

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALAŞEHİR GRABENİ'NDE SİSMİK MODELLEME ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nigar Gözde OKUT

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeofizik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALAŞEHİR GRABENİ'NDE SİSMİK MODELLEME ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nigar Gözde OKUT
(505101407)**

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeofizik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ

OCAK 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505101407 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Nigar Gözde OKUT**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ALAŞEHİR GRABENİ'NDE SİSMİK MODELLEME ÇALIŞMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Neslihan OCAKOĞLU**
GÖKAŞAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bedri ALPAR
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **20 Ocak 2014**

Canım Aileme,

ÖNSÖZ

Alaşehir Grabeni'nde sismik modelleme çalışması ile bölgeye ait yapay sismik yansıma kesitlerinin oluşturulmasını amaçlayan bu çalışma, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalına yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur. Yüksek Lisans öğrenimim boyunca tezin hazırlanmasında bilgi, tecrübe ve yardımlarından sürekli olarak faydalandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve birikimlerinden faydalandığım değerli bölüm hocalarıma, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim ve bu süreçte beni hiç yalnız bırakmayan Araştırma Görevlisi Sercan KAYIN'a, Araştırma görevlisi Karolin FIRTANA ELCÖMERT'e, Araştırma Görevlisi Yeşim ÇUBUK'a, Araştırma Görevlisi Zehra ALTAN'a ve diğer tüm çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ediyorum. Tez yazım sürecim boyunca manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen biricik arkadaşlarım Araştırma Görevlisi Rüya YEĞİN'e ve Araştırma Görevlisi Feyzullah GÜLŞEN'e çok teşekkür ediyorum. Hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve beni sürekli motive eden dostlarıma da teşekkür ediyorum.

Hayatımın her anında olduğu gibi yüksek lisans tezim süresince de yanımda olan, benden desteklerini asla esirgemeyen, fikirlerimi hep destekleyen, aldığım kararlara önyargısız saygı gösteren ve en zor zamanlarımda hep yanımda olan sevgili annem Nadide OKUT'a , sevgili babam Süleyman Orhan OKUT'a ve dünyanın en tatlı ikiz kardeşleri Gamze ve Gökçe OKUT'a çok ama çok teşekkür ediyorum.

Aralık 2013

Nigar Gözde OKUT
(Jeofizik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. MODELLEME TEKNİĞİ	3
2.1 Sismik Yansıma Yöntemine Genel Bakış	3
2.1.1 Sismik hızlar	5
2.1.1.1 Ara hız	6
2.1.1.2 Ortalama hız	6
2.1.1.3 Karekök ortalama (RMS) hız	7
2.1.2 Sismik ayrımlılık.....	8
2.1.2.1 Düşey ayrımlılık.....	9
2.1.2.2 Yatay ayrımlılık	12
2.1.3 Yığma.....	12
2.1.4 Sismik göç.....	13
2.2 Sismik Yansıma Modellemesi.....	15
2.2.1 Modellemede kullanılan ışın tipleri	20
3. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA GENEL BİLGİ	23
3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi Ve Stratigrafisi.....	26
3.2 Çalışma Alanına Ait Derinlik Modelinin Oluşturulması	32
3.2.1 Grabeni oluşturan ana yapıların geometrisi	32
3.2.2 Grabeni dolduran birimlerin oluşum evrimi	40
3.3 Modelleme Çalışması için Öngörülen Derinlik Modeli	42
4. ÇALIŞMA ALANININ SİSMİK MODELLEMESİ	45
4.1 Yapay Sismik Yığma Kesitinin Oluşturulması	47
4.1.1 Bir boyutlu (1D) yapay yığma kesitinin oluşturulması.....	47
4.1.2 İki boyutlu (2D) yapay yığma kesitinin oluşturulması	54
4.2 İki Boyutlu Yapay Göç (Migrasyon) Kesitlerinin Oluşturulması.....	58
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	67
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	93

KISALTMALAR

CDP	: Common Depth Point
MGBF	: Master Graben Bounding Fault
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
NMO	: Normal Move Out
RMS	: Root Mean Squared
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TWT	: Two-Way Travel Time

