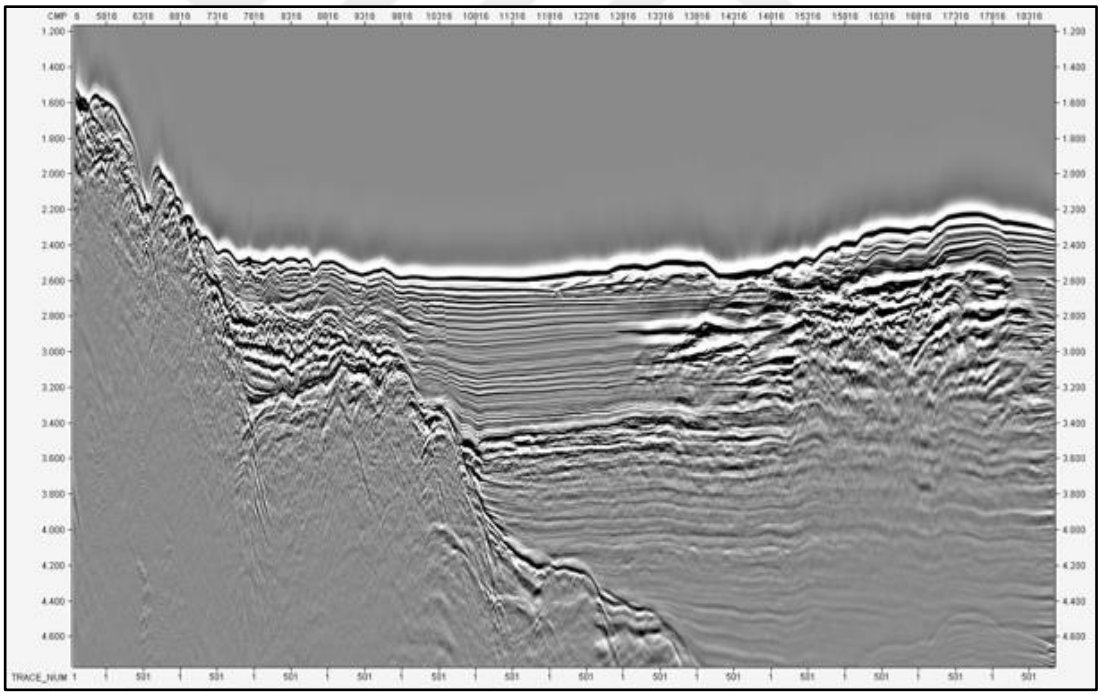
Şekil 4.48. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yakın izlerin (near trace) yakınlaştırılmış görüntüsü



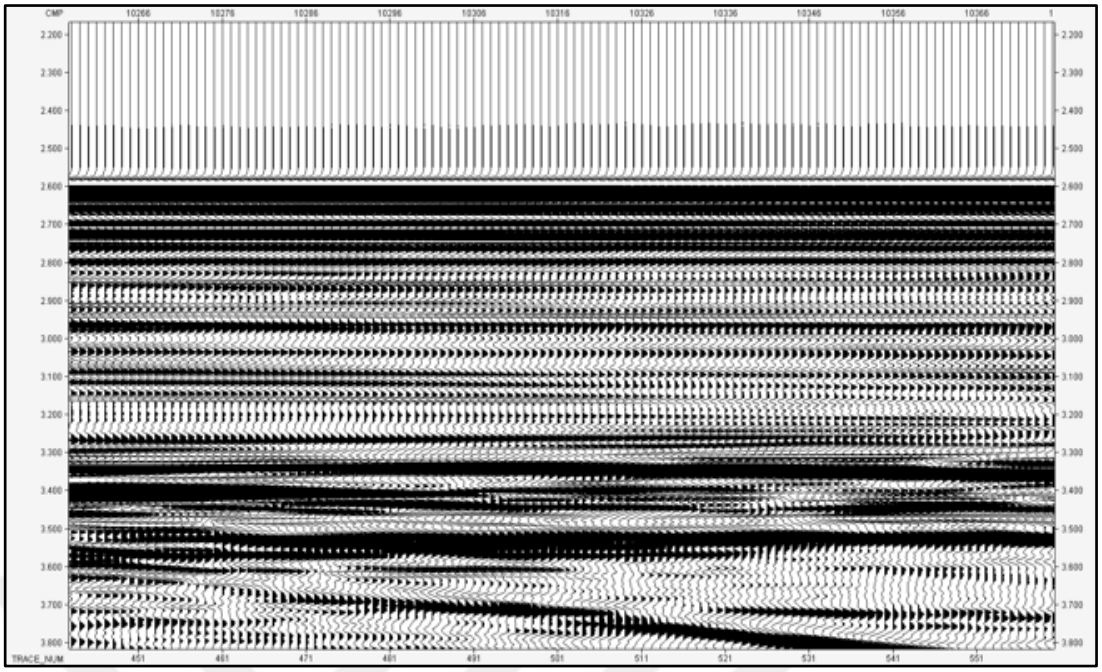
Şekil 4.49. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yakın izlerin (near trace) yakınlaştırılmış görüntüsü



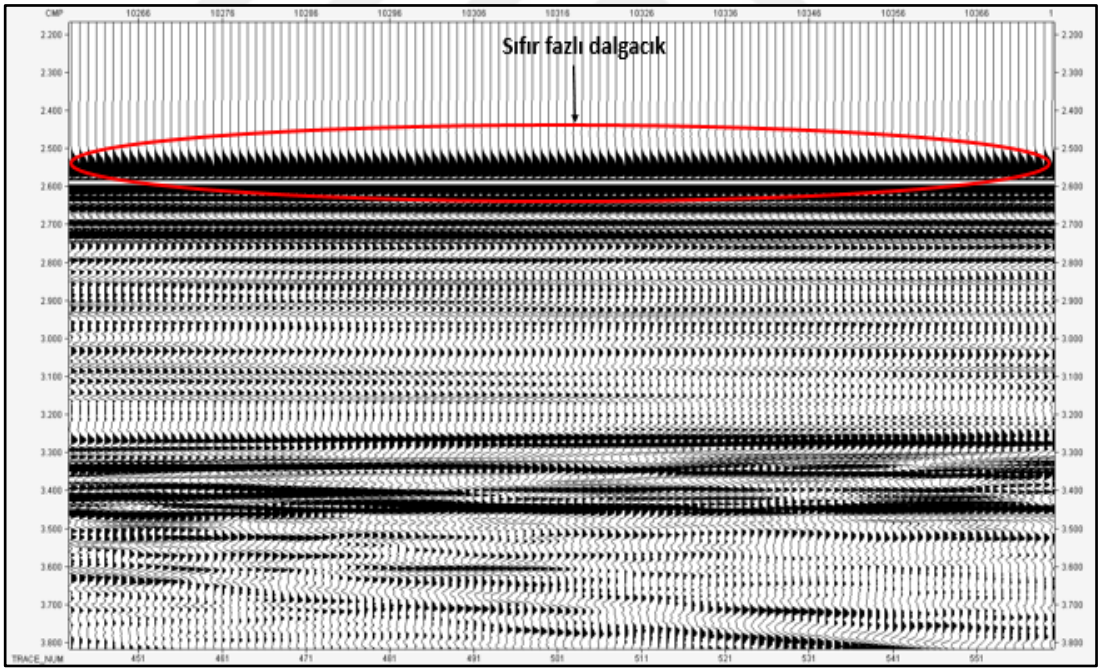
Şekil 4.50. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yığma (stack) görüntüsü



Şekil 4.51. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yığma (stack) görüntüsü

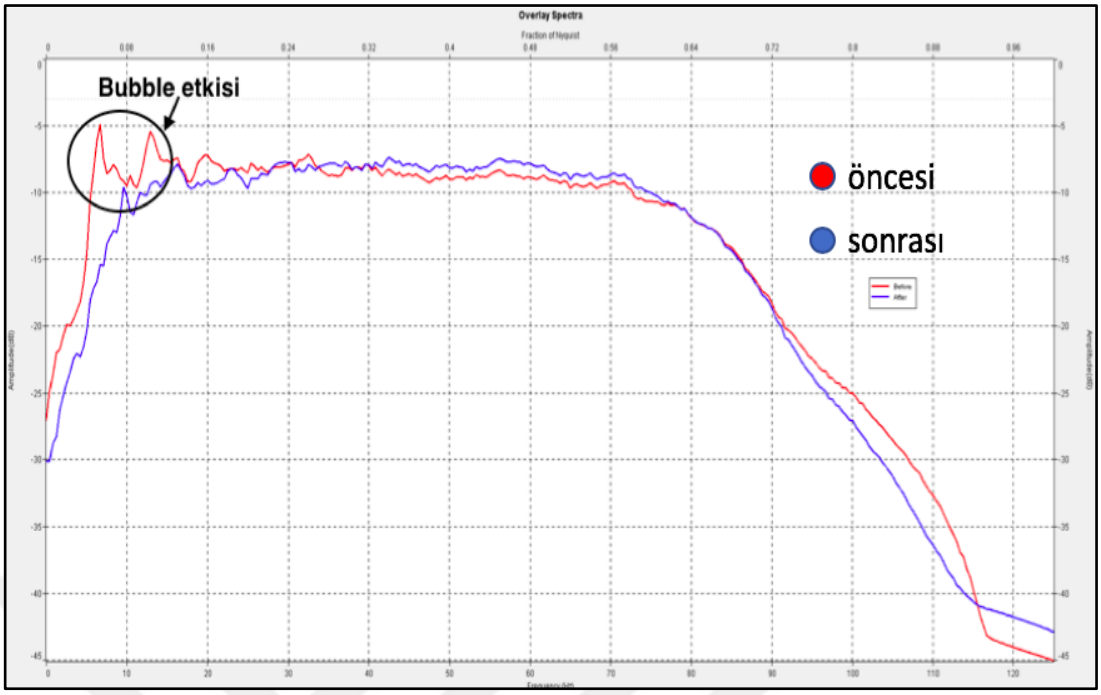


Şekil 4.52. Sıfır faz dönüşümü (designature) öncesi oluşan yığma (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.53. Sıfır faz dönüşümü (designature) sonrası oluşan yığma (stack) yakınlaştırılmış görüntüsü

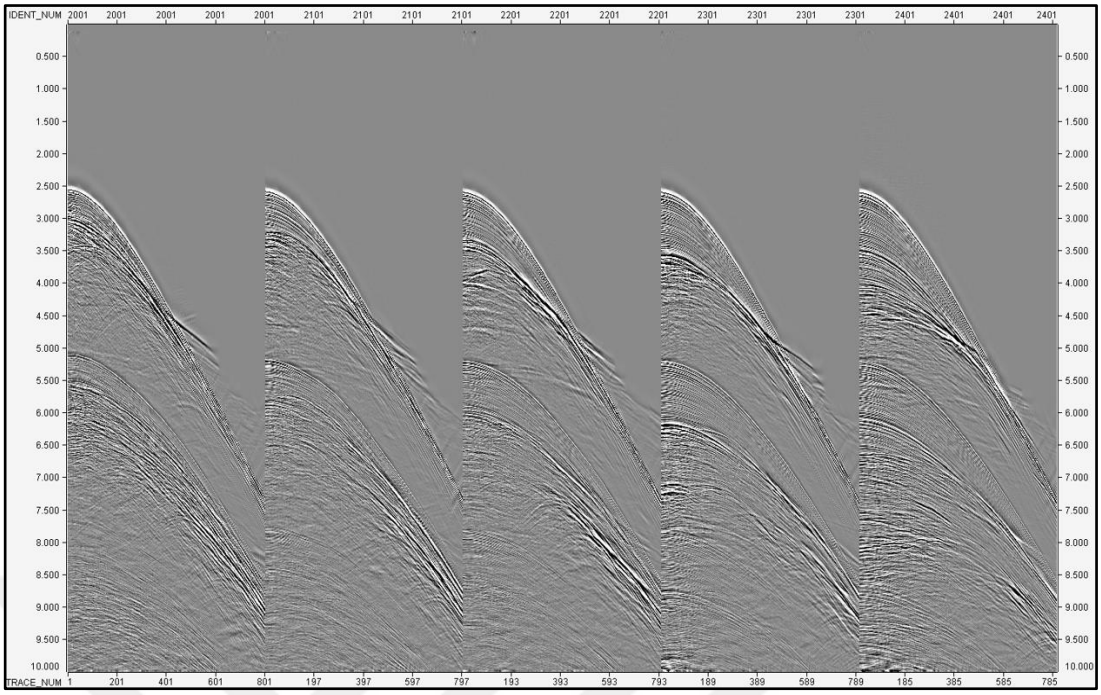
Bu işlem sonucunda sıfır faz dönüşümü (designature) uygulamasının veride kalmış olan hava kabarcığı (bubble) etkisini efektif bir şekilde giderildiği ve tekrarlı yansımaların giderilmesi için gerekli olan sıfır fazlı verinin en iyi şekilde oluşturulduğu gözlenmiştir. (Şekil 4.54)



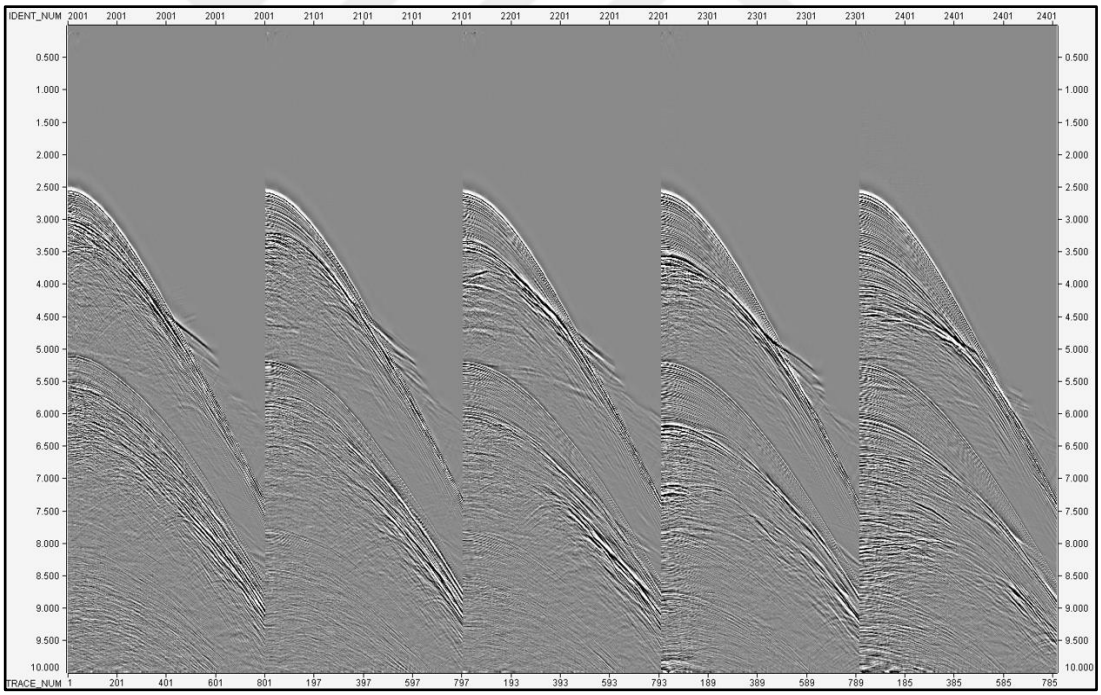
Şekil 4.54. Hava kabarcığı (bubble) etkisi giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

4.3.7. İkinci gürültü eliminasyonu (Signal protected noise attenuation)

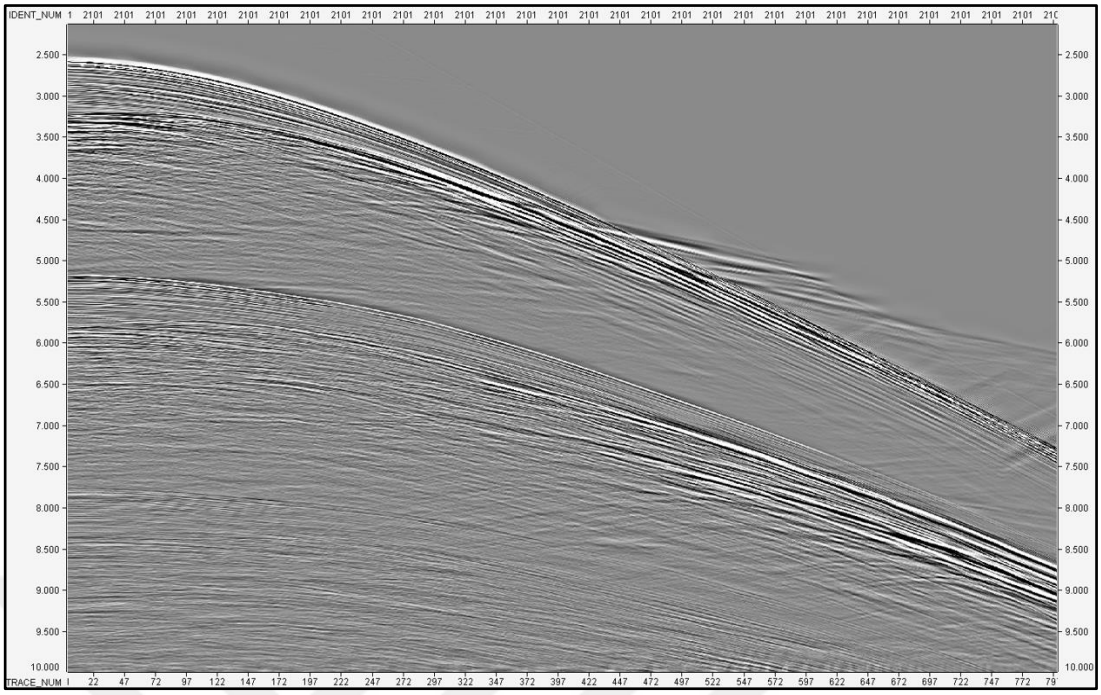
Çok fazla deniz dalgası gürültüsüne sahip olan verilerde hayalet yansımalar ve dalgacık dönüşümü yapıldıktan sonra düşük frekans gürültülerin varlığı devam ediyor ise ikincil bir gürültü eliminasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu aşamada dalgacık dönüşümü yapılmış veri üzerinde deniz dalgası gürültüleri giderildikten sonra kalan çok düşük frekans içeriğine sahip (3-5 Hz) gürültüler giderilmeye çalışılmıştır.