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Kuyu kontrol atışında elde edilen ara hız ve derinlik değerleri	48
Çizelge A.1 : Veri işlem paketinde kullanılan modüller.	77
Çizelge A.2 : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar	77
Çizelge A.3 : Işın izleme modellemesi ve yığma kesitinin elde edilmesine ait adımlar	86
Çizelge A.4 : Yığma kesitine gürültünün eklenmesine ait adımlar	86
Çizelge A.5 : Sismik ara hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar	88
Çizelge A.6 : Sismik ortalama hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar ..	88
Çizelge A.7 : Sismik RMS hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.....	90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Varsayılan 5 tabakalı yeraltı modeli durumunda yansıma katsayıları serilerinin gösterimi.....	5
Şekil 2.2 : Ara hızın hesaplandığı iki tabakalı derinlik modeli.	6
Şekil 2.3 : n tabakalı bir ortamda ortalama hızların hesaplandığı derinlik modeli ve kaynak/alıcı düzeninin gösterilmesi.	7
Şekil 2.4 : RMS hızların 3 tabakalı bir ortam için izledikleri ışın yolları ile gösterimi.....	8
Şekil 2.5 : Kalın tabaka cevabı (http://www.aapg.org).	9
Şekil 2.6 : Tabakanın incilmesi ile kısmi girişim etkisi (http://www.aapg.org).	10
Şekil 2.7 : Maksimum girişim, tuning kalınlığı (http://www.aapg.org).	11
Şekil 2.8 : a) CDP grubu, b) yığma izine geçiş.	12
Şekil 2.9 : a) CD arasında uzanan jeolojik arayüzey, b) sismik kesitte C'D' olarak görülerek göç işlemi ile gerçek yerine yani CD arasına taşınır (Dondurur,2009).....	13
Şekil 2.10 : a) Senklinal modelinde tek atıştan kaydedilen yansımaların izlediği ışın yolu, b) birden fazla atışla elde edilen sıfır ofset ışın yolları, c) elde edilen sismik kesitte görülen papyon - kravat (bow-tie) etkisi (Khan ve Mussett, 2000).	14
Şekil 2.11 : Düz ve ters çözüm modelleme döngüsü (Fagin, 1991).	16
Şekil 2.12 : Huygens Prensibinin şematik olarak gösterimi (Fagin, 1991).	18
Şekil 2.13.: Işın yolları ile dalga cepheleleri arasındaki ilişkinin şematik gösterimi (Fagin, 1991).	18
Şekil 2.14 : Snell yasasının, ışın yolları dikkate alınarak türetilmesi (Fagin,1991)..	19
Şekil 2.15 : Sınıra gelen ışın yolunun yansıyan-kırılan ışınlar şeklinde gösterimi ...	20
Şekil 2.16 : "NORMAL" seçeneği ile ışının izlediği yol.....	21
Şekil 2.17 : "DIFFRACT" seçeneği ile ışının izlediği yol.....	22
Şekil 2.18 : Fay sınırında difraksiyonların oluşumunun şematik gösterimi.	22
Şekil 2.19 : "IMAGE" seçeneği ile ışının izlediği yol.....	22
Şekil 3.1 : a) Ana neotektonik yapıların vurgulandığı Türkiye' nin tektonik haritası basitleştirilmiş olarak gösterilmektedir. (Bozkurt ve Sözbilir,2004) b) D-B doğrultulu ve KD-GB doğrultulu neotektonik havzaların dağılımının gösterildiği jeolojik harita görülmektedir. Jeoloji haritasında aynı zamanda çalışma alanı olan Alaşehir (Gediz) Grabeni (GG) okla gösterilmiştir (Çiftçi, 2007).	24
Şekil 3.2 : Alaşehir (Gediz) Grabeni'nin değişik araştırmacılar tarafından sunulan stratigrafisi (Demircioğlu-Kolenoğlu, 2009).....	26
Şekil 3.3 : Alaşehir bölgesindeki ana yapıların ve litostratigrafik formasyonların dağılımının gösterildiği Alaşehir (Gediz) Grabeni'nin jeolojik haritası. MGBF, grabenin en aktif kenarı olan güney kenarını sınırlayan ana fayı temsil etmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b).....	28

Şekil 3.4 : Alaşehir Grabeni'nde yapılan sondaj kuyuları ile bağlantılı kesitlerin özeti. Alaşehir formasyonunun temeline kadar inilen Alaşehir-1 kuyusundan formasyonlara ait derinlik bilgileri kullanılmıştır (Çiftçi, 2007).	30
Şekil 3.5 : a) Horst yapısı b) Simetrik graben yapısı c) Asimetrik graben yapısı, yarım graben olarak da bilinmektedir. Antitetik ve sentetik faylar ana fay ile birlikte şekilde gösterilmiştir (Fossen, 2010).	34
Şekil 3.6 : S-10 olarak adlandırılan sismik kesit ana yorumları Alaşehir-1 kuyusu ile birlikte gösterilmektedir. Düşey eksen zamanı (milisaniye) olarak, yatay eksen de gösterilen skala ile belirtilmiştir (Çiftçi, 2007' den alınmıştır).	35
Şekil 3.7 : Genişlemenin sonucu olarak derinlerde sıyrılma fayı özelliğindeki listrik fay modelinde gelişen roll-over modeli temsil edilmektedir. A ve B bölgeleri birbirine eşittir (Gibbs, 1984).	36
Şekil 3.8 : a) Roll-over geometrisinde oluşan antitetik faylar yatay tabakalanmalar üzerinde sığ kısımlarda başlamaktadır. b) Hem sığ hem de derin antitetik fayların roll-over geometrisi üzerinde gösterilmektedir. Artan genişleme deformasyonu ile antitetik faylanmalarda artış meydana gelmektedir (Gibbs, 1984).	37
Şekil 3.9 : Taban bloğu üzerinde yokuş-düzlük-yokuş geometrisinin tavan bloğunda ortaya koyduğu kıvrımlı yapılar (Gibbs, 1984).	38
Şekil 3.10 : S-6 sismik kesitinde Alaşehir Grabeni'nin kuzey kenarını sınırlayan fay gösterilmektedir. Bu yapı yaklaşık olarak 45-50° eğime sahip güney kenarını sınırlayan ana fayın antitetik fayıdır (Çiftçi, 2007' den alınmıştır).	39
Şekil 3.11 : S-12 sismik kesitinde Alaşehir Grabeni'ni sınırlayan ana yapılar ve graben dolgularının genel deformasyon karakteristikleri görülmektedir. Düşey eksen deniz seviyesinin altında derinliği göstermektedir. Tavan bloğu deformasyonunda antitetik ve sentetik faylar baskın olarak yer almaktadır (Çiftçi, 2010' dan alınmıştır).	40
Şekil 3.12 : Alaşehir Grabeni'nin oluşum evreleri aşamalı olarak şematik diyagramlar şeklinde gösterilmiştir (Çiftçi ve Bozkurt, 2010).	41
Şekil 3.13 : Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modeli.	44
Şekil 4.1 : Sismik modelleme adımları.	45
Şekil 4.2 : Düşey derinliklere karşılık kuyu atışlarından elde edilen sismik ara hız değerlerinin grafik şeklinde gösterimi.	50
Şekil 4.3 : Bant geçirir süzgeç gösterimi.	51
Şekil 4.4 : a) Süzgeçleme yapılmadan elde edilen bir boyutlu (1D) iğnecik cevabı. b) Bant geçişli süzgeçleme ile kaynak dalgacığı kazandırılmış bir boyutlu (1D) yığma izi. c) Verinin genlik spektrumu.	53
Şekil 4.5 : Bir boyutlu (1D) yapay sismik yığma kesitinde formasyonlara ait çift yol seyahat zamanı gösterimi.	54
Şekil 4.6 : İki boyutlu (2D) gürültüsüz yapay sismik yığma kesiti.	55
Şekil 4.7 : İki boyutlu (2D) gürültülü yapay sismik yığma kesiti.	56
Şekil 4.8 : İki boyutlu (2D) yapay sismik yığma kesitinin yorumlanmış şekli.	56
Şekil 4.9 : Sismik ara hızlara ait iki boyutlu (2D) gürültüsüz yapay sismik göç kesiti.	59
Şekil 4.10 : Sismik ara hızlara ait iki boyutlu (2D) gürültülü yapay sismik göç kesiti.	60

Şekil 4.11 : Ara hızlara ait iki boyutlu yapay sismik göç kesitinin yorumlanmış gürültülü şekli.....	60
Şekil 4.12 : Ortalama hızlara ait iki boyutlu (2D) gürültülü yapay sismik göç kesiti.	62
Şekil 4.13 : Ortalama hızlara ait iki boyutlu yapay sismik göç kesitinin yorumlanmış gürültülü şekli.....	62
Şekil 4.14 : RMS hızlarına ait iki boyutlu (2D) yapay sismik göç kesiti.	63
Şekil 4.15 : RMS hızlarına ait iki boyutlu yapay sismik göç kesitinin yorumlanmış gürültülü şekli.....	63
Şekil 4.16 : a) Sismik ara hızlar kullanılarak elde edilen gürültüsüz göç kesiti b) Sismik ara hızlar kullanılarak elde edilen gürültülü göç kesiti. c) Öngörülen derinlik modeli.	66

ALAŞEHİR GRABENİNDE SİSMİK MODELLEME ÇALIŞMASI ÖZET

Tez çalışması kapsamında Batı Anadolu’da yer alan ve önemli graben sistemlerinden birisi olan Alaşehir Grabeni’ne ait derinlik modelinin yapay sismik yansıma kesitleri şeklinde sunulması amaçlanmaktadır. Bu amaç için jeofizikte modellemede düz problem çözümü kullanılarak, ışın izleme yöntemiyle kesitler zaman ortamında, yığma ve göç kesitleri şeklinde elde edilmiştir. Jeofizikte düz çözüm yöntemiyle jeolojik modele ait jeofiziksel cevap elde edilmektedir. Sismik yansıma yönteminde de genel olarak düz problem çözümü kullanılmaktadır. Bu çalışmada da Alaşehir Grabeni’ne ait derinlik modelinin sismik cevabı, yapay yığma ve göç kesitleri şeklinde sunulmuştur.

Alaşehir Grabeni özellikle sahip olduğu jeotermal potansiyel kaynağı açısından son zamanlarda daha fazla dikkat çeken ve araştırılan bir alan olmuştur. Tez çalışmasında genel olarak önceki çalışmalar ve sonuçları ile birlikte en güncel yazılan kaynaklar kullanılmıştır. Bu kaynaklardan grabeni oluşturan ana yapılar, formasyonlar, formasyonlara ait sismik hızlar, grabeni dolduran birimlerin evrimi gibi temel bilgiler elde edilmiştir. Bu temel bilgiler ışığında grabeni temsil eden bir derinlik modeli öngörülmüştür. Alaşehir Grabeni için formasyon bilgileri N.B.Çiftçi (2007) tarafından yazılan doktora tezinden, formasyonlara ait sismik hızlar ise D. Demircioğlu-Kolenoğlu (2009) tarafından yazılan yüksek lisans tezinden bölgede TPAO tarafından açılan Alaşehir-1 sondaj kuyusunda yapılan kuyu atışları (check-shot) ve sondaj bilgileri dikkate alınarak kullanılmıştır. Alaşehir-1 sondaj kuyusu, bölgede açılan diğer sondaj kuyularına nazaran grabenin temeline inen kuyu olması nedeniyle ayrı bir önem taşımaktadır. Kaynaklarda grabeni oluşturan ana yapısal unsurlar, formasyonlar ve bunların geometrileri sismik kesitler şeklinde de desteklenmiştir. Bu bilgiler dikkate alınarak Alaşehir Grabeni’ni temsil eden bir derinlik modeli oluşturulmuştur.