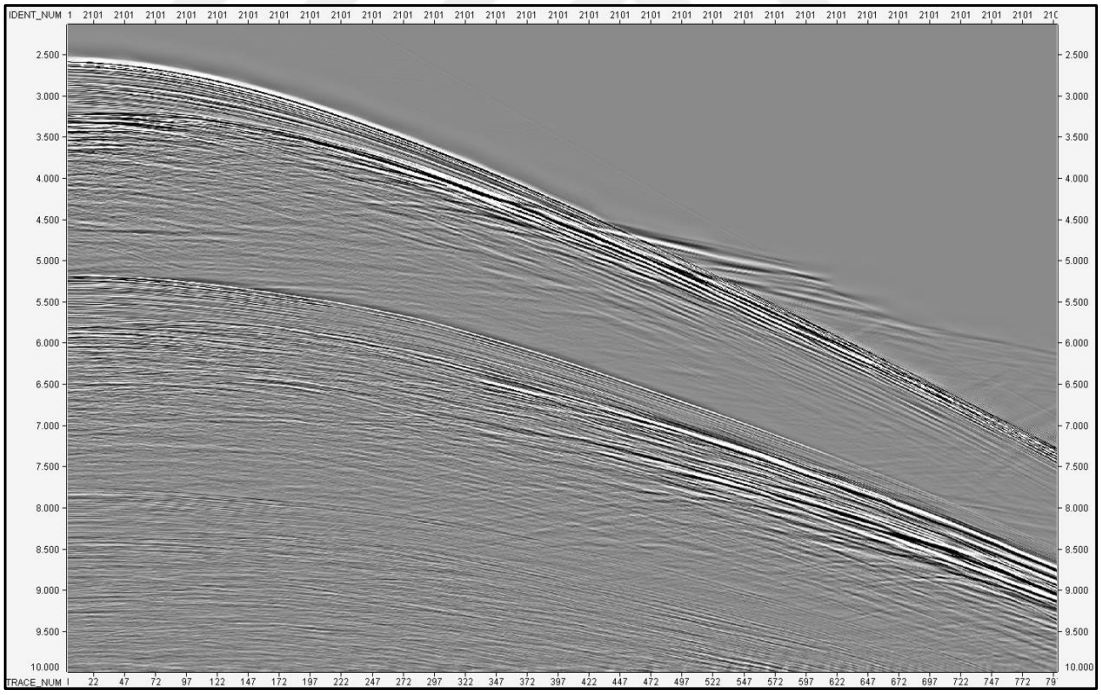
Şekil 4.55. İkinci gürültü eliminasyonu öncesi ham sismik veri



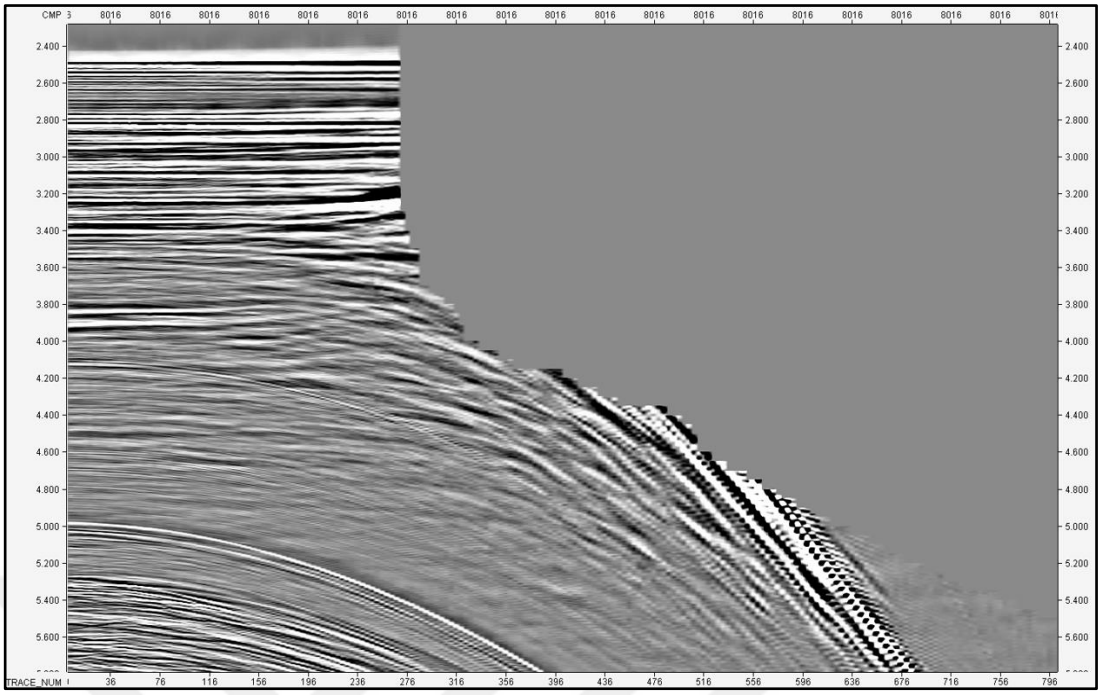
Şekil 4.56. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik veri



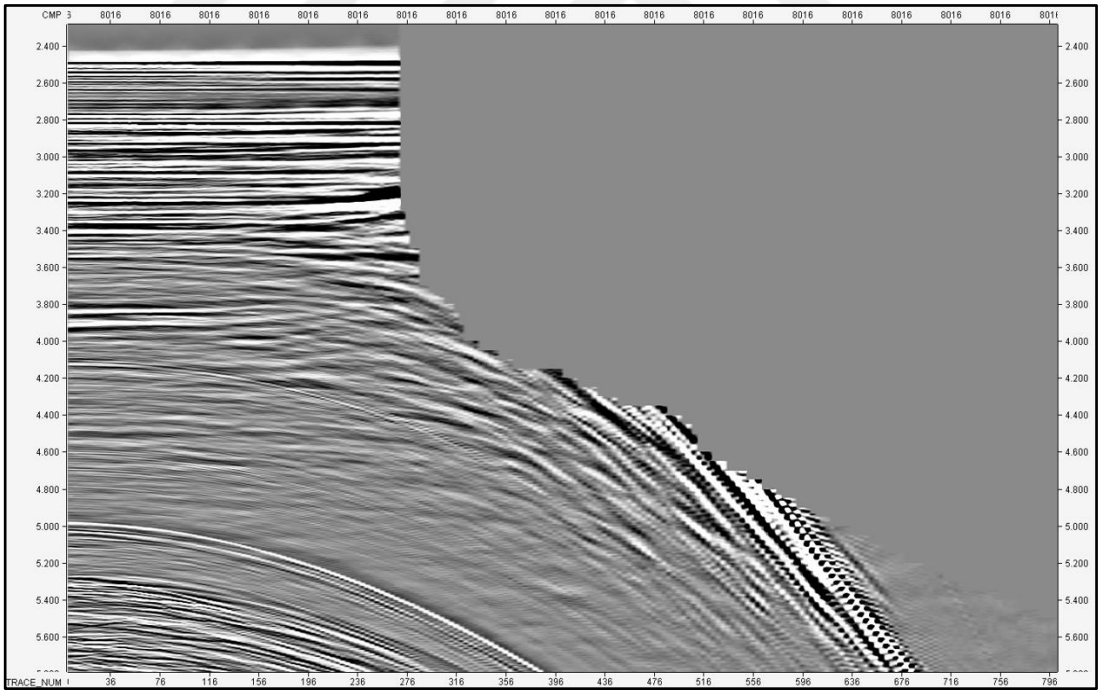
Şekil 4.57. İkinci gürültü eliminasyonu öncesi ham sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.58. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik verinin yakınlaştırılmış görüntüsü



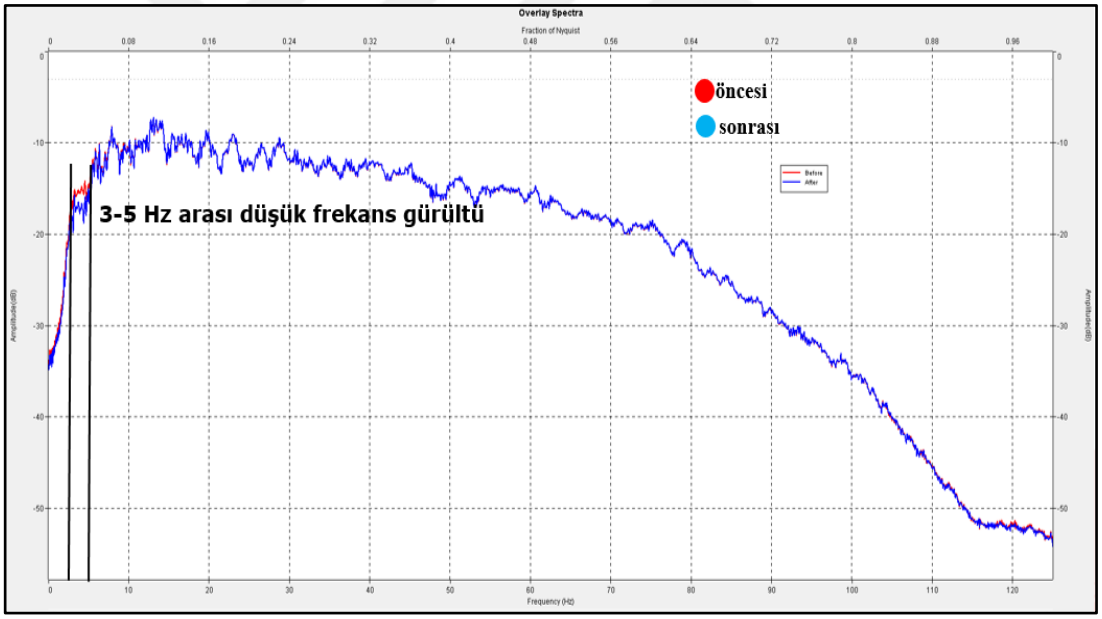
Şekil 4.59. İkinci gürültü eliminasyonu öncesi ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



Şekil 4.60. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



Şekil 4.61. İkinci gürültü eliminasyonu sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsünde oluşan farkı

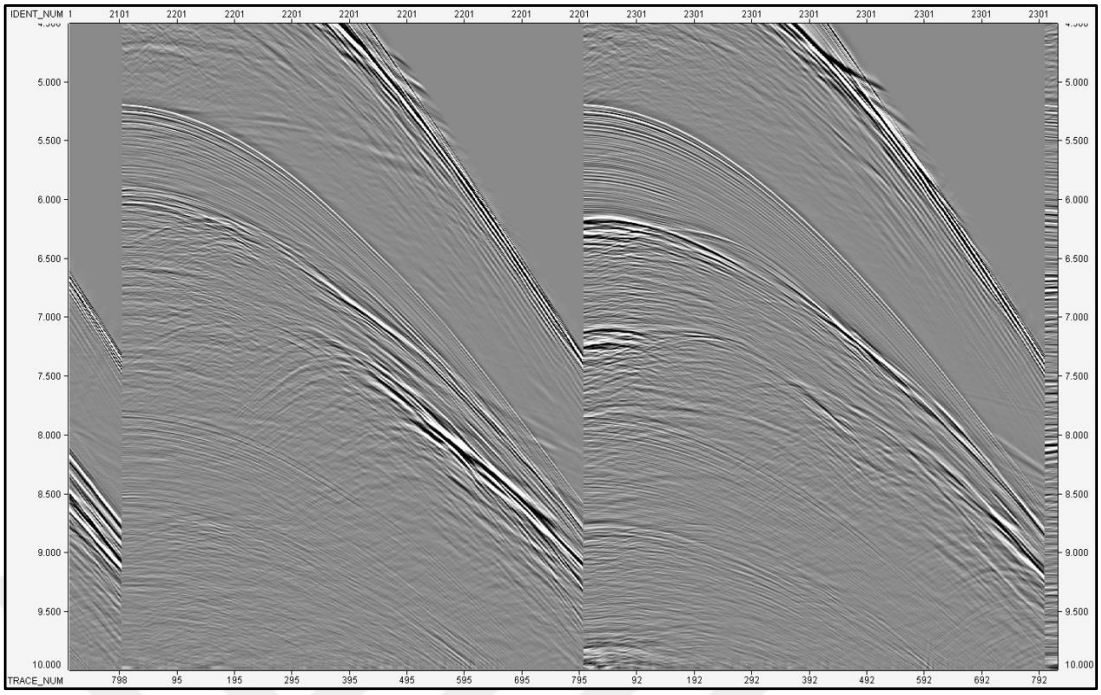


Şekil 4.62. Düşük frekanslı gürültülerin etkisinin giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

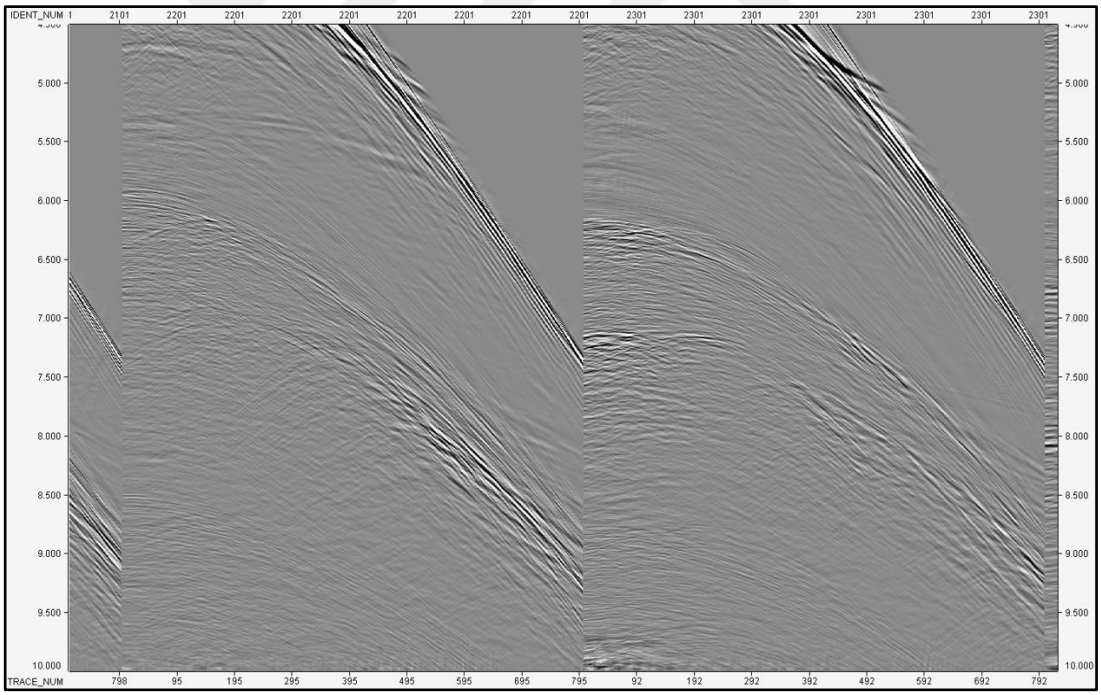
4.3.8. Tekrarlı yansımaların giderilmesi

4.3.8.1. GSMP (General surface multiple prediction)

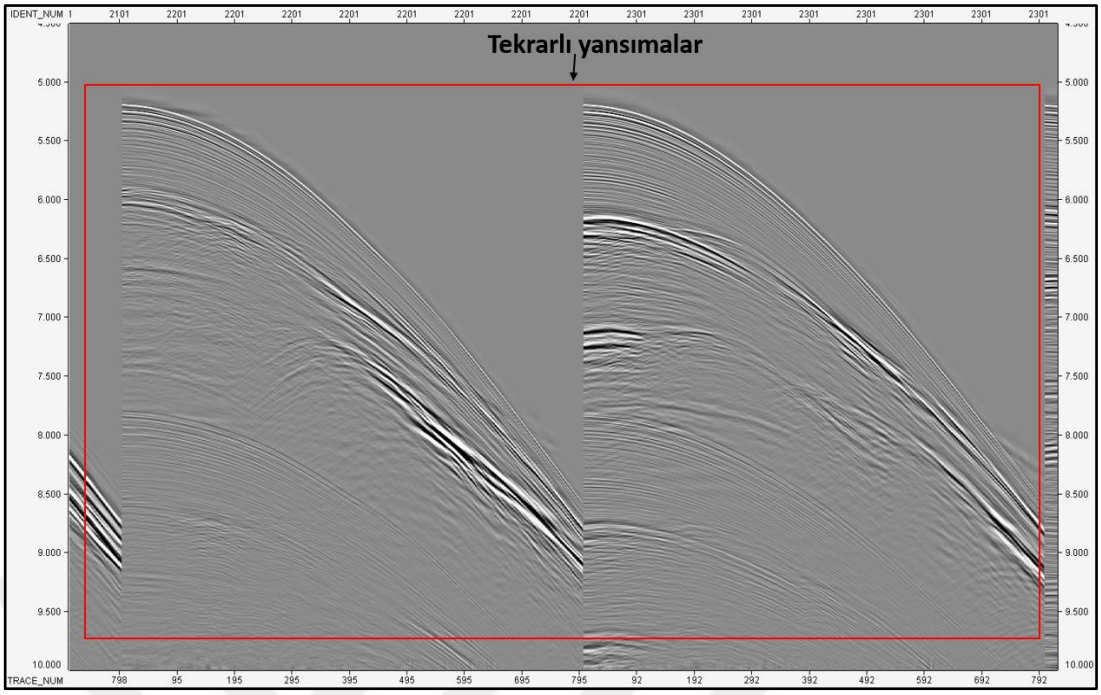
Bu aşamada deniz yüzeyi ile hava arasında oluşan yansıtıcı yüzeyden kaynaklanan tekrarlı yansımaların giderilmesi amacıyla sismik veri üzerinde tekrarlı yansımalar modellenip veriden çıkarılmıştır.



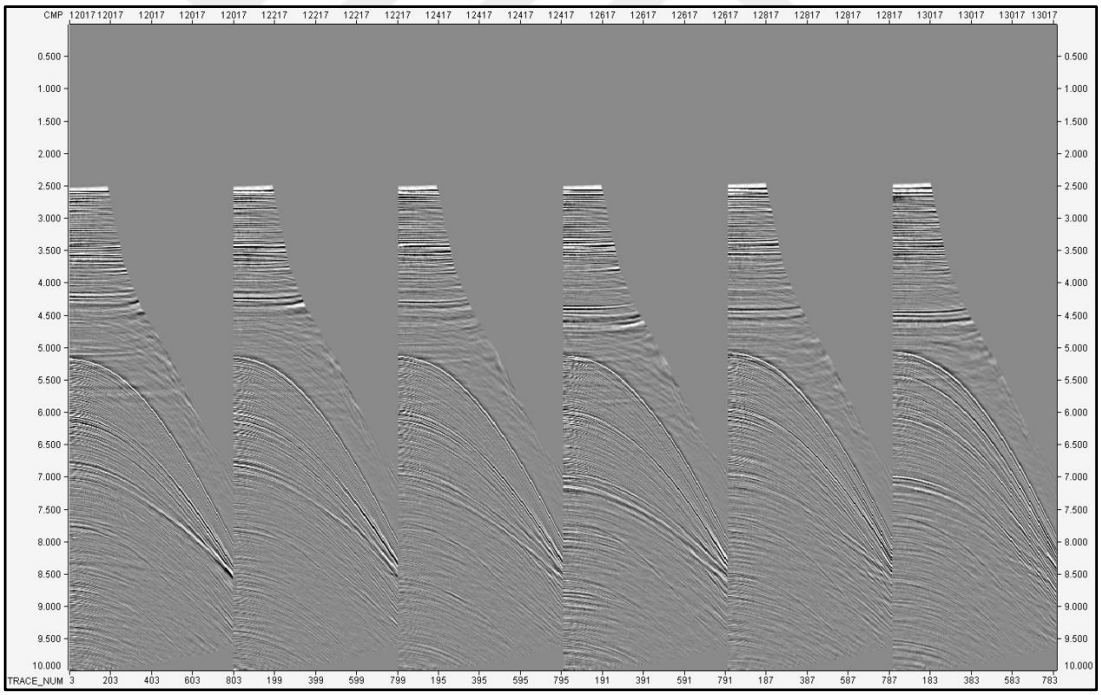
Şekil 4.63. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi ham sismik veri