Derinlik modelinde grabenin güney kenarını sınırlayan, eğimi derinlere doğru düşen listrik fay özelliği gösteren ana fay, grabenin en önemli yapısıdır. MGBF olarak adlandırılan bu fay aynı zamanda "yokuş-düzlük" geometrisine sahiptir. Grabeni oluşturan bir diğer önemli yapı ise, kuzey kenarını sınırlayan ve MGBF’ nin antitetik fayı olma özelliğini gösteren Kuzey sınır fayıdır. Bu fay, ana faya nazaran daha dik bir eğime sahiptir. Graben içerisinde yarım graben sistemlerinde gelişen antitetik ve sentetik fayları temsilen, graben tortul birimlerini kesen kuzey kenarında iki adet antitetik ve güney kenarına doğru ana faya paralel bir adet sentetik fay modelde oluşturulmuştur. Ayrıca grabenin güney kenarında normal faylarla sınırlandırılmış sentetik fay yapıları da görülmektedir. Alaşehir Grabeni, beş farklı formasyon içeren sedimanter örtü kayaçlarından ve metamorfik temel kayaçlardan oluşmaktadır. Grabeni dolduran sedimanter örtü kayaçları rollover geometrisine sahip olup, ana faya doğru yelpaze şeklinde uzanan ve kalınlıkları güneyden kuzeye doğru incelen tabakalanma göstermektedirler. Formasyonlara ait sismik hız değerleri kuyu atışları sonucu elde edilen sismik ara hız değerleridir ve her bir formasyon için ayrı ayrı

belirlenerek derinlik modelinde gösterilmiştir. Metamorfik temel için de sismik ara hız 5000 m/ sn olarak belirtilmiştir. Derinlik modelinin oluşturulmasından sonraki adım, bu modelin sismik cevabını, yapay yığma ve göç kesitleri şeklinde elde etmektir. Düz çözüm yöntemiyle ışın izleme modellemesi kullanılarak derinlik modeli iki boyutlu yapay sismik yansıma kesitleri şeklinde sunulmuştur. Yığma kesitinin oluşturulması için öncelikle bölgeye ait hız/derinlik modelinin tanıtılması gerekmektedir. Burada grabeni oluşturan ve derinlik modelinde gösterilen bütün yapılar yüzeyden derine doğru sismik ara hız ve derinlik bilgileri kullanılarak veri işlem paketindeki ilgili modüllerce tanıtılmış ve veri tabanına kaydedilmiştir. Bu adım bir veri işlem adımı değildir. Sadece modellemede kullanılmak üzere gerekli olan bir ön işlemdir. İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanıtılmasıyla ışın izleme yöntemi kullanılarak belirtilen ışın tipine göre ışın yolları üretilmiş, yansıma katsayıları ve çift-yol seyahat zamanları hesaplanmış, süzgeçleme ile dalgacık biçimi kazandırılarak Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modelinin yapay yığma kesiti elde edilmiştir. Yığma kesitine gürültü ilave edilmiş ve gürültü veriler üzerinden göç veri işlemi yapılarak yorumlama aşaması gerçekleştirilmiştir. Işın tipi olarak difraksiyon üreten ışın yolu seçilmiştir. Bunun nedeni ilk olarak derinlik modelinde faylar gibi keskin köşelerin bulunduğu yapıların olması bir diğer nedeni ise, yığma kesitine uygulanacak olan göç işleminin bu saçılma enerjisi üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Yığma kesitinde fayların formasyonlarla kesiştikleri yerlerde, antitetik ve sentetik faylanmaların olduğu yerlerde saçılma enerjisinin baskın olduğu görülmüştür. Grabenin tabanını oluşturan Alaşehir formasyonu ise yığma kesitinde derinlik modelinde olduğundan daha dar görülmektedir. Ayrıca güney kenarını sınırlayan ana fay ile kuzey sınır fayının kesiştikleri yansıma yüzeyi aradaki düşük hız farkından dolayı zaman ortamında arayüzeyi sanki yukarı yükseltilmiş gibi metamorfik temele ait arayüzeye yakın yansıma yüzeyi şeklinde görülmüştür. Bu etkilerin giderilmesi adına yığma sonrası zaman migrasyonu ile göç veri işlemi uygulanmıştır. Göç veri işleminde pseudo-hız analizi ile derinlik modeli dikkate alınarak belirli CDP noktalarında hız analizi değerleri çift/tek yol seyahat zamanlarına karşılık hız değerleri kullanılarak yapılmıştır. Kuyu atışından elde edilen sismik ara hız değerlerinden ortalama ve RMS hız değerleri matematiksel bağıntıları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Genel olarak bu farklı üç sismik hız için göç veri işlemi test edilmiştir. Elde edilen göç kesitlerinde difraksiyonlara bağlı olarak meydana gelen saçılma enerjilerinin tamamen ortadan kalktığı görülmüştür. Fayların yerleri daha belirgin hale gelmiş, eğimli olaylar gerçek yerlerine taşınmıştır. Üç farklı hız için göç kesitleri karşılaştırıldığında, ara hızlar kullanılarak elde edilen göç kesitinin derinlik modeline en yakın sismik cevabı ürettiği gözlenmiştir. Ortalama hızlarda, özellikle güney kenarını sınırlayan ana fayın eğimi derinlere doğru değişirken, tortullar içerisinde bulunan antitetik ve sentetik fayların eğimlerinin ve yerlerinin ara hız sonuçlarına göre değişim gösterdiği sonucu elde edilmiştir. RMS hızları kullanıldığında ise, grabenin kuzey kenarında gözlenen ana yapıların derinlere doğru tamamen bozulduğu, arayüzeylerden gelen yansımaların ve fayların yerleri hakkında yorum yapılmasının güçleştiği sonucu elde edilmiştir. Bu çalışmada hız analizi veri tabanına tanımlanırken, derinlik modeli dikkate alınarak yapılarındaki değişimlere göre CDP aralıları dar/geniş olarak seçilmiştir. Ancak veri üzerinden yapılan hız analizinde doğru hız değerlerinin seçilmesi, doğru yığma ve göç kesitlerinin elde edilmesinde önemli bir veri işlem adımını oluşturmaktadır. Bütün modelleme sonuçları İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde lisanslı olarak bulunan Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketi ile gerçekleştirilmiştir.

SEISMIC MODELING STUDY IN THE ALASEHIR GRABEN

SUMMARY

In this thesis, synthetic stacked seismic section and corresponding migrated sections with different velocity models are generated by seismic modeling method for a depth model which refers to Alasehir Graben in western Turkey. For this purpose, stacked section was obtained by ray tracing method in terms of forward modeling. Forward problem in geophysics begins with an definition of the subsurface-model and derives the seismic response. It is also possible to do the opposite, i.e. the inverse problem. However, in seismic reflection method forward problem solution is more preferred.

The study area, east-west trending Alasehir Graben, is one of the prominent structures in western Turkey and proved to have geothermal energy potential by researchers and exploration companies. In this study, previous published research articles in the literature were used. Basic information such as main structures that forms Alasehir Graben, geological formations, seismic velocities for formations, evolution of Alasehir Graben, geometries of main structures were acquired from these references. A representative depth model of Alasehir Graben was composed using these informations. For Alasehir Graben, geological formations were used from a doctoral thesis written by N.B.Çiftçi (2007), seismic velocities related to geological formations were used from M.Sc. thesis written by D. Demircioğlu-Kolenoğlu (2009). In the study area, three wells have been drilled by TPAO. All three boreholes intersect the Alasehir formation which is the deeper part of the Graben, but only Alasehir-1 borehole reached to the metamorphic basement of the Alasehir formation by cutting Evrenli member. From check-shots carried out in Alasehir-1 borehole by TPAO and the seismic interval velocities obtained from the check-shots related to the geological formations were used in the seismic modeling. Alasehir Graben is one of the best-developed graben system in western Turkey. Outcrop observations are supported by not only subsurface data but also drilled wells and a two-dimensional (2D) seismic survey. Detailed analysis of the deformation and depositional characteristics of the surface data were presented in Çiftçi and Bozkurt 2009a,b, and 2010 papers.

In response to continental extension, graben basins are dominated neotectonic units of western Turkey. Basins are filled with Neogene to recent strata. Alasehir Graben is bounded by two major fault systems at its southern and northern margins and extends more than one hundred km along Gediz River floodplain. The most important structure is master graben bounding fault (MGBF) in the southern margin of the Alasehir Graben. The second main structure is northern bounding structure, called the antithetic fault to the MGBF, has a high angle normal fault characteristic. The graben evolved as a half graben with an active southern margin during Miocene. MGBF is a crucial contact between sedimentary cover units and the metamorphic basement. It is documented that approximately N-S oriented extension controlled faulting during accumulation of graben fill. MGBF geometry also can be defined as

"flat-ramp" geometry. This interpretation is also considered from seismic sections. Seismic sections also emphasize the asymmetric nature of the graben that depocenter is located close to MGBF, fault pattern and depositional geometry of the graben. Generally, it is considered that the thickness distribution of the sedimentary units represents a thinning towards the north. MGBF is still most predominant structure while the northern margin structure remains its second order antithetic structure. "Flat-ramp" geometry also generates "roll-over" on the hanging wall. Ramp folding is a consequence of listric faulting and "roll-over" occurs. To thin the section in the roll-over and to generate the roll-over geometry leads to the formation of antithetic faults with a variety of dip geometries. Migration of the antithetic faults towards hanging wall occurs synthetic fault. In the depth model of Alasehir Graben, MGBF and its antithetic fault (northern margin bounding fault) geometries are shown as considered under these informations.

The lithostratigraphic units represent the graben fill exposed along the southern margin where the most active graben bounding structures. The rock units in Alasehir graben is classified into two groups as a basement and sedimentary units. Metamorphic rocks belongs to Menderes massif. The cover units of the Alasehir graben comprise Miocene to recent continental clastic rocks which were accumulated in lacustrine, alluvial and fluvial depositional environments. From basement to the surface, five different stratigraphic units constitute graben fill which are called Alaşehir Formation, Çaltılık Formation, Gediz Formation, Kaletpe/Bintepeler Formation and Quaternary Alluvium. The Alaşehir formation is the oldest Neogene unit along the southern margin of the graben with Evrenli and Zeytinçay members. Çaltılık formation overlies the Alaşehir formation with more than 1000 m thick sediments. The Gediz formation overlies Çaltılık formation with approximately 700 m. As Bintepeler formation is the sedimentary unit along the northern margin. Kaletpe formation is exposed extensively along southern margin of the Alasehir Graben. The Quaternary deposits are dominated by fluvial sediments of the Gediz River. All the sedimentary units thicknesses get thinner from the southern margin to the northern margin of the Alasehir Graben with roll-over geometry. Seismic interval velocities that related to formations were determined from check-shots in Alasehir-1 borehole. Interval velocity of metamorphic basement is 5000 m/sn, Alaşehir formation is 3553 m/sn, Çaltılık formation is 3048 m/sn, Gediz formation 2966 m/sn, Kaletpe/Bintepeler formation 2324 m/sn and Quaternary Alluvium is 1839 m/sn.

Available seismic data provided further informations about the evidence to depositional geometries of the graben fill. Three different seismic stratigraphic units were interpreted from these seismic sections. Interpretations of 2D seismic sections provided to understand the geometries, lateral variations, contact relations, depositional pattern and deformations of the stratigraphic units. According to the results of borehole, check-shots and seismic reflection sections, such as main structures, their geometries, formations and formation geometries were taken into consideration when the depth model of the Alasehir Graben was constructed.