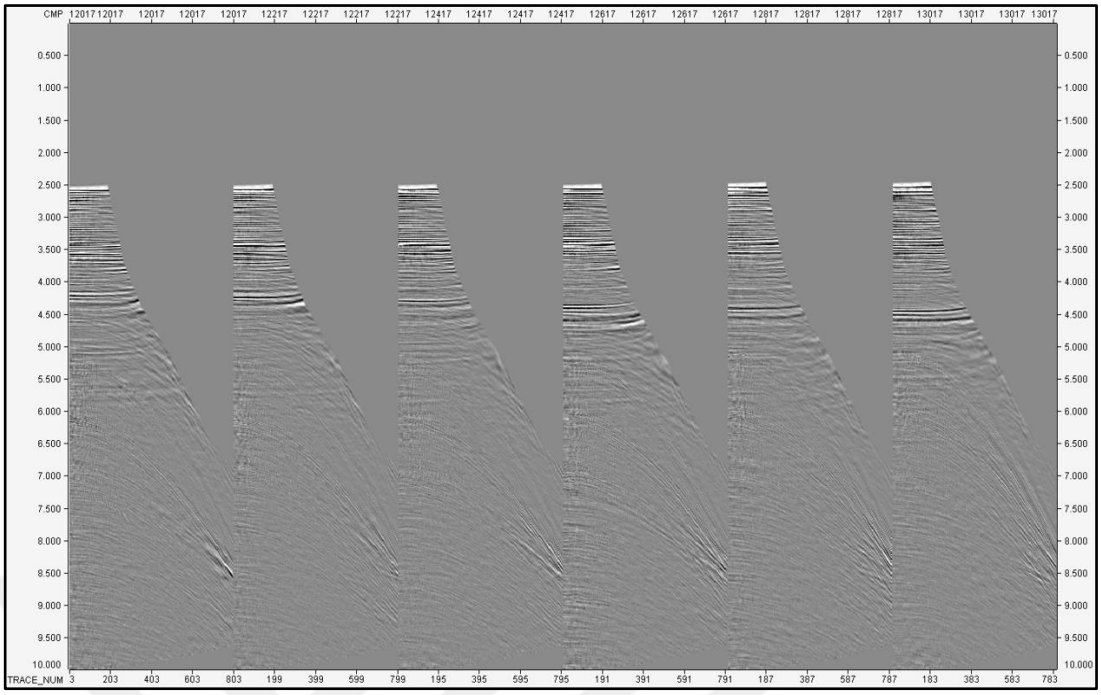
Şekil 4.64. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik veri



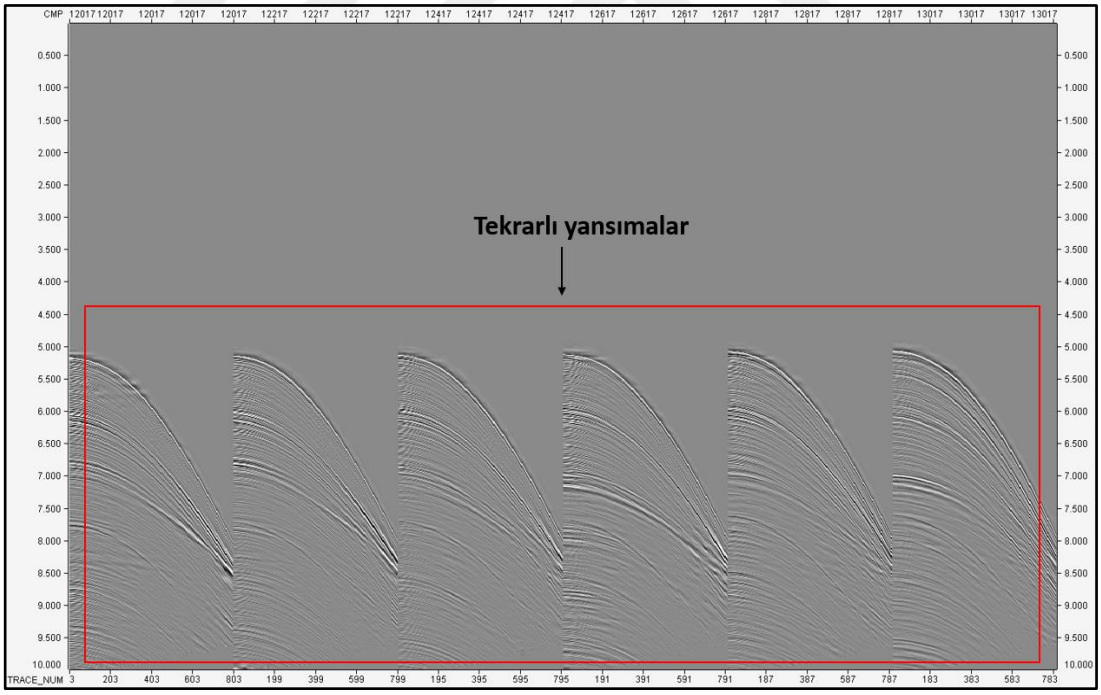
Şekil 4.65. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan farkın görüntüsü



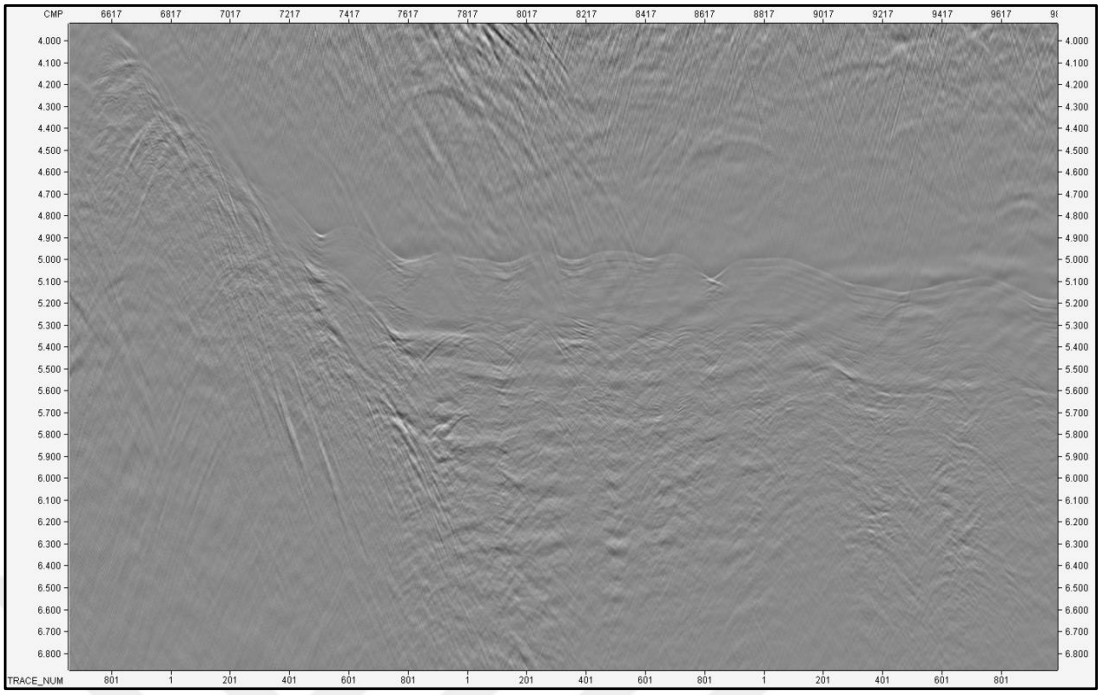
Şekil 4.66. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



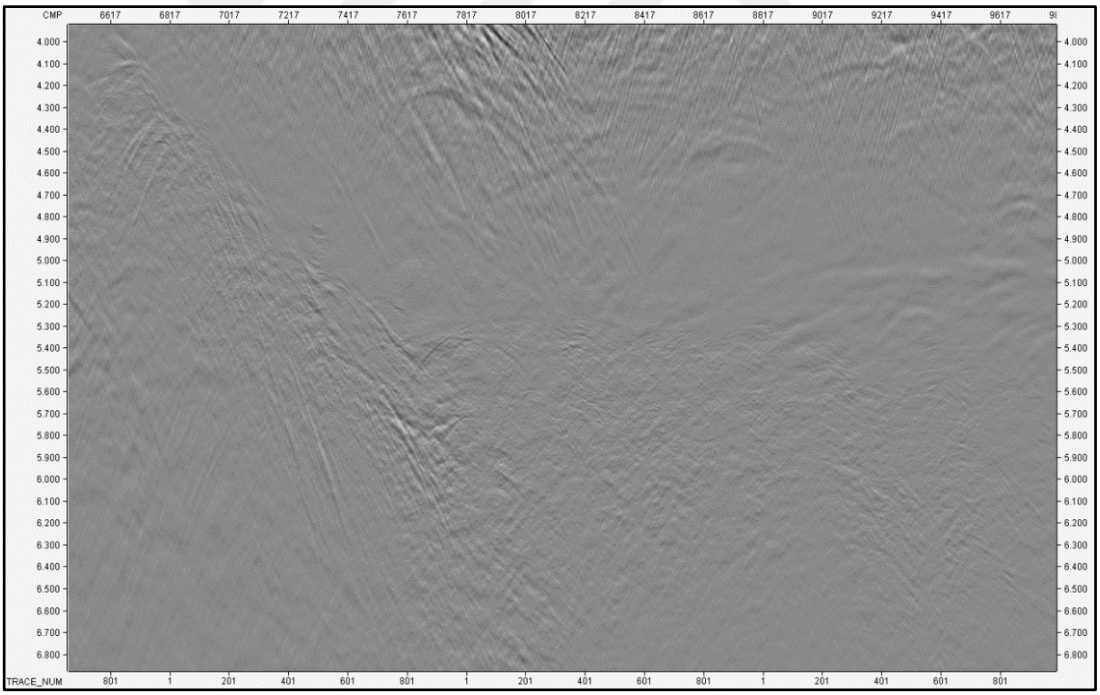
Şekil 4.67. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



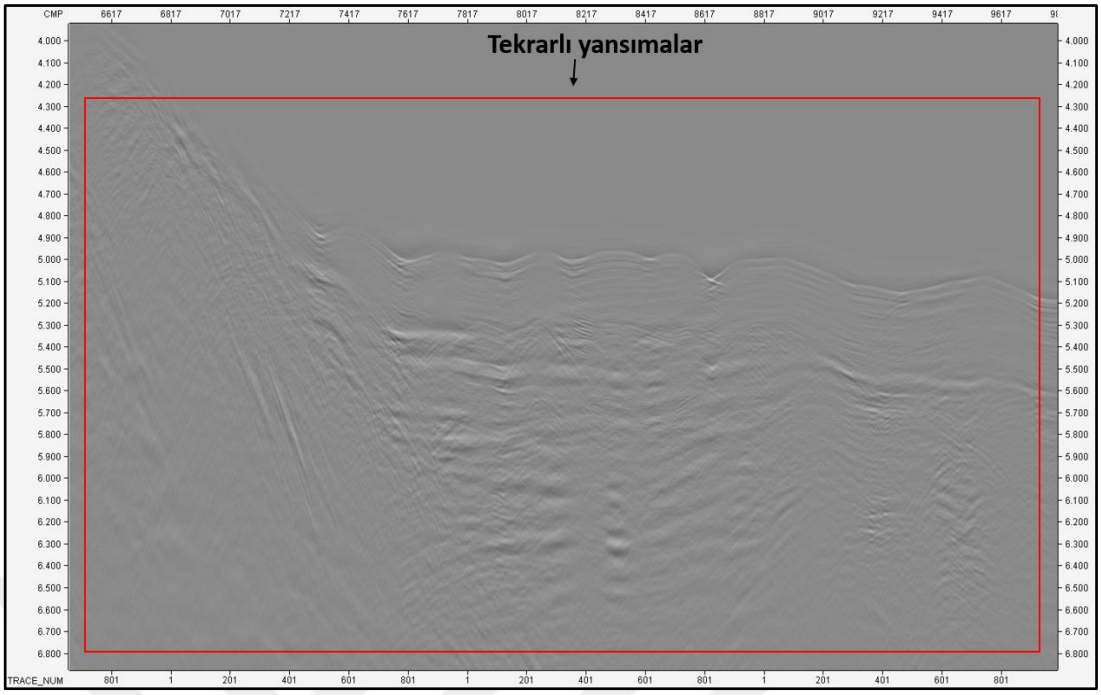
Şekil 4.68. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsünde oluşan farkı



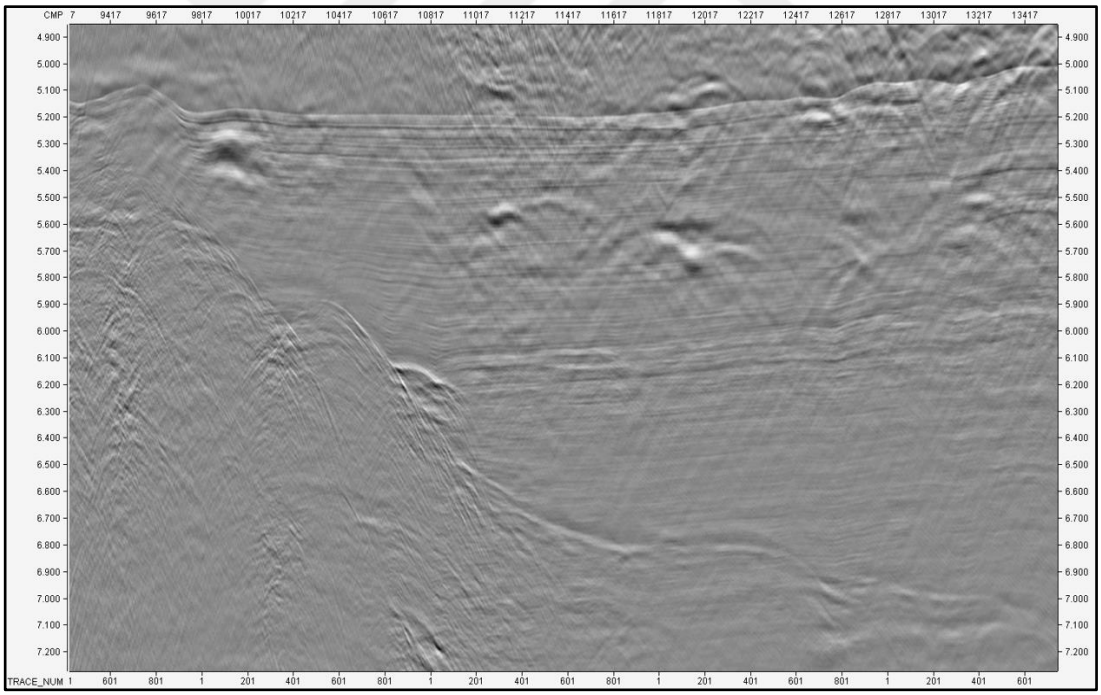
Şekil 4.69. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi oluşan yığma (stack) görüntüsü



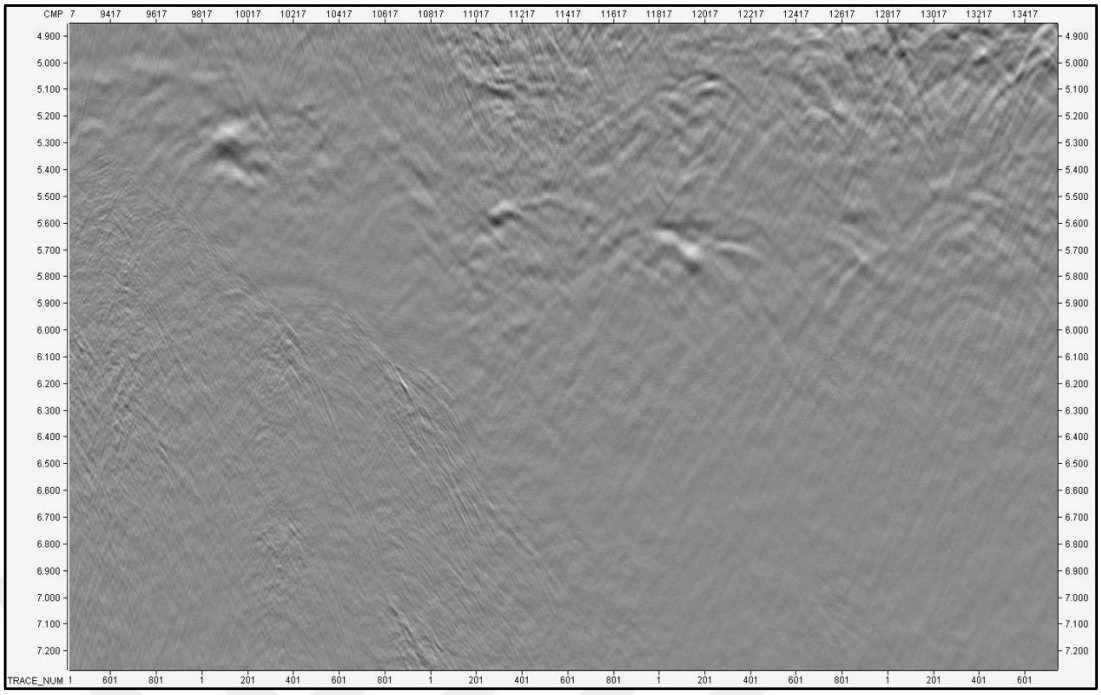
Şekil 4.70. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan yığma (stack) görüntüsü



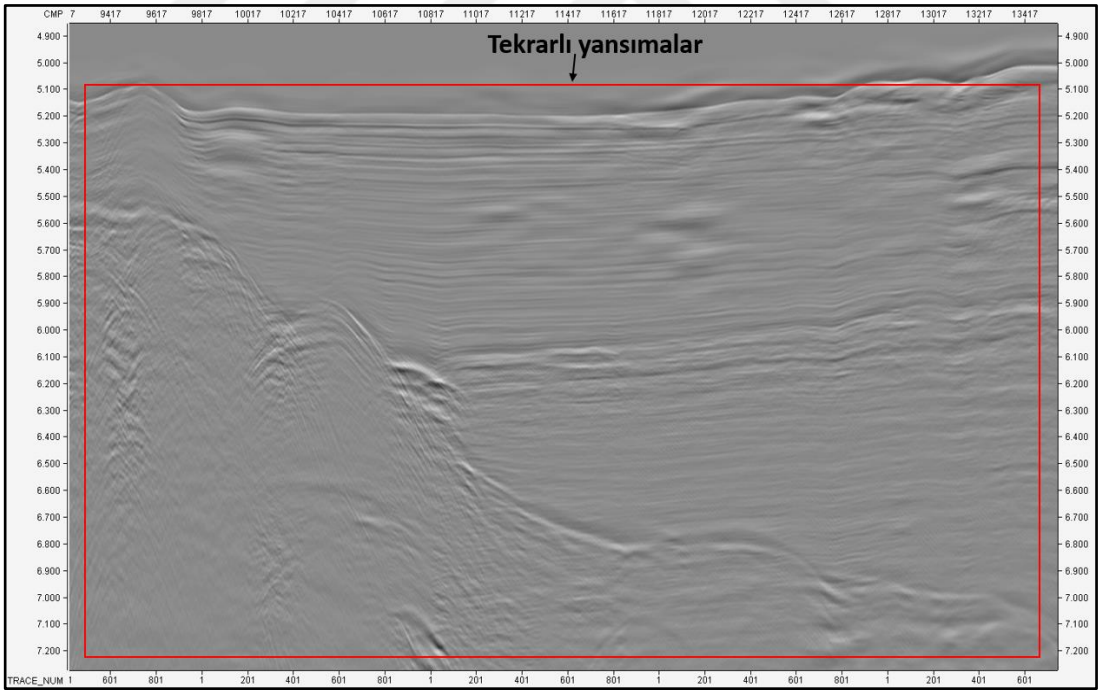
Şekil 4.71. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası yığma (stack) farkının görüntüsü



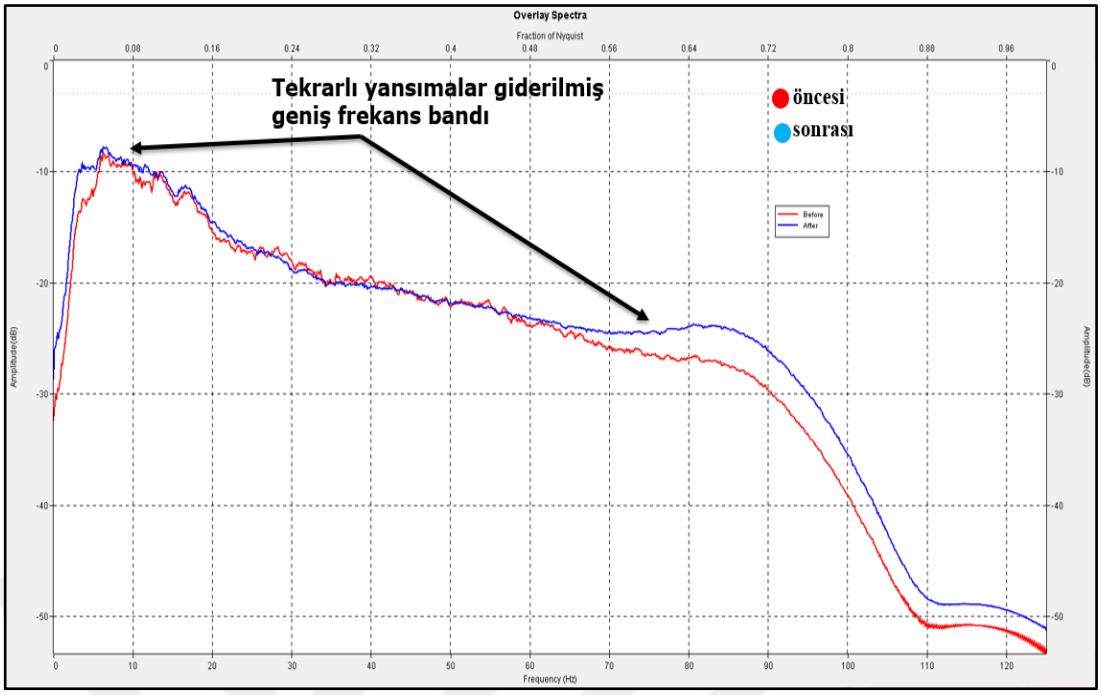
Şekil 4.72. Tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi yığma (stack) kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.73. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası yığma (stack) kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.74. Tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan farkın yığma (stack) kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.75. Tekrarlı yansımaların etkisinin giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

Ayrıca kalıntı tekrarlı yansımalar için Radon de multiple (tekrarlı yansımaların giderilmesi) yapılmıştır.

4.3.8.2. Radon

Radon dönüşümü kullanılarak, normalde küresel yayınım gösteren dalga alanından oluşan atış veya CDP grubu kendisini oluşturan düzlem dalga bileşenlerine ayrılır. İşlem, veriye doğrusal bir kayma zamanı uygulayıp ofset ekseni boyunca genliklerin toplanması şeklinde uygulanır. Bu işlem ofset eksenini ışın parametresi (p) eksenine dönüştürür ve bu işlem sonucunda birçok farklı p değeri için elde edilen izlerin oluşturduğu grup "τ-p grubu (τ-p gather)" olarak adlandırılır. Bu gruptaki her bir iz, düşeyden belirli bir açıyla yayınan bir düzlem dalgaya karşılık gelir. Yayınan bu düzlem dalgalar bir ara yüzeyden yansıyarak yüzeydeki tek bir alıcıda kaydedilir. Aynı işlem tersinirlik özelliğine göre, verilen bir atış noktası için alıcılar boyunca toplama yapılarakta gerçekleştirilebilir. Bu işlem, kaydedilen bir atış grubunun düzlem dalga bileşenlerine ayrılmasını sağlar (Yılmaz, 1987).

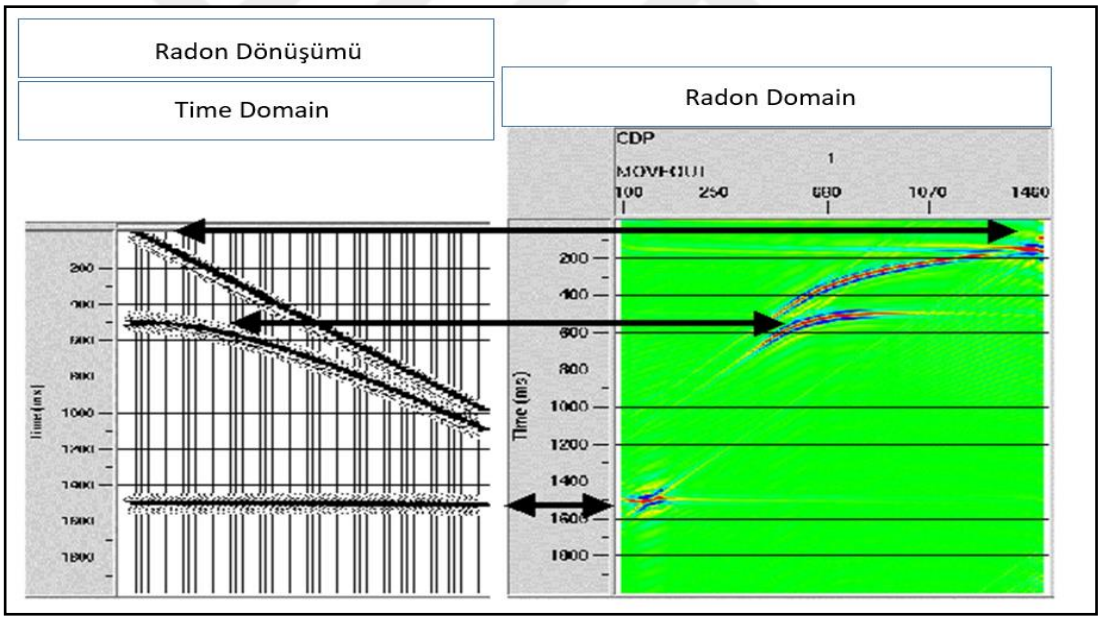
p değişkeni "ışın parametresi" olmak üzere, Denklem (4.4)'deki Snell yasasına göre;

$$\frac{\sin\theta_1}{V_1}=\frac{\sin\theta_2}{V_2}=\frac{\sin\theta_3}{V_3}=p \tag{4.4}$$

olup, (sin θ/ V) parametresi tabakalı ortamlarda ışın yolu boyunca sabittir. Her ardışık kaynak noktası arasındaki mesafe Δx, düşeyden olan yayınım açısı θ ve ortamın hızı V olmak üzere, düzlem dalganın oluşturulmasında ardışık atışlar arasındaki zaman farkı Denklem (4.5) ile verilir.

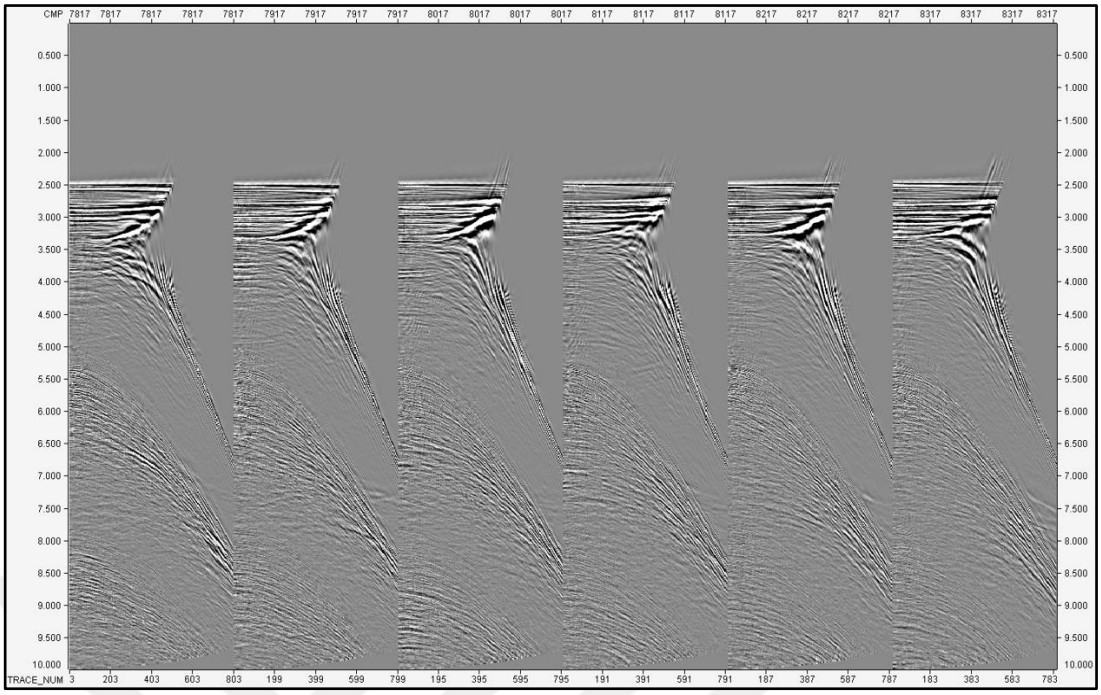
$$\Delta_t=\Delta x\times\left(\frac{\sin\theta}{v}\right)=p\times\Delta x \tag{4.5}$$

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 çizilebilir. Bu ışın yollarından faydalanarak ardışık yansımalar başarıyla sismik veriden giderilebilir. (Şekil 4.76)

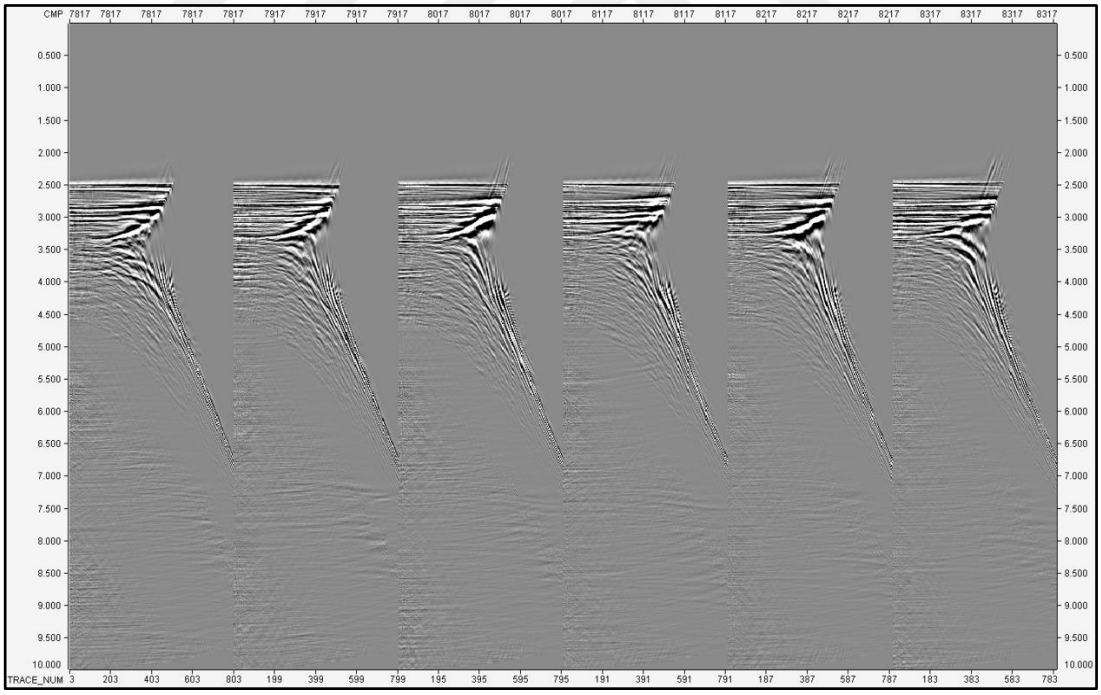


Şekil 4.76. Radon dönüşümü (Dondurur, 2009)

Tabaka içlerinde meydana gelen ardışık yansımaların temizlenmesi amacıyla migrasyon öncesi ara yüzey ilişkili tekrarlı yansımaların giderilmesi ve geriye kalan yüksek frekanslı gürültünün temizlenme işlemi için RADON dönüşümü gerçekleştirilmiştir.



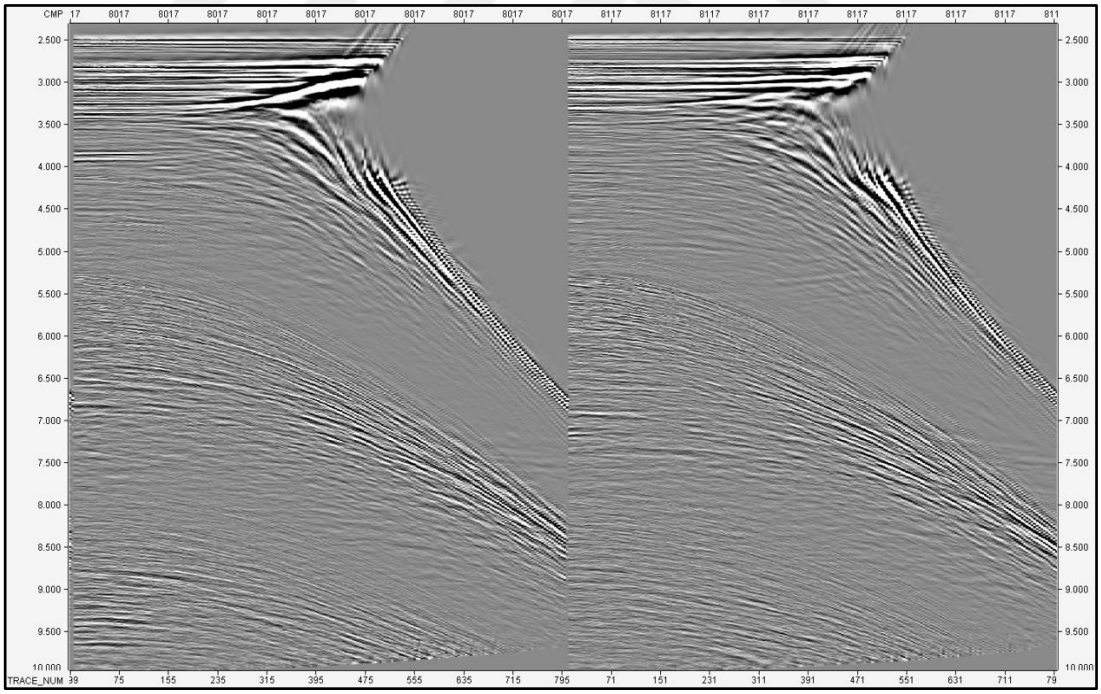
Şekil 4.77. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



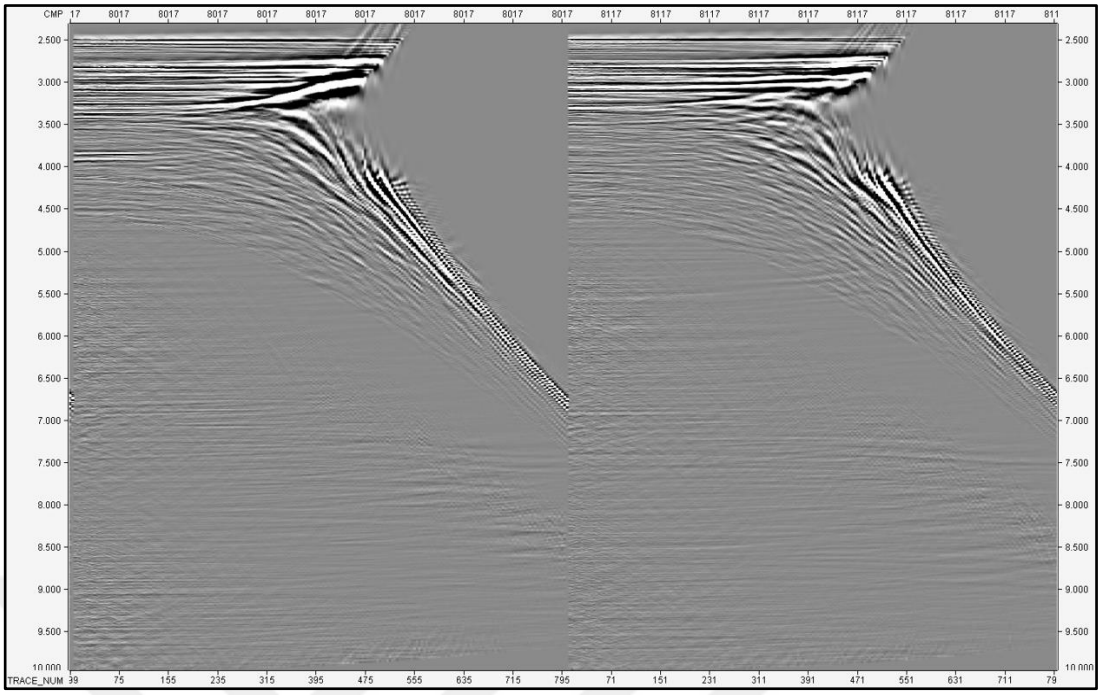
Şekil 4.78. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



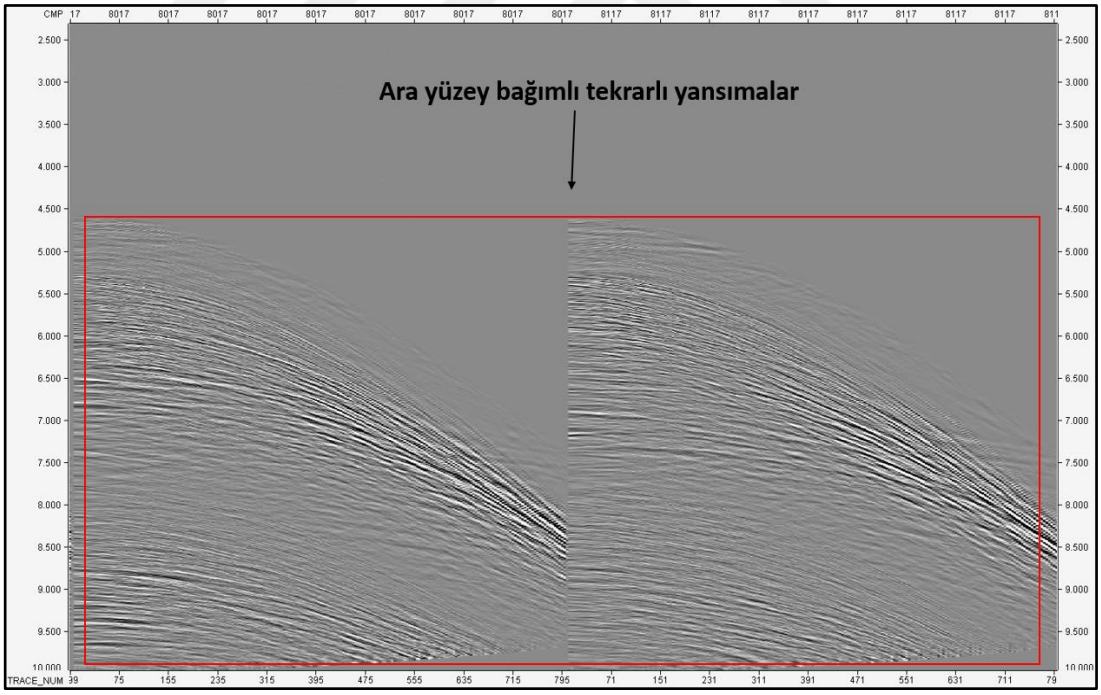
Şekil 4.79. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsünde oluşan farkı



Şekil 4.80. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi öncesi oluşan yığma (stack) görüntüsü



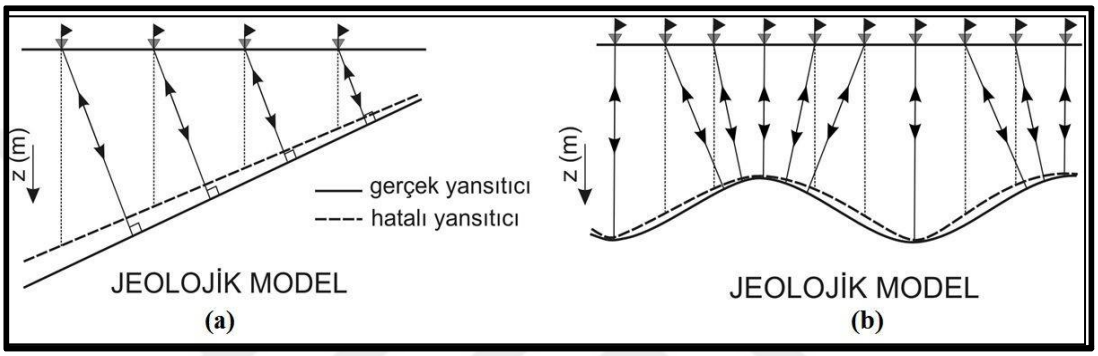
Şekil 4.81. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan yığma (stack) görüntüsü



Şekil 4.82. Ara yüzey bağımlı tekrarlı yansımaların giderilmesi sonrası oluşan farkın yığma (stack) kesitinin görüntüsü

4.3.9. Migrasyon

Sismik kesitteki eğimli yapıların yerlerine taşınması ve saçılma enerjisinin yok edilmesi işlemine "migrasyon" adı verilir ve yığma kesitini jeolojik kesite benzer hale getirmek amacıyla uygulanmaktadır. Şekil 4.83'te gösterilen yansıma alınan tabaka eğimli ise bu tabakadan elde edilen yansıma, yığma kesitinde gerçek yerinde olmaz. Temel olarak migrasyon, yansımaları sismik kesit üzerinde ait oldukları gerçek yansıma noktasına taşıma işlemidir.