The purpose of the thesis study is to present a depth model to make a synthetic seismic reflection section such as stacked section and migrated sections. For this purpose, Disco/Focus (v.5.0) seismic software was used at Istanbul Technical University, Geophysical Engineering Department. Before generating a stack section, 2D velocity/depth model should be defined. The depth model must be identified before ray tracing method. The module which is called "Velmod" is used to define velocity/depth model of the Alasehir Graben. The most important parameter in this

module is the "Horizon". According to depth model which is the representative of Alasehir Graben, all the structures were introduced from surface to the basement with their depths and seismic interval velocities to be entered into the data base. The second step is the ray trace modeling. Ray tracing modeling in the software is carried out with "Modray" module. In this step, raypaths are produced, reflection coefficients and two-way travel times are calculated and wavelet shaping is carried out with band-pass filtering and finally stacked section of the Alasehir Graben is obtained and also random noise is added to this stack section. In this study, the raypath is chosen as a diffraction with parameter "Diffract". Diffractions occur where reflectors are truncated. The most common association is with faults. In the depth model, we have two main faults and antithetic and synthetic faults. And also this study aims to exhibit the result of migration process on the diffractions.

The stacked section is obtained by using seismic interval velocities. However, migration sections are generated with different velocity models. From interval velocities, average velocities and RMS velocities were calculated for the formations in order for how the general features of the geological model may change against different seismic models to be examined after the migration. Post-stack time migration method is used with "Migratx" module in the software. By using this module for post-stack migration, finite-difference migration method is applied. For the migration, pseudo-velocity analysis is applied for approximately at 25 CDP points which expose the variations in the depth model. According to these variations, pseudo-velocity analysis is identified more frequently especially along northern margin for antithetics and southern margin for synthetics and MGBF. General interpretation have been made after getting migrated sections that obtained by using three different velocities and stacked section with noise.

Such as faults, dipping events in the depth model are not seen in their real locations in the stacked section. When we compare stacked section and depth model, dominant diffractions occur due to faults and formations end points that intersect with MGBF. So, it is not easy to make an interpretation about fault planes in the stacked seismic section. In the stacked section, Alasehir formation seems much more narrow than what it is in the depth model. In the depth model, MGBF and northern-bounding fault intersect each other at deeper part. It is thought that reflection of northern margin-bounding fault interface can not be recognized in the seismic reflection section. Because it lies through the metamorphic basement. That's why gentle velocity contrast is introduced between metamorphic basement and northern- margin bounding fault. In the stacked section with noise, it seems like seismic pitfall. Because, this gentle velocity contrast constitute small variation in time domain. So it can be stated that there are too many differences between depth model and stacked section with noise. To remove these effects, post-stack time migration is applied to the stacked section with noise by using three different seismic velocities.

Seismic migration moves events to their correct spatial locations and collapse energy from diffractions back to their scattering points. This features of migration can be distinguished in the migrated sections. All the diffractions are removed and fault planes can be seen more clear and noticable. This result is acquired by using interval velocities which are obtained from check-shots.

In the migrated section, when we used average velocities, MGBF plane extends to the depth. Also in the northern margin of the graben, slopes and locations of antithetic fault planes changes in the migrated section. The other way of obtaining

migrated section by using RMS velocities provided a section for which to make an interpretation quite hard especially for the main structures along the northern margin of the graben and reflections related to formations. To apply a depth conversion is suggested after the migration step for precise comparison of the Alasehir Graben seismic sections.

1. GİRİŞ

Jeofizik yöntemler arasında sismik yansıma yöntemi, diğer yöntemlere kıyasla yüksek ayrımlılık gücüne sahip olması nedeniyle dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle günümüzde petrol, doğalgaz, kömür ve jeotermal gibi enerji kaynaklarının aranmasında kullanılan başlıca yöntemlerden birisidir. Yeraltındaki yapıların ortaya çıkarılmasında, tabakaların sınırlarının belirlenmesinde, yanal değişimlerin saptanmasında ve jeolojik olarak yorumlanacak kesitlerin oluşturulmasında sismik yansıma yöntemiyle veri toplama, veri işlem ve sonrasında yorumlama adımları uygulanmaktadır. Yeraltındaki yapıların tespitinde açılan kuyulardan alınan bilgiler daha kesin sonuçlar üretse, sadece bir noktadan alınan veriler kullanılarak yeraltında geniş bir alan hakkında yorum yapılması yanlış olabilmektedir. Bu nedenle sismik yöntemle elde edilen verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir sonraki aşamada ise yeraltı problemlerini çözmek için, jeolojik bilgiden yararlanılarak sismik kesitlerin yorumlanması yapılmaktadır. Sismik yansıma yönteminde detaylı yorumlama için modelleme çalışmasının da yapılması önemlidir. Sismik yansıma modellemesi, aynı zamanda veri toplama öncesinde bölgeye ait yapılmış jeolojik ve jeofiziksel çalışmalar dikkate alınarak, veri toplamada karşılaşılabilecek sorunlara çözüm üretebildiği gibi, veri işlem adımlarının test edilmesinde de uygulanabilmektedir. Bu amaçla sismik yansıma yönteminde modelleme tekniği önemli bir rol oynamaktadır. Sadece sismik yansıma yönteminde değil, gravite, manyetik, sp (doğal uçlaşma) gibi diğer jeofizik yöntemlere ait problemlerin çözümünde de modelleme tekniği kullanılmaktadır.

Jeofizikte modelleme; düz problem çözümü ve ters problem çözümü olarak ikiye ayrılır. Düz problem çözümünde jeolojik bir modelden yola çıkılarak jeofiziksel sonuca ulaşılırken, ters çözümde jeofizik veriden yola çıkılarak jeolojik model oluşturulmaktadır (Canitez, 1997). Ters problem çözümü veriyi kullanarak jeolojik yapı veya kaynağı modellemektedir. Düz çözüm yönteminin temelinde yapılan işlem ise, yapay (sentetik) veri üretme işlemi olarak ifade edilebilir.

Sismik yansıma yönteminde çoğunlukla düz çözüm tekniği kullanılmaktadır. Bu çalışmada da düz çözüm ile iki boyutlu ışın izleme yöntemi kullanılarak, çalışma alanına ait yapay sismik kesitlerin sunulması amaçlanmıştır.

Batı Anadolu bölgesi özellikle sahip olduğu graben sistemlerince Türkiye için önemli araştırma alanını oluşturmaktadır. Son yıllarda bu bölgede yapılan çalışmaların çoğunluğu da grabenler ile ilgilidir. Tez çalışma alanı olan Alaşehir Graben sistemi de bu sistemler içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bölgenin en dikkat çeken özelliği, sahip olduğu jeotermal enerji potansiyelidir. Hazne sıcaklığının yüksek olduğu bu tip bölgelerde, özellikle elektrik üretimi için elektrik santrallerinin kurulması adına çalışmalar günümüzde de devam etmektedir.

Bu çalışmada, Alaşehir Grabeni'nde Alaşehir-1 kuyusunda TPAO tarafından yapılan kuyu atışları (check-shot) sonucu elde edilen hız bilgileri Demircioğlu-Kolenoğlu, D. (2009) tarafından yazılan yüksek lisans tezinden ve aynı kuyudan elde edilen formasyonlar ve formasyonlara ait derinlik bilgileri ile birlikte jeolojik kesitler ise Çiftçi, N. B. (2007) tarafından yazılan doktora tezinden referans alınarak grabeni temsil eden bir yeraltı modeli ortaya konmuş ve sismik modelleme yöntemiyle, yığma ve göç uygulanmış kesitler türetilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca farklı hız modelleri ile göç kesitleri oluşturularak hız modellerinin sonuçları test edilmiştir.

Tez kapsamında yapılan modelleme çalışmalarında üretilen kesitler, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği bölümünde bulunan lisanslı "Disco/Focus (v.5.0)" sismik veri işlem paketindeki ilgili modüller kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. MODELLEME TEKNİĞİ

Sismik yansıma yönteminde modelleme düz çözüm yöntemiyle yapılmaktadır. Bu yöntemi uygulamak için Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketindeki ilgili modüller kullanılmıştır. Çalışma alanına ait referans bilgiler dikkate alınarak oluşturulan, derinlik modeline ait yapay sismik yansıma kesitlerin elde edilmesi belirli adımları içermektedir. Modelleme aşamasında öncelikle yeraltı modeli tanımlanmaktadır. Seçilen ışın izi tipine göre ışın yolları üretilerek, derinlik modelindeki hız bilgisinden yararlanılıp, yansıma katsayıları, gidiş-geliş seyahat zamanları hesaplanır. Yapay veri üzerinden çalışıldığı için süzgeçleme ile sismik kesitlere kaynak dalgacığı biçimi kazandırılarak yığma kesitleri elde edilir. Veriye gürültü eklenmesi işlemi ile devam edilmektedir. Bir sonraki aşamada ise, göç veri işlemi uygulanarak derinlik modeline en yakın yapay yansıma kesiti elde edilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada jeolojik model dikkate alınarak, yapay sismik yansıma kesitleri gürültülü ve gürültüsüz olarak elde edilmiş ve farklı hızlar için göç veri işlemi uygulanarak hangi sismik hızın model için daha uygun olduğuna karar verilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca gürültülü verilerde saçılma enerjilerinin nasıl değişim gösterdiğinin tespit edilmesi de amaçlanmıştır. Bu bölümde öncelikle genel olarak sismik yansıma yönteminden, sismik hızlardan, düşey ve yatay ayrımlılıktan, sismik yığma ve sismik göç işlemlerinden kısaca bahsedilecek ve modelleme tekniğine geçiş yapılarak modelleme tanımı ile modellemede kullanılan ışın tipleri özetlenecektir. Modellemede kullanılan modüller (komutlar) ve elde edilen sonuçlardan Bölüm 4’ de detaylı olarak bahsedilmektedir. Ayrıca kullanılan modüllere ait parametre tabloları ve program çıktıları tezin ekler kısmında yer almaktadır.

2.1 Sismik Yansıma Yöntemine Genel Bakış

Sismik yansıma yöntemi, özellikle petrol ve doğalgaz araştırmalarında geniş ölçüde kullanılan, yeraltı tabakalarının sınırlarını ve yapısal unsurları yansıma kesitleri şeklinde sunan en etkili yöntemlerden birisidir. Genel olarak çok kapsamlı bir

yöntemdir. Ancak burada modelleme içerisinde hesaplanılacak olan değerlere ait matematiksel ifadelerden ve yöntemin esasını oluşturan tanımlardan bahsedilecektir.

Yeraltına gönderilen sinyaller elastik dalga yayılımı teorisine göre, arayüzeylerden yansıyarak yeryüzüne ulaşırlar ve kaydedilirler. Yeryüzünde bu arayüzeyleri fark etmemizi sağlayan en önemli parametre, tabakalar arası akustik empedans farkıdır. Bir tabakanın akustik empedansı, matematiksel olarak hız ve yoğunluğun çarpımı şeklinde ifade edilir **(2.1)**.

$$Z = V\rho \quad (2.1)$$

Burada; "V", Sismik hızı ve "ρ", Kayaç yoğunluğunu temsil etmektedir.

Tabakaları birbirinden ayıran arayüzeylerde, ortamdaki elastik özellik değişimleri ilerleyen dalgaları etkilemektedirler. Bir sismik dalga, farklı akustik empedanslara sahip tabakaların yüzeyinden geçerken, enerjinin bir kısmı bu arayüzeyde, bir kısmı bu arayüzeyden yansır. Yansıma yönteminde, yeraltından herhangi bir noktadan alıcıya ulaşan sinyali tanımlayan en önemli parametre, yansıma katsayısıdır **(2.2)**.