Şekil 4.83. (a) Eğimli, (b) ondülasyonlu yansıtıcılar ve şematik olarak bunların yığma kesitlerindeki hatalı görüntüleri (Dondurur, 2009)

Tablo 4.3. Migrasyon çeşitleri ve özellikleri (Dondurur, 2009)

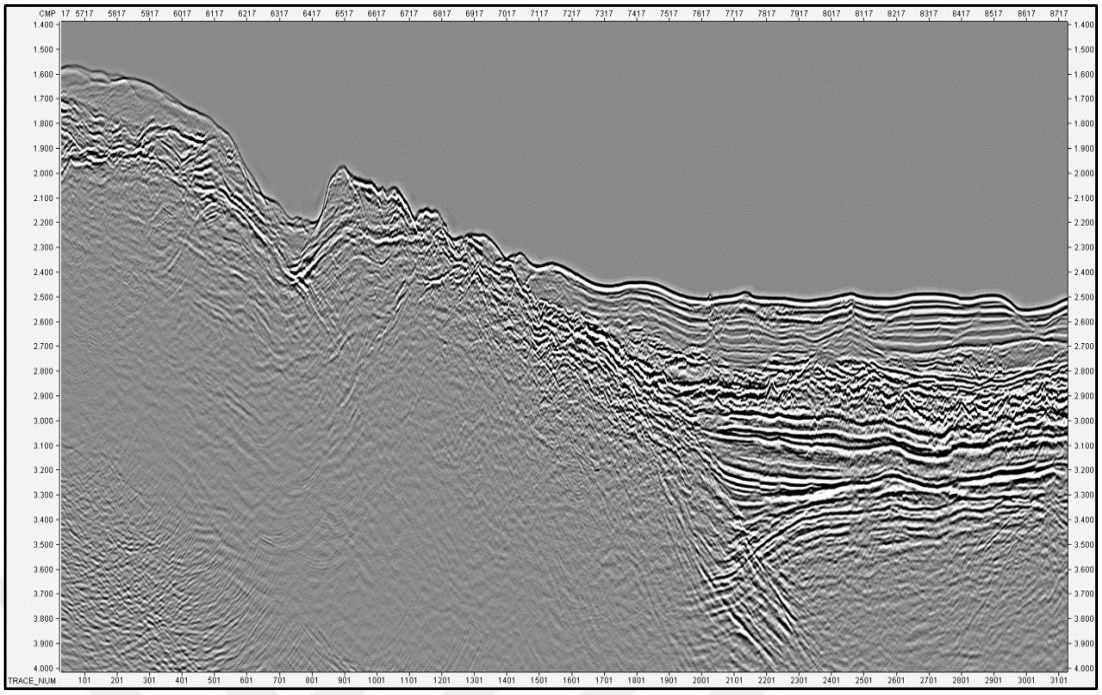
Migrasyon Çeşitleri	**Özellikleri**
Zaman migrasyonu (time migration)	Yığma kesiti saçılmalar veya yapısal eğim içerdiğinde ihtiyaç duyulur. Düşey ve yumuşak yanal hız değişimleri için geçerlidir.
Derinlik migrasyonu (depth migration)	Yığma kesiti büyük yanal hız değişimleri ve yapısal eğim içerdiğinde ihtiyaç duyulur.
Yığma öncesi kısmi migrasyon (Prestack partial migration-PSPM) veya DMO	Zıt eğimler ve yanal hız değişimleri, yığma sonrası migrasyonun hatalı sonuçlar üretmesine neden olur. DMO, zıt eğimler sorununu çözerek daha kaliteli yığma kesitleri üretir.
Yığma öncesi tam zaman migrasyonu (Full-time migration before stack)	Çıktısı migrasyonlu kesittir ve migrasyonsuz kesit gibi bir ara çıktı üretilemez. Zıt eğim sorununa en kesin çözümü üretir. DMO bu yöntemin basitleştirilmiş şeklidir.
Yığma öncesi derinlik migrasyonu (Prestack depth migration-PSDM)	Çok fazla yanal hız değişimi olması durumunda ihtiyaç duyulur.

Yansımalar daima eğilimli ara yüzeylerin eğim yukarı kısmından gelme eğilimindedirler ve bu nedenle antiklinaller yığma kesitlerinde olduklarından daha geniş, senklinaller ise olduklarından daha dar görünürler.

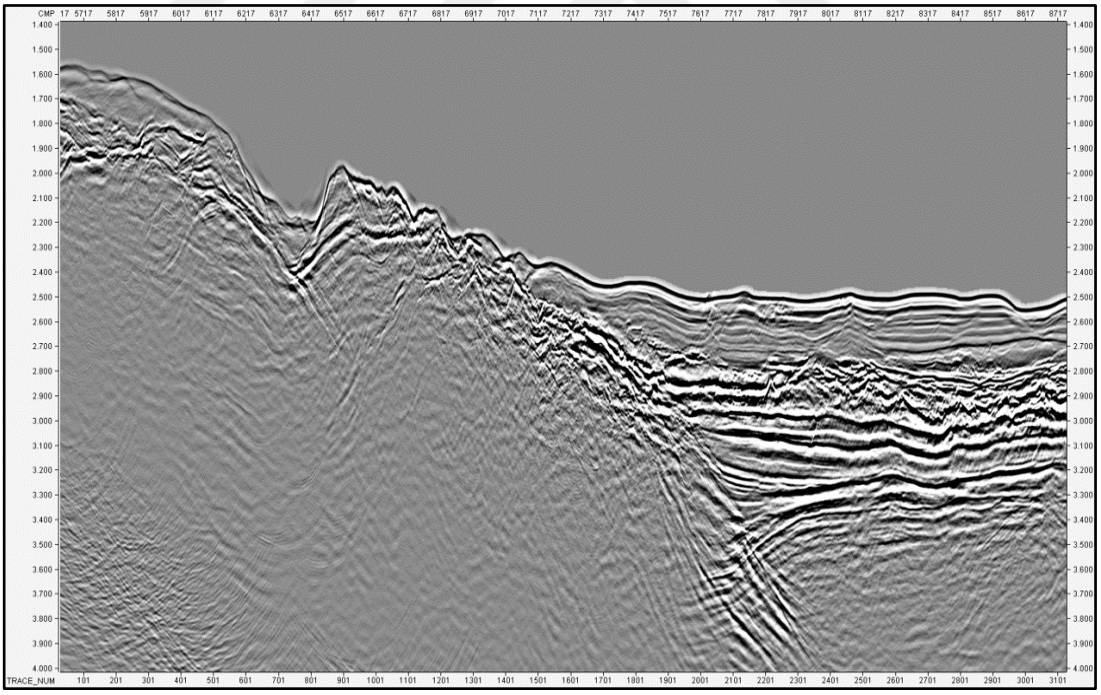
Bu tez çalışmasında Tablo 4.3'te verilen Kirchhoff migrasyonu kullanılmıştır. Kirchhoff migrasyonu, skaler dalga denkleminin integral çözümüne dayanmaktadır. Yöntem hem yatay hem de düşey yöndeki RMS hız değişimlerini dikkate alabilir. Kirchhoff migrasyonunun tanımı için Huygens ilkesi kullanılabilir. Huygens ikincil kaynağı derinlik ortamında bir yarım daire, zaman ortamında (sismik kesitte) ise bir hiperboldür. Bu şekilde tek bir sismik iz üzerindeki tek bir varışın migrasyonu bir yarım daire meydana getirir. Kirchhoff migrasyonu, saçılma toplama yöntemi olarak bilinen bu yöntemi kullanmaktadır. Saçılma toplamı, çıkışın herhangi bir noktasındaki enerjinin, (x,t) ortamındaki giriş verisinde bir saçılma sonucu oluşup oluşmadığının araştırılmasıdır. Saçılma hiperbolünün eğriselliği ortamın RMS hızı tarafından kontrol edilir. Yatay tabakalı bir ortam için t(0) zamanında hiperbolün apex noktasındaki RMS hızı kullanılarak seyahat zamanları Denklem (4.6) ile hesaplanabilir (Dondurur, 2009).

$$t^2(x)=t^2(0)+\frac{4x^2}{V_{RMS}^2} \tag{4.6}$$

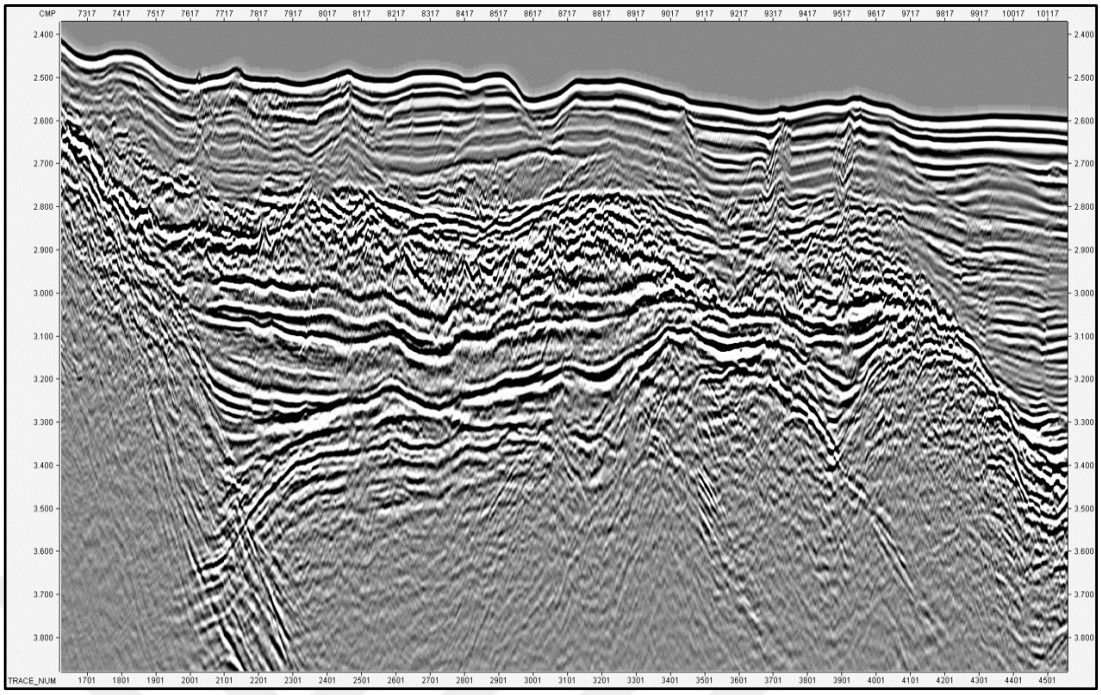
RMS hızlarının değişimleri dikkate alındığında bir nokta kaynaktan yayınan sinyaller yüzeyde bir saçılma hiperbolü olarak kaydedilecektir. Bu dalga alanının aşağı uzanımı, alıcıların yer içine derinlere inmesi ile eşdeğerdir (Clearbout, 1985). Aşağıdaki sonuçlar hayalet yansımalar giderilip migrasyon uygulanmış ile hayalet yansımalar giderilmeden migrasyon uygulanmış verilerin karşılaştırılmasını içermektedir.



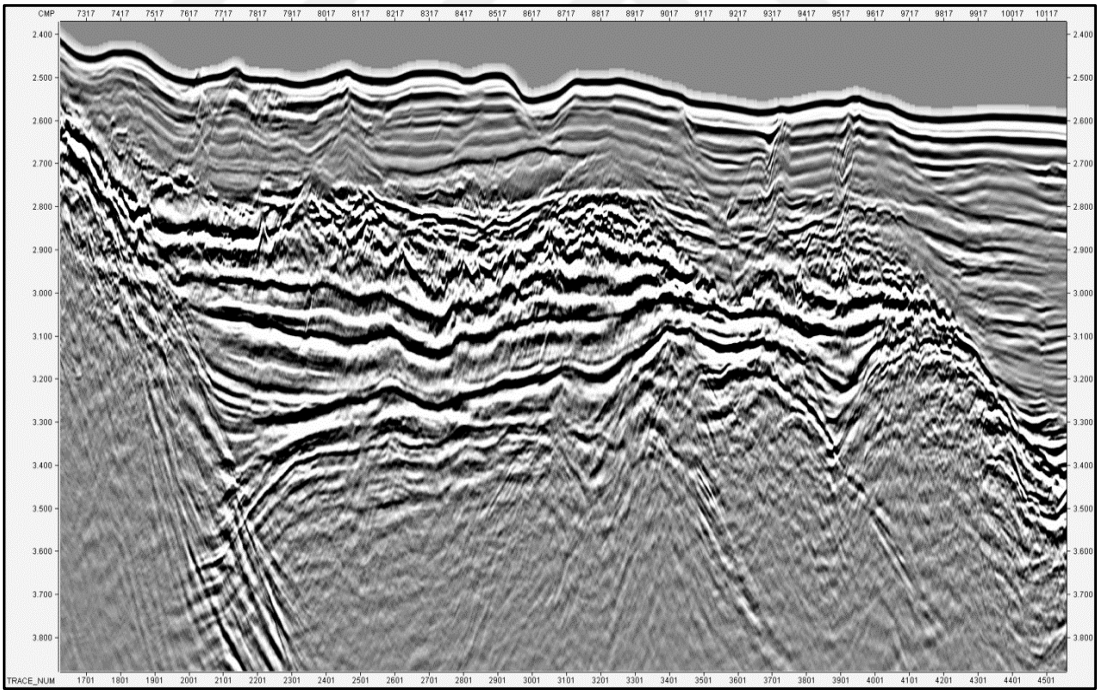
Şekil 4.84. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



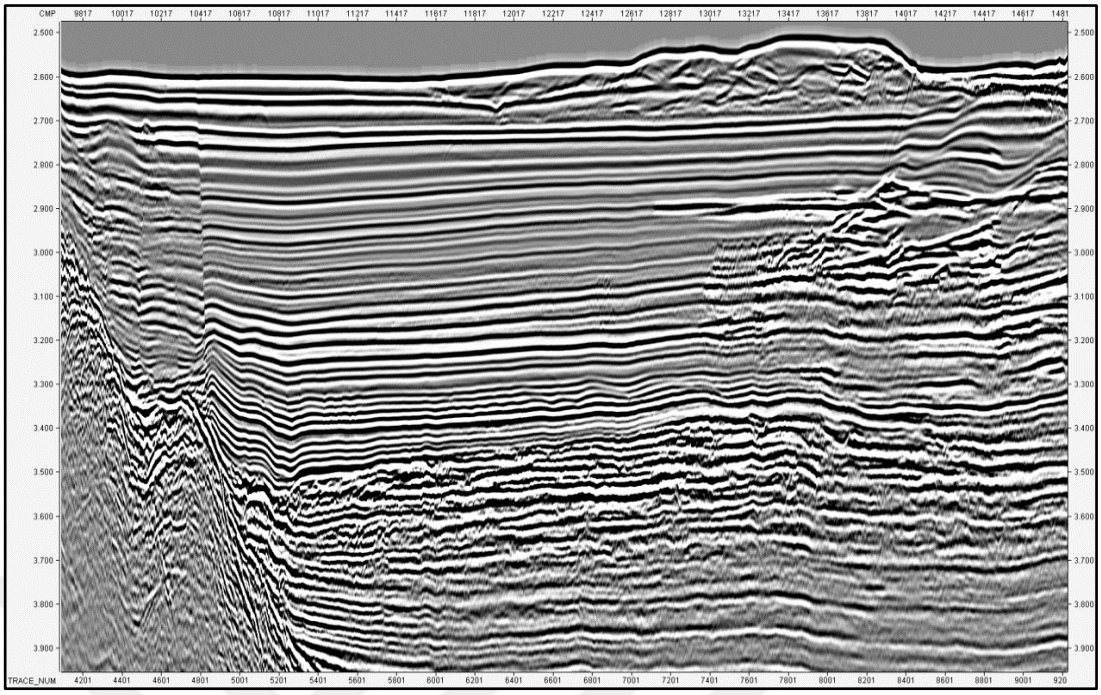
Şekil 4.85. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



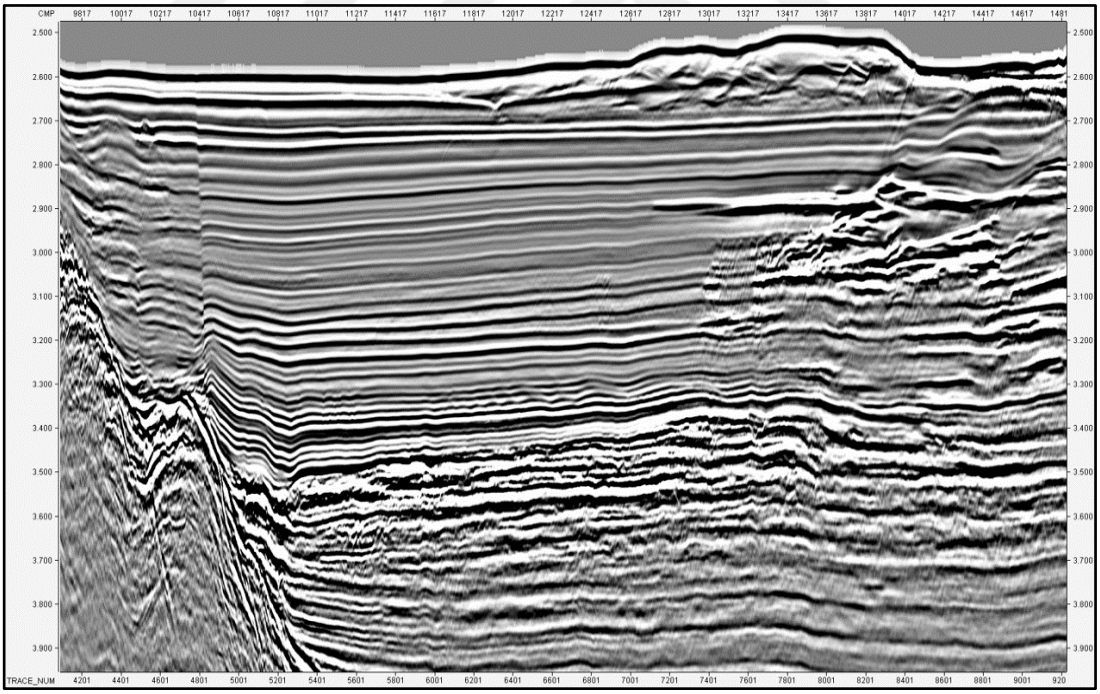
Şekil 4.86. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



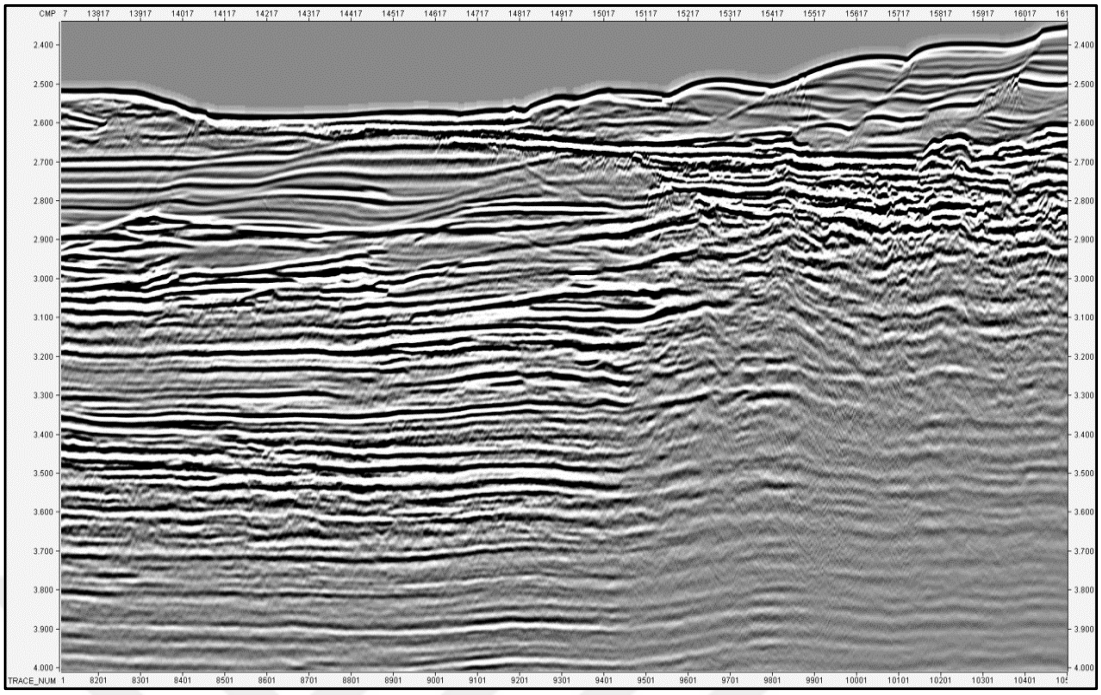
Şekil 4.87. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



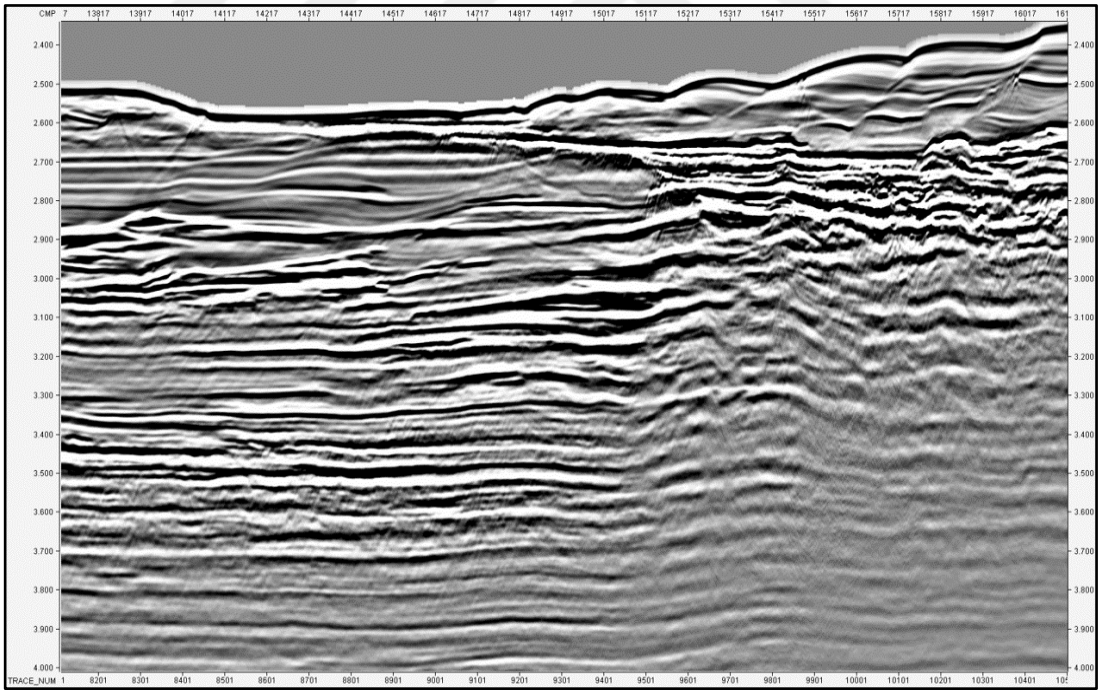
Şekil 4.88. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



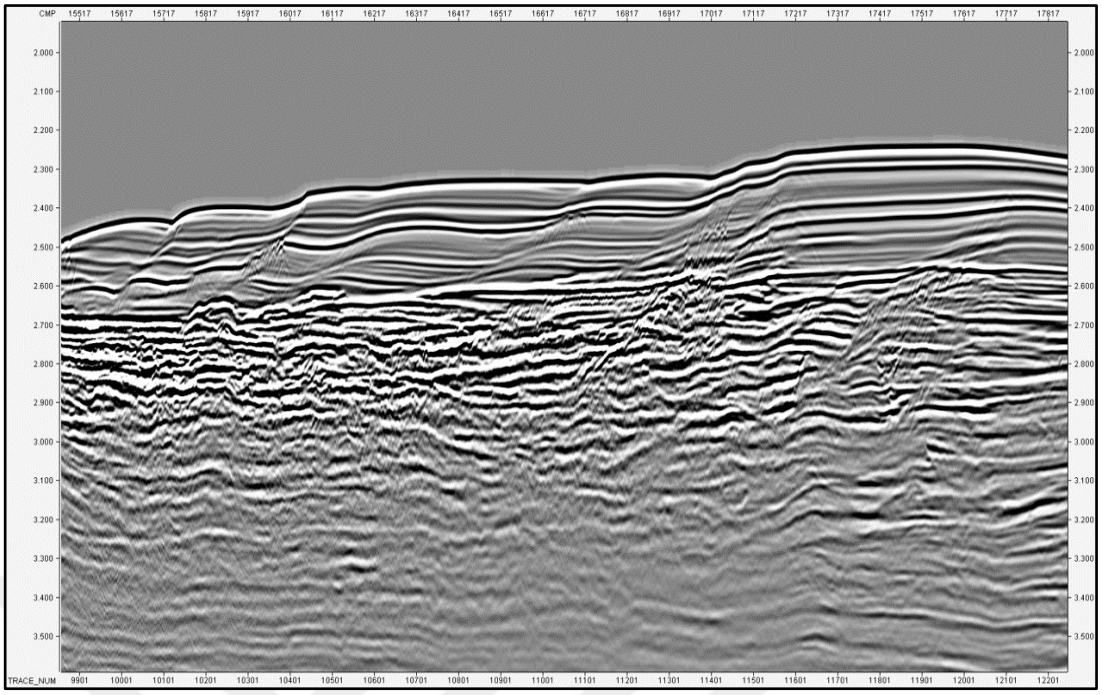
Şekil 4.89. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



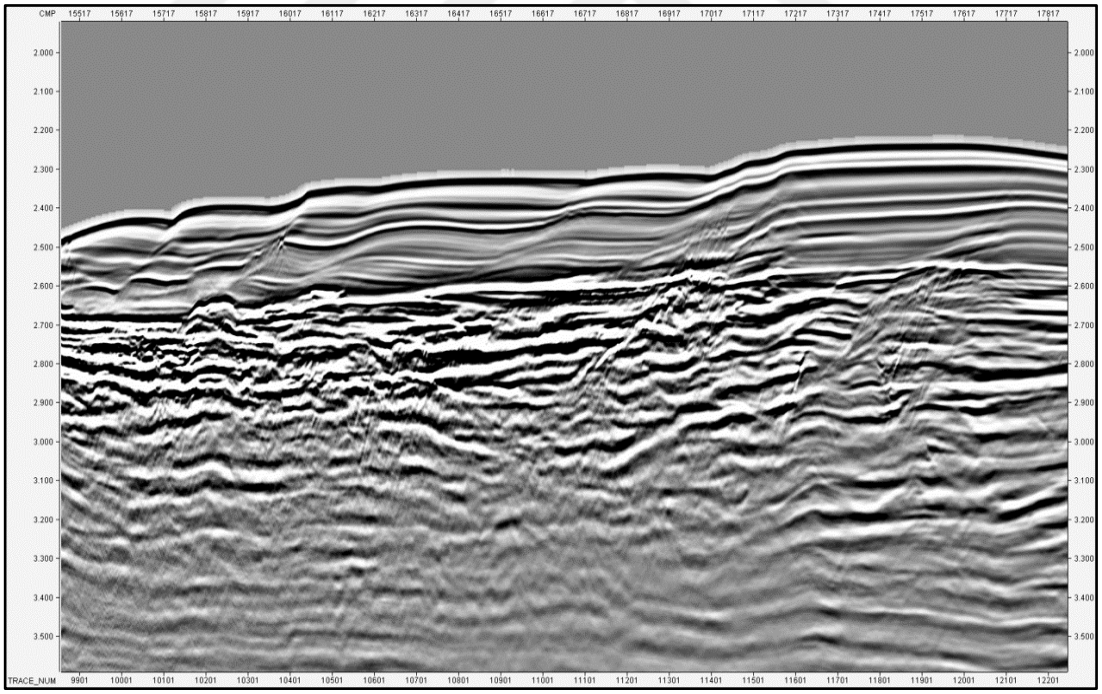
Şekil 4.90. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



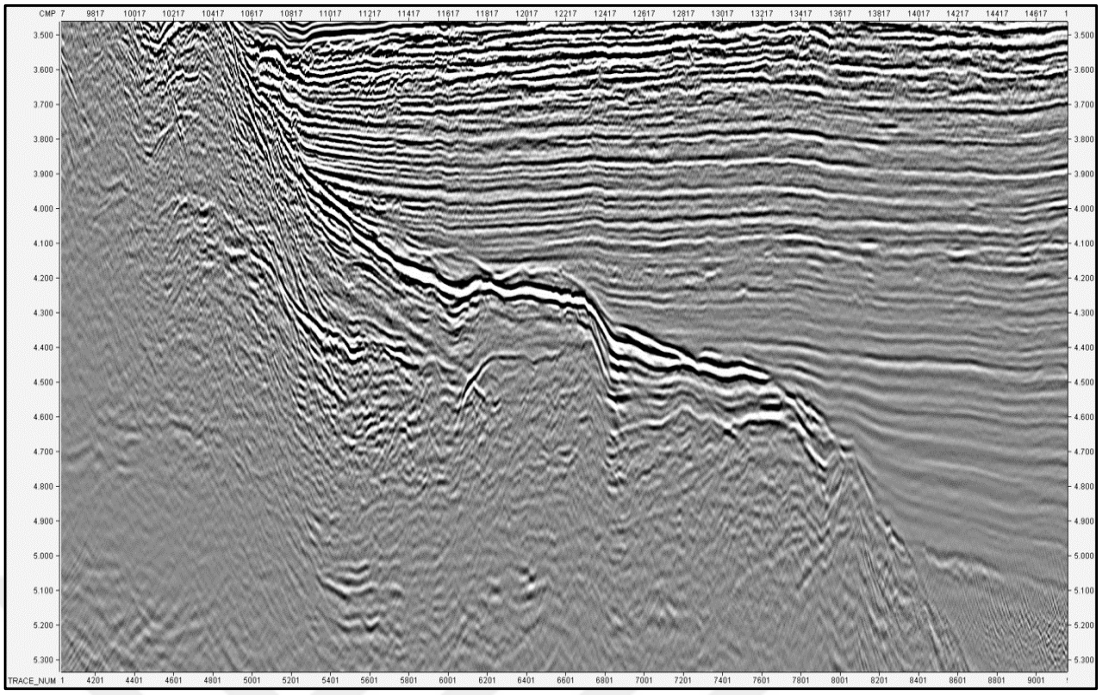
Şekil 4.91. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



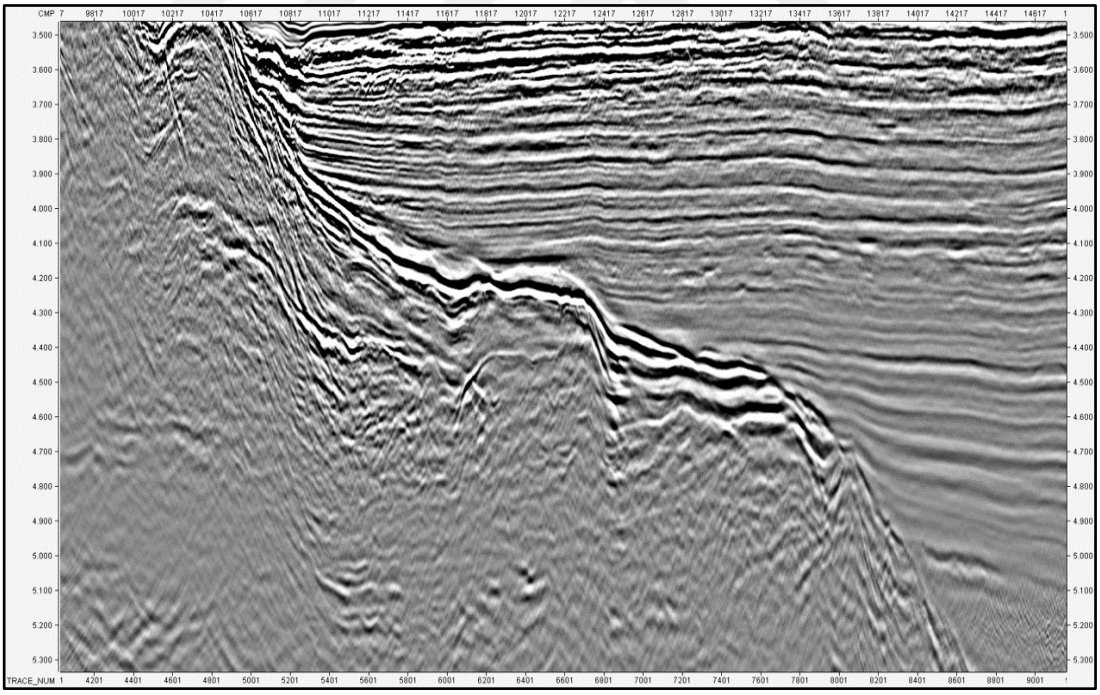
Şekil 4.92. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



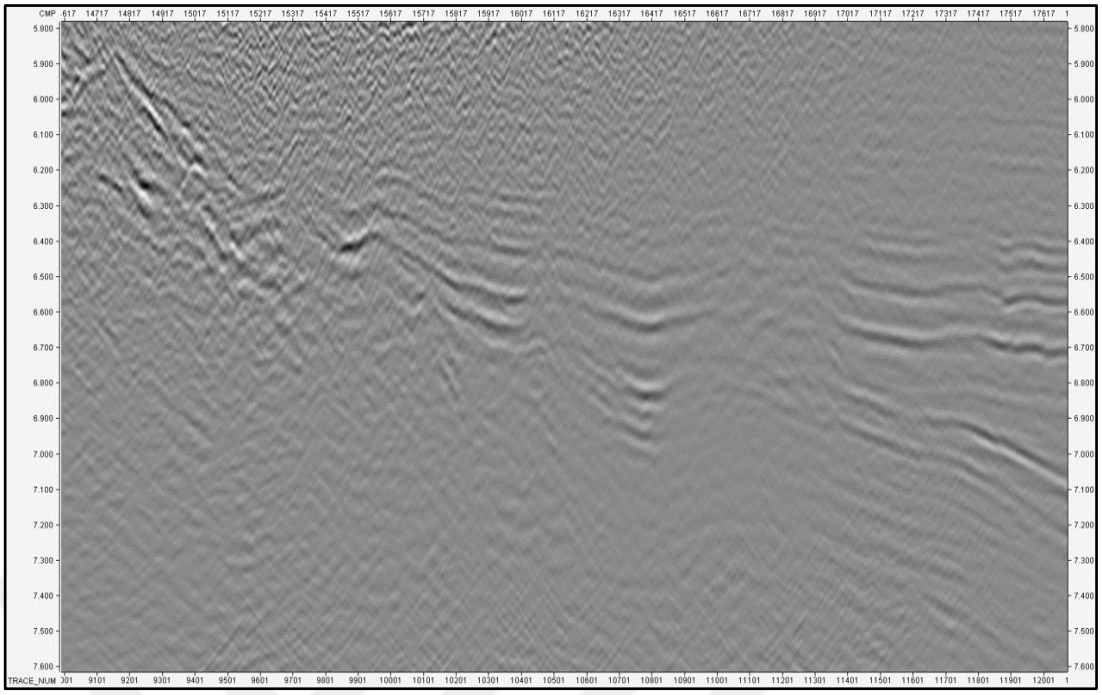
Şekil 4.93. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



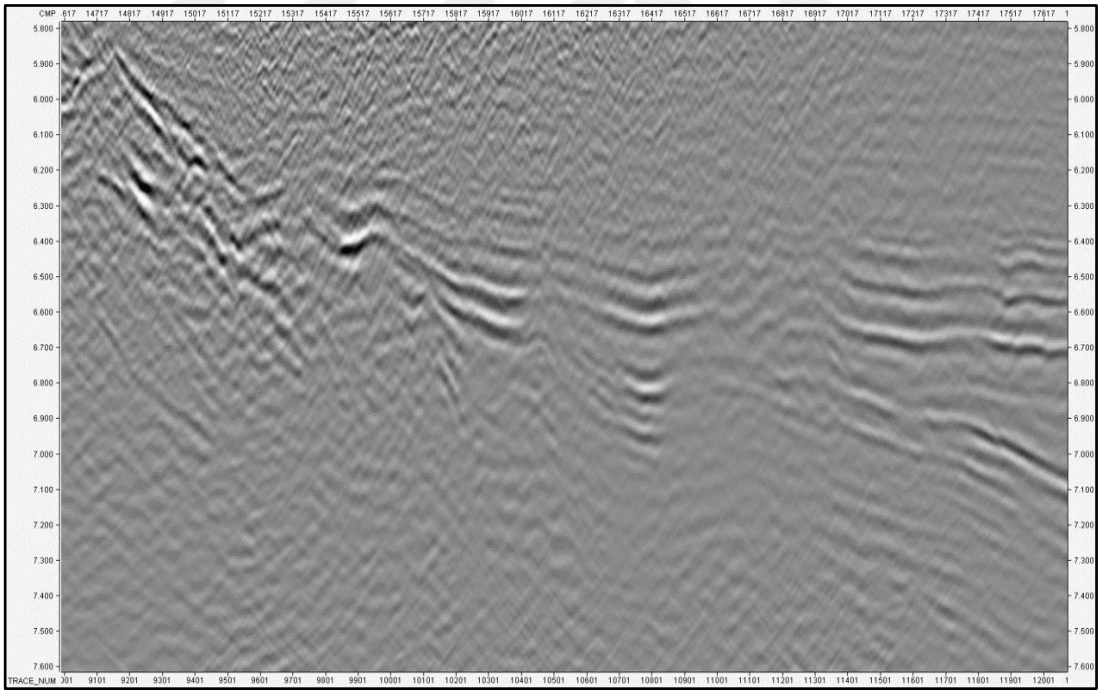
Şekil 4.94. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



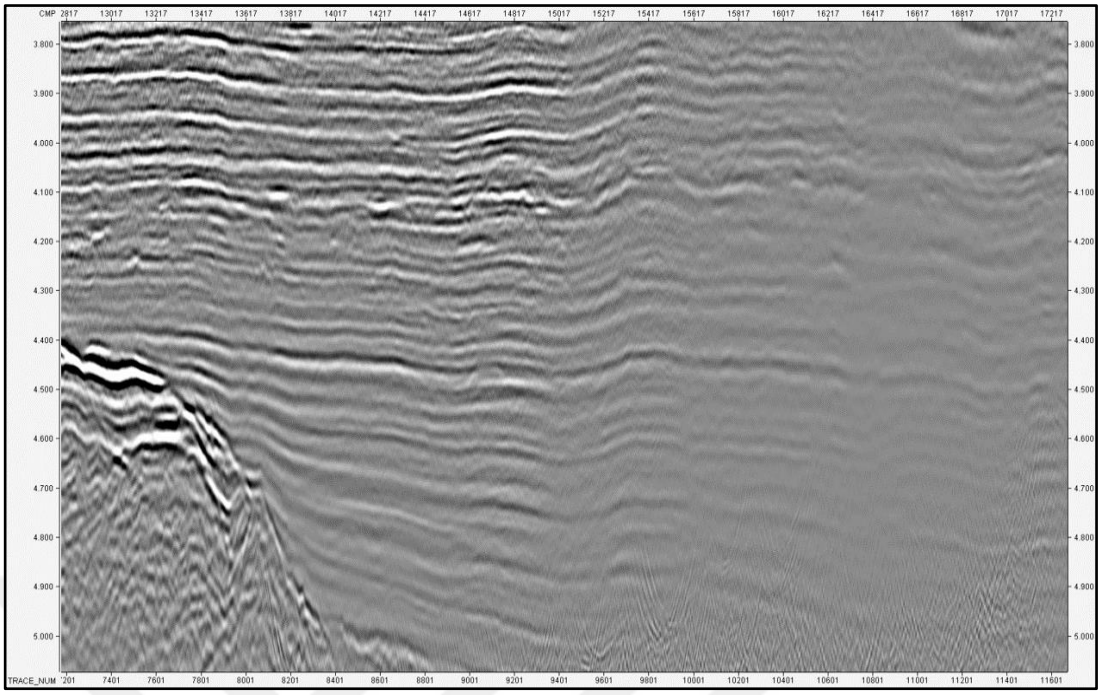
Şekil 4.95. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



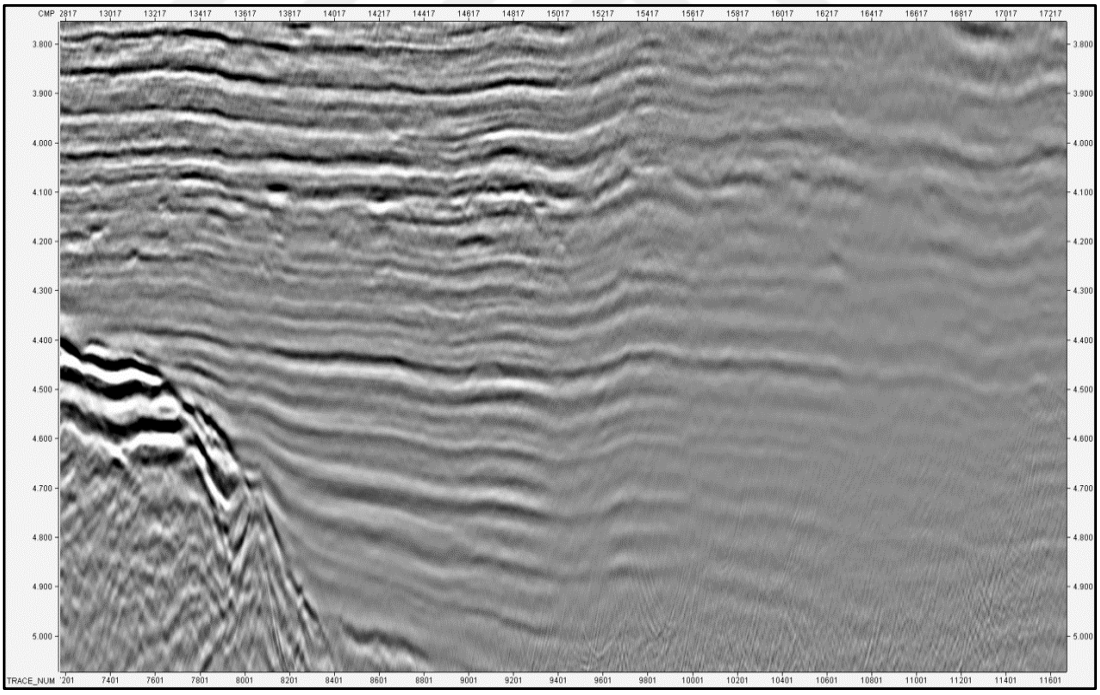
Şekil 4.96. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



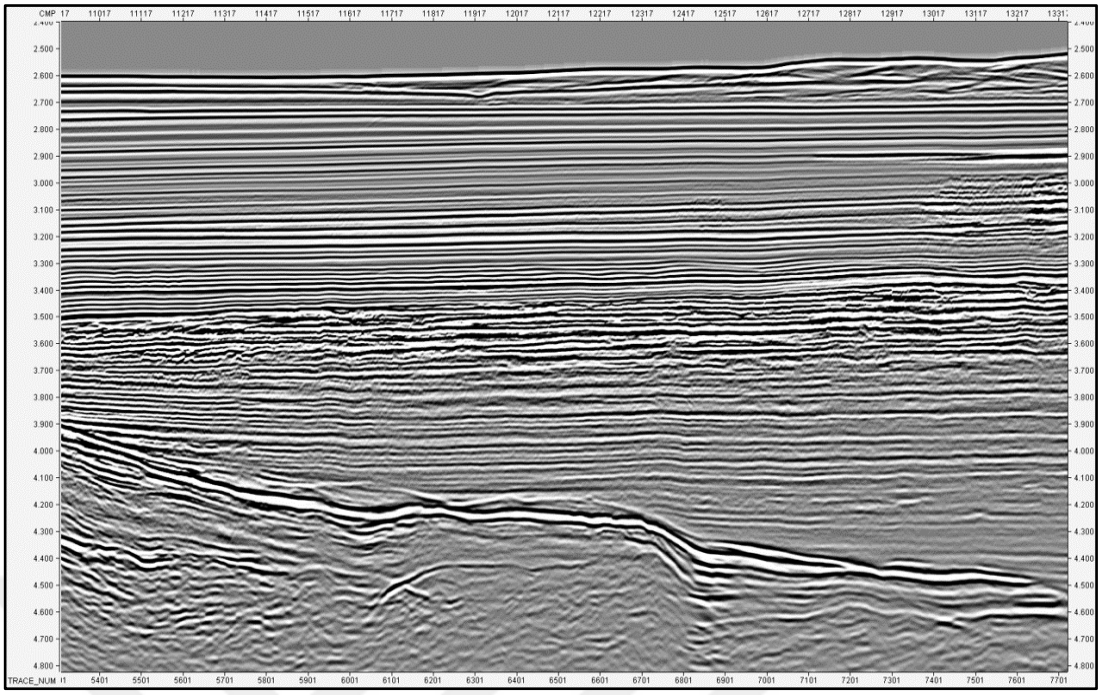
Şekil 4.97. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



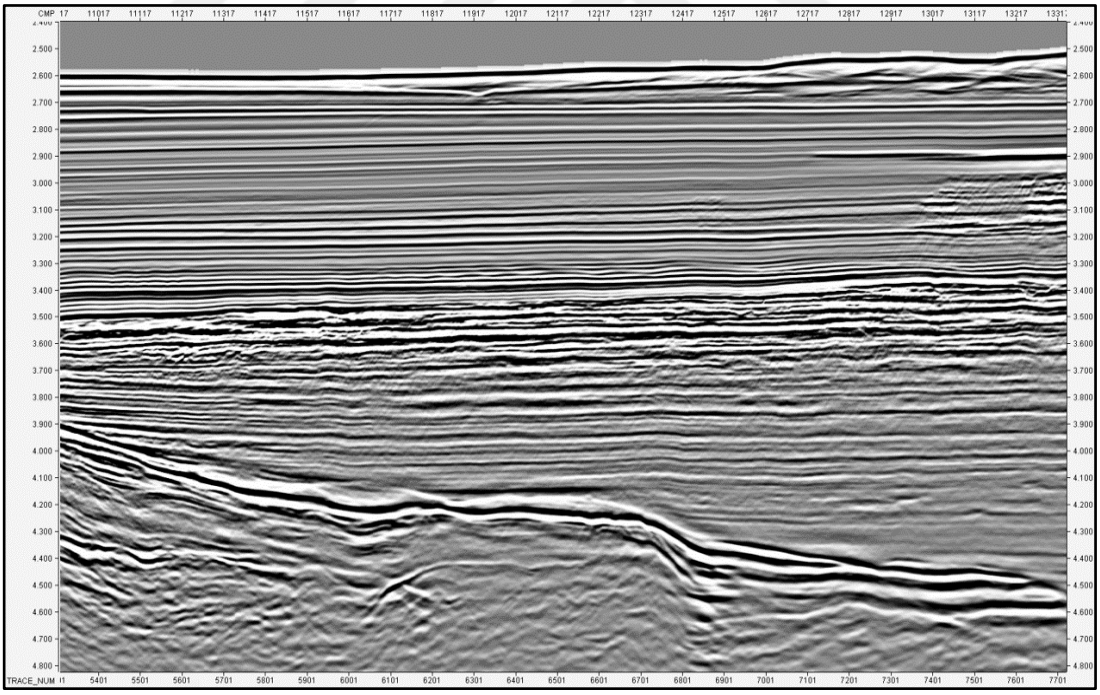
Şekil 4.98. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



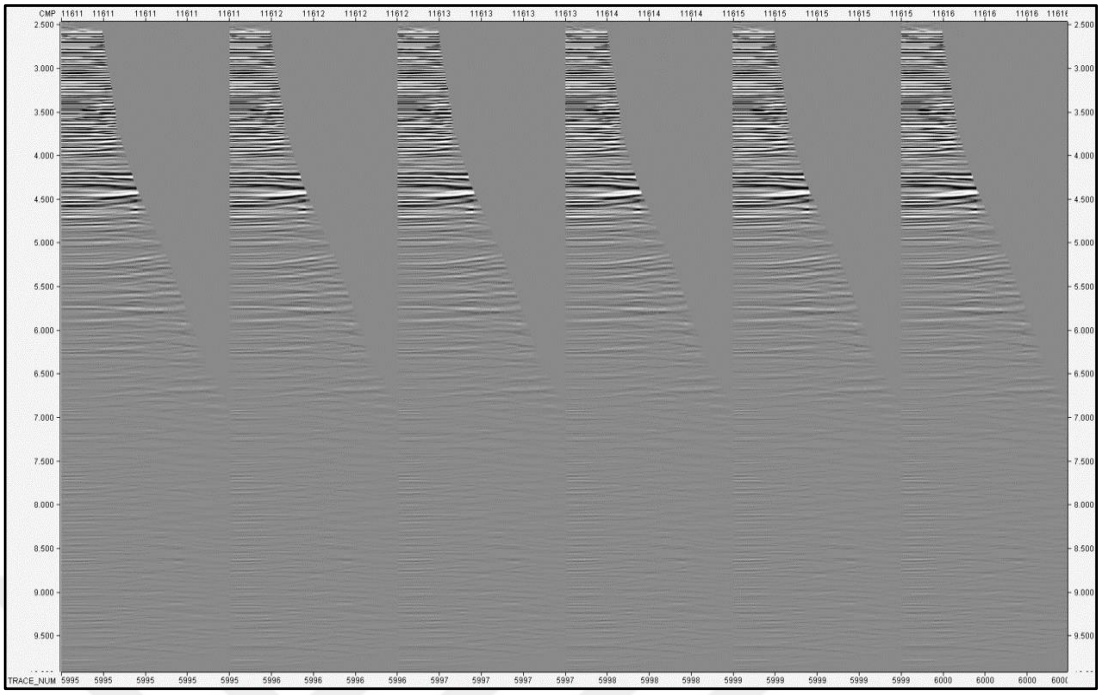
Şekil 4.99. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



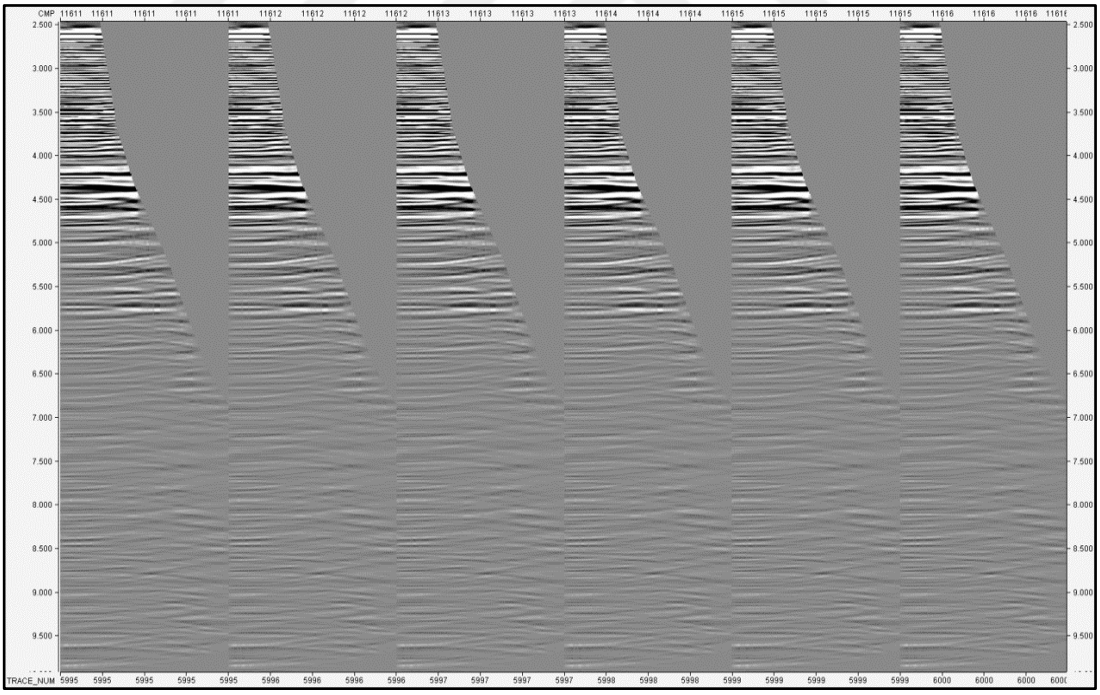
Şekil 4.100. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



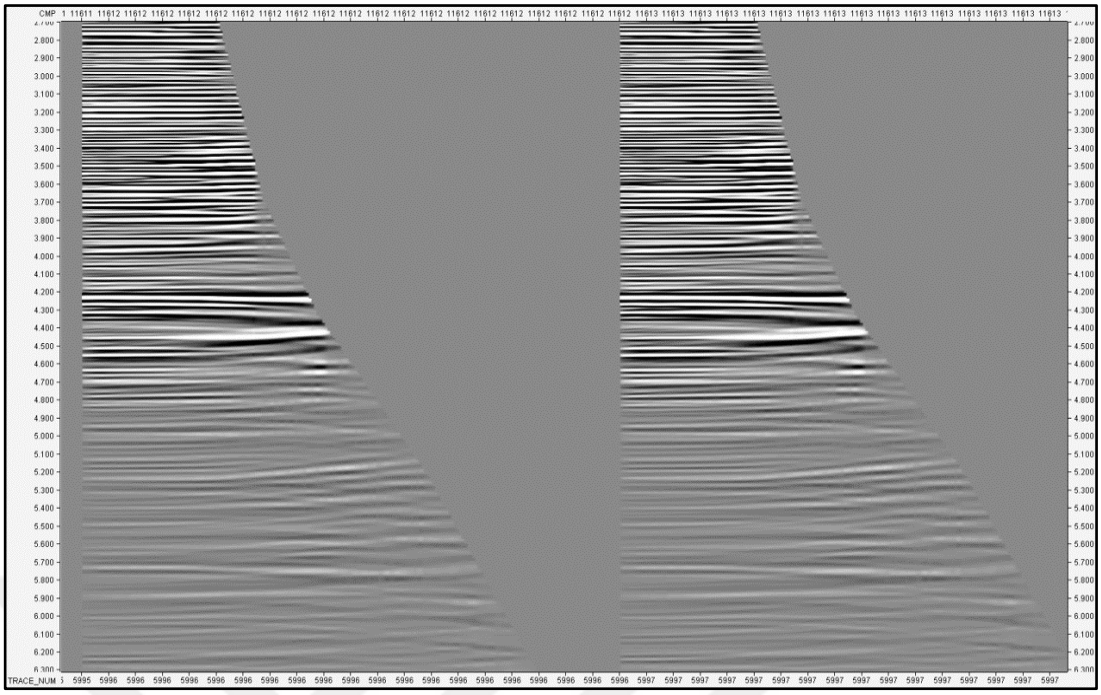
Şekil 4.101. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon kesitinin yakınlaştırılmış görüntüsü



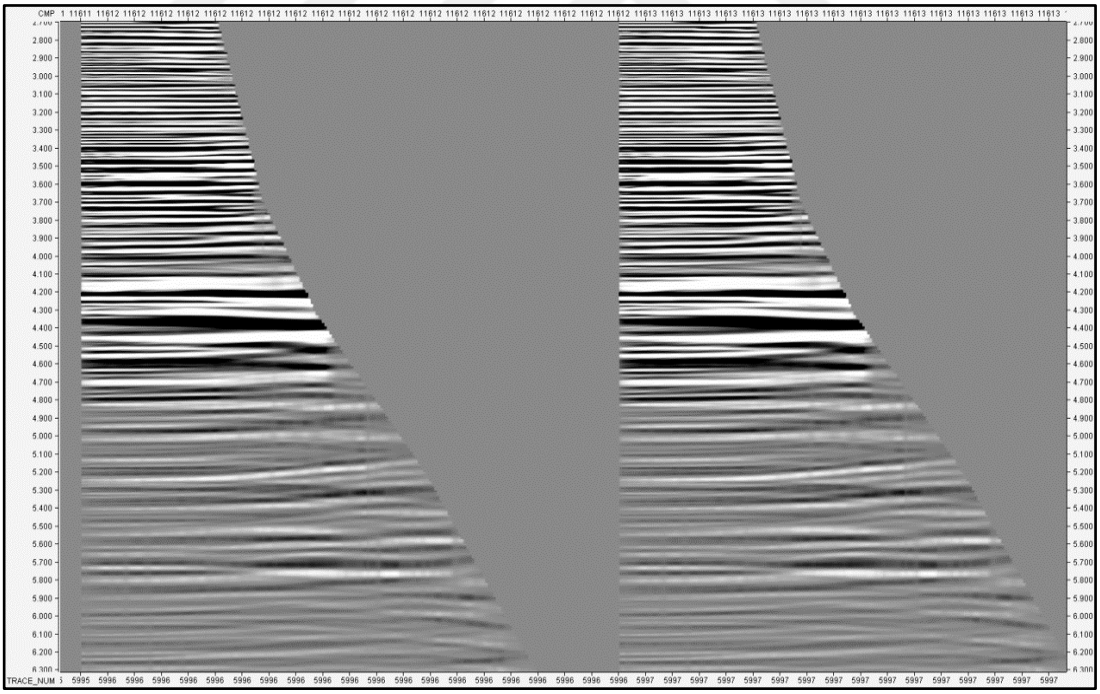
Şekil 4.102. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



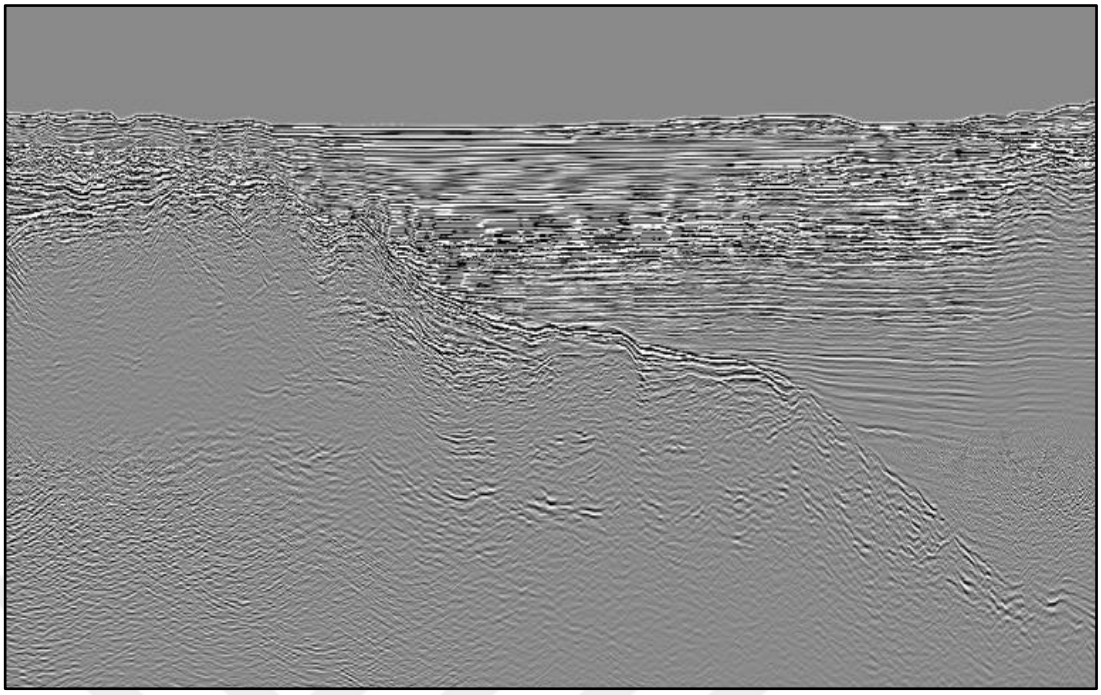
Şekil 4.103. Hayalet yansımaların giderilmesi sonrası ham sismik verinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



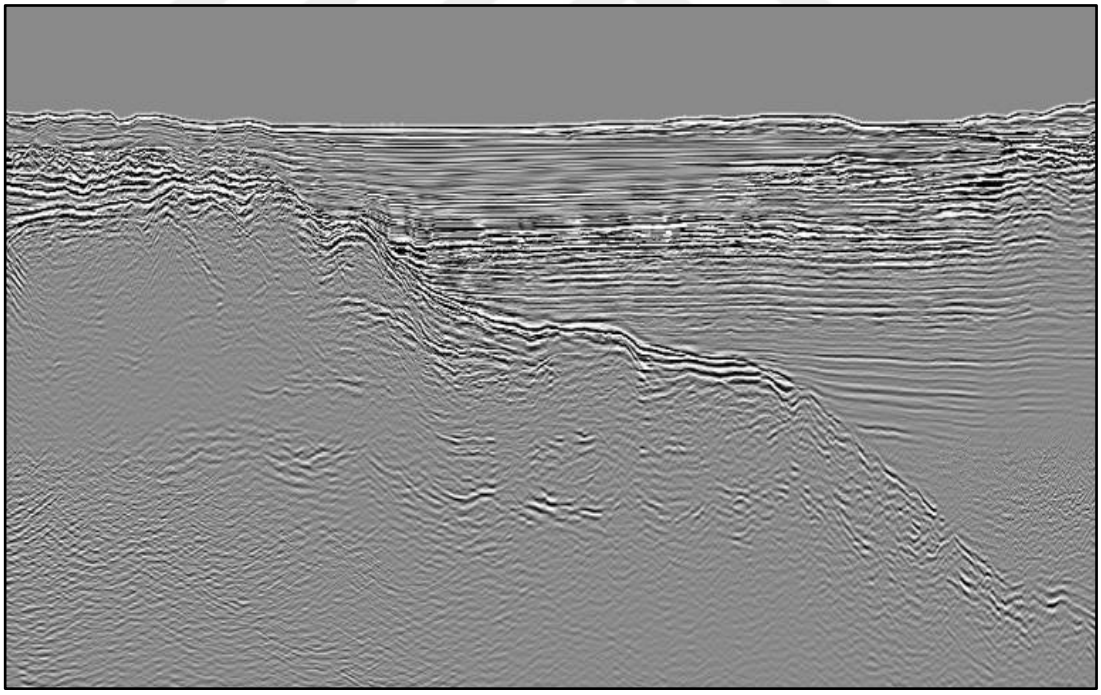
Şekil 4.104. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) yakınlaştırılmış görüntüsü



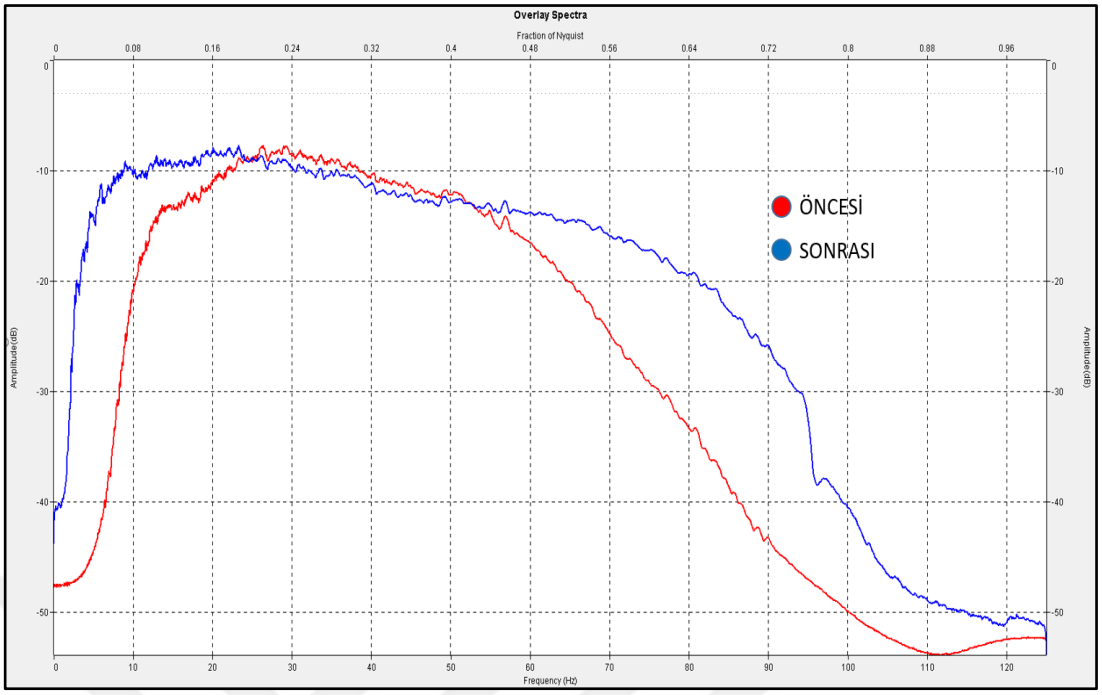
Şekil 4.105. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) yakınlaştırılmış görüntüsü



Şekil 4.106. Hayalet yansımaların giderilmemesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



Şekil 4.107. Hayalet yansımaların giderilmesi ile elde edilen migrasyon verisinin ortak derinlik noktası (CDP) görüntüsü



Şekil 4.108. Hayalet yansımaların etkisinin giderilmesi öncesi ve sonrası oluşan genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

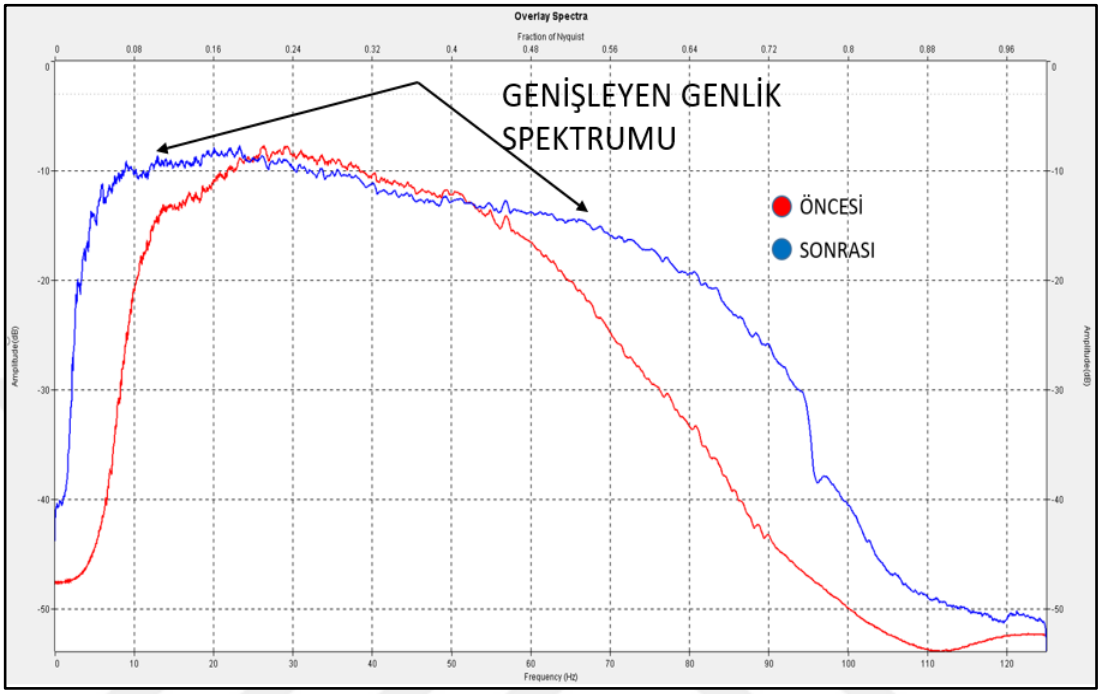
Bu tez çalışmasında ilk önemli sonuç TPAO dan alınan sismik yansıma verilerine her aşamada uygun parametreler seçilerek gerekli tüm veri işlem aşamalarının başarı ile uygulanmış olmasıdır. Sismik veri işlem yapılmadan önce toplanan verinin ne tür karaktere sahip olduğunu bilmek önemlidir. Özellikle sismik 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 hayalet yansımalar.

Deniz sismiğinde her veri setinde hayalet yansımalar bulunmaktadır. Bu hayalet yansımalar daha çok 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 enerjilerinin girişimi sismik verinin frekans spektrumunda hayalet çentiklerine (Ghost notch'larına) sebep olur.

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 yansıyarak daha sonra deniz tabanından yansıyıp alıcıya gelmesi sonucu oluşmaktadır. Bir diğer hayalet yansıması olan alıcı hayalet yansımaları (receiever Ghosting) deniz tabanından yukarı gelen sismik enerji dalgalarının deniz yüzeyinde aşağı yönlü yansıması sonucu oluşmaktadır.

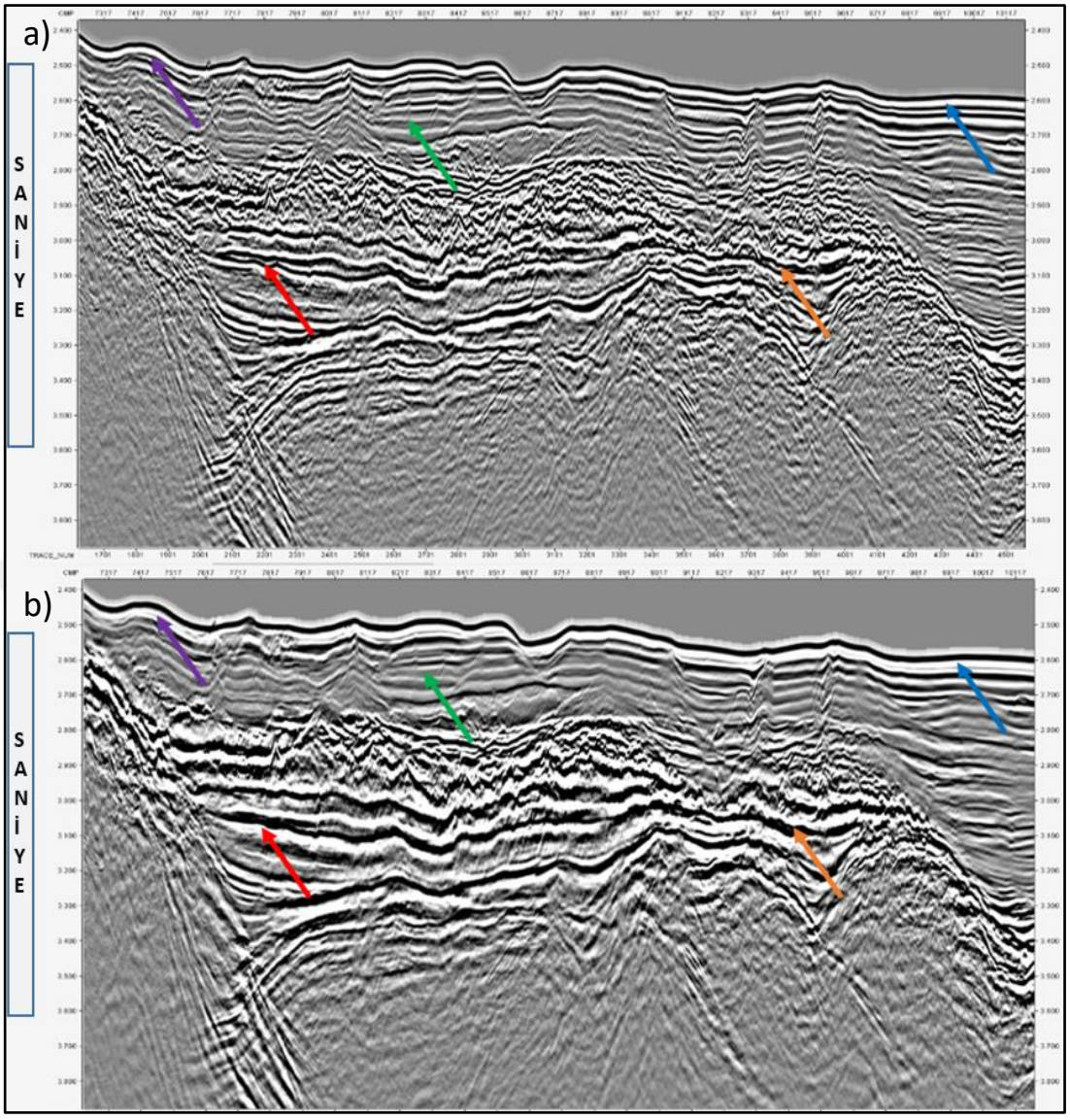
Ham sismik veri, ortak derinlik noktalarındaki izler, yığma kesiti, yakın izler ve yığma kesitlerinin öncesi/sonrası genlik spektrumları göstermektedir ki tüm ofsetler üzerindeki hayalet yansımaların etkisi başarıyla giderilmiştir.

Hayalet yansıma giderilmesi işlemi zaman ortamında sadece hidrofon için kaynak ya da alıcı kaynaklı hayalet yansımaların temizlenmesine katkı sağlar ki bu da genlik spektrumunun (amplitude spectrum) genişlemesine sebep olur.



Şekil 5.1. Yapılan veri işlem sonrası genlik spektrumlarının (amplitude spectrum) karşılaştırılması

Eğer, Şekil 5.1 üzerindeki frekans spektrumunu inceleyecek olursak sismik veri üzerinden hayalet yansımalar giderildikten sonra daha geniş bir frekans spektrumuna sahip olunmuştur.



Şekil 5.2. Hayalet yansıma uygulanmamış ve uygulanmış yığma kesit (stack) üzerindeki farklar

Sonuç olarak, Şekil 5.2 üzerinde (a) ve (b) olarak iki farklı migrasyon sonucumuz bulunmaktadır. Hayalet yansımalar giderilmiş (b kesiti) ve giderilmemiş (a kesiti) sismik yığma kesitlerini incelediğimizde renkli oklar ile gösterilen bölgelerde öncesi ve sonrası farklılıklar göze çarpmaktadır. Sismik yoruma doğrudan etki edecek olan, bir sismik tabaka olarak görülen, yorumcuyu yanlış bir yoruma götürecek olan bu hayalet yansımaların sismik veri üzerinden atılması gerekmektedir. Yapılan sismik veri işlem ile bu hayalet yansımalar (b) kesiti üzerinde renkli oklar ile gösterilen bölgelerde başarıyla giderilmiştir.

KAYNAKLAR

Claerbout J.F., *Imaging the Earth's Interior*, Blackwell Sci. Pub., California, 1984.

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

Paradigm, Source and/or Receiver Ghost Removal from Conventional Towed Streamer Seismic Data, *Marine Seismic Acquisition*, USA, 2016.

Polarcus, Ordu Acquisition Plan, *TPAO*, Revision 1.2, 2014.

Polarcus, Ordu Final Acquisition Report, *TPAO*, Revision 0.1, 2014.

Rickett J.E., Van Manen D.J., Loganathan P., Seymour N., Slanted-streamer data-adaptive deghosting with local plane waves, *76th EAGE Conference & Exhibition 2014*, Amsterdam, Netherlands, 15-18 June 2014.

Rickett J., Successes and Challenges in 3D Interpolation and DeGhosting of Single Component Marine-Streamer Data, *SEG*, Denver, USA, 26-31 October 2014.

TPAO, Deniz Sismiğinde Veri Toplama, *Sismik Veri Toplama Eğitimi*, Ankara, 2011.

URL-1: https://www.spectrumgeo.com/imaging-services/imaging-technology/time-processing (Ziyaret Tarihi: 08 Ağustos 2018).

URL-2: http://www.sercel.com/products/Pages/g-gun/ (Ziyaret Tarihi: 15 Eylül 2018).

Uzer T., Sismik Veri İşlem ve Deniz Sismiği Yansıma Verilerin Yorumu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 431960.

Western Geco, Marine Seismic Acquisition - Infield Geophysics, *Marine Seismic Acquisition Training*, Ankara, 2018.

Yılmaz Ö., *Seismic Data Processing*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, 1987.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Çanakçı M.K., Deniz Sismiğinde Hayalet Yansımaların Giderilmesinin Sismik İmaja Etkisi, *Uygulamalı Yer Bilimleri Dergisi*, 2018, **17** (2), 155-171.

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Lisans eğitimlerinin tamamlanmasının ardından enerji sektöründe faaliyet gösteren Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Daire Başkanlığı Jeofizik Operasyonlar Müdürlüğü'nde kara ve deniz alanlarında gerçekleştirilen sismik veri toplama çalışmalarında da 5 yıl görev yapmıştır. 2016 yılı itibariyle Arama Daire Başkanlığı Veri İşlem Müdürlüğü'nde Kıdemli Jeofizik Mühendisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.