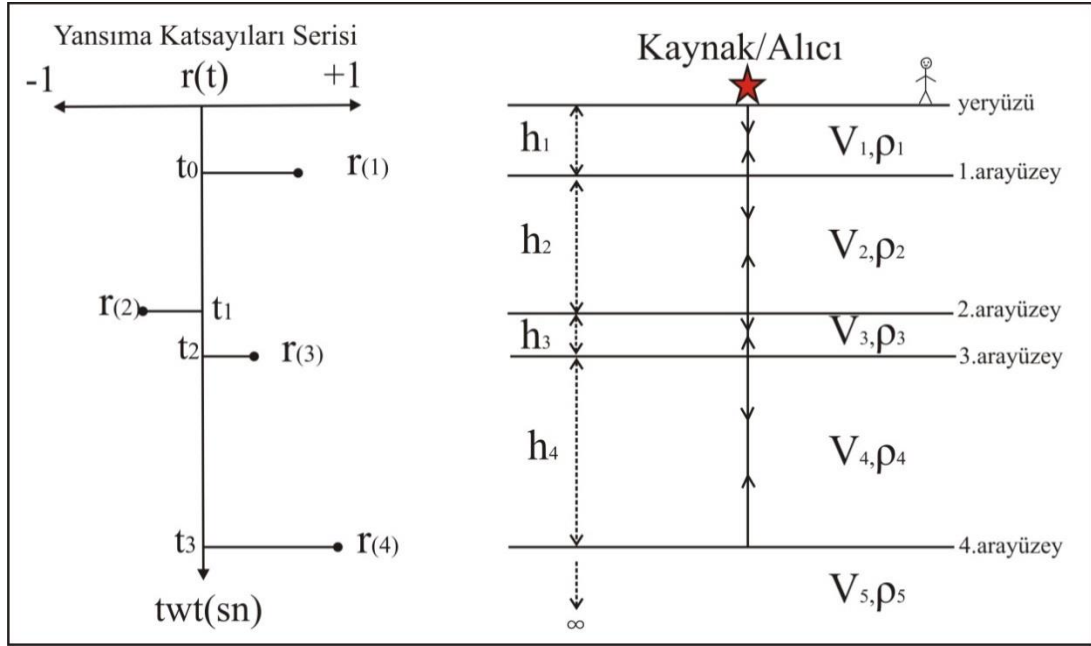
$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2.2)$$

Burada; "Z", akustik empedans parametresini temsil etmektedir ve denklem **(2.1)**' de matematiksel ifadesi görülmektedir.

Yansıma katsayısı tanımlanırken, sismik kaynak ve alıcının aynı noktada olduğu durumda, bir başka deyişle sinyalin arayüzeye geliş açısının dik (90°) olduğu durumda, birden fazla arayüzey için yansıma katsayıları hesaplanır ve çift gidiş-geliş zamanları ile yansıma katsayıları serileri oluşturulur.

Şekil 2.1' de her bir arayüzeyin çift yol seyahat zamanlarına (TWT) karşılık yansıma katsayıları hesaplanarak yansıma katsayıları serileri oluşturulmaktadır. Bu yansıma katsayılarının kaynak dalgacığı ile konvolüsyonu sonucu sismik iz elde edilmektedir. Tek bir arayüzey için yansıma katsayısı hesabı, akustik empedans farklarının toplamına bölünmesi ile elde edilmektedir. İki tabakalı bir ortam için denklem **(2.2)** kullanılarak her bir arayüzeydeki yansıma katsayıları hesaplanabilmektedir. Model çalışmalarında tabaka yoğunluğunun yansıma zamanlarının hesap edilmesinde bir etkisi olmadığından, bu çalışma kapsamında yoğunluk parametresi tabakalar için

sabit olarak kabul edilmiş, değişken tek fiziksel parametre sismik hız olarak alınmıştır.



Şekil 2.1 : Varsayılan 5 tabakalı yeraltı modeli durumunda yansımalar katsayıları serilerinin gösterimi.

2.1.1 Sismik hızlar

Sismik yansımalar verilerinin jeolojik kesitler şeklinde yorumlanabilmesi için önce yansımalar zamanlarını derinliklere çevirmek gereklidir. Bu da ancak, sismik verinin alındığı bölgede yayılan dalgaların tabakalar içerisinde geçerken sahip oldukları hızları bilmekle olur. Bu bakımdan sismik yorum için ilk olarak gerekli olan sismik hızların bilinmesidir (Kurtuluş, 2002). Sismik hız ve kayaç yoğunluğunun çarpımı şeklinde matematiksel olarak ifade edilen akustik empedans farkları, tabaka arayüzlerinden yansımalar alınmasını sağlarlar. Sismik hızlar, yeraltı modelinde aynı tabaka içerisinde yanal ve düşey yönde değişim gösterebilir. Sismik hız değerlerinin hesaplanması, kuyulardan sonik log ölçümleri ile doğrudan olabileceği gibi, yansımalar yöntemi ile hız analizi yapılarak da elde edilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında TPAO tarafından Alaşehir-1 kuyusunda yapılan kuyu atışları ile elde edilen ara hızlar kullanılarak yine aynı kuyuda tanımlanan formasyonlara ait hız bilgileri oluşturulmuştur. Ara hız değerleri kullanılarak sismik ortalama ve Karekök ortalama (RMS) hız değerleri gerekli matematiksel ifadeleri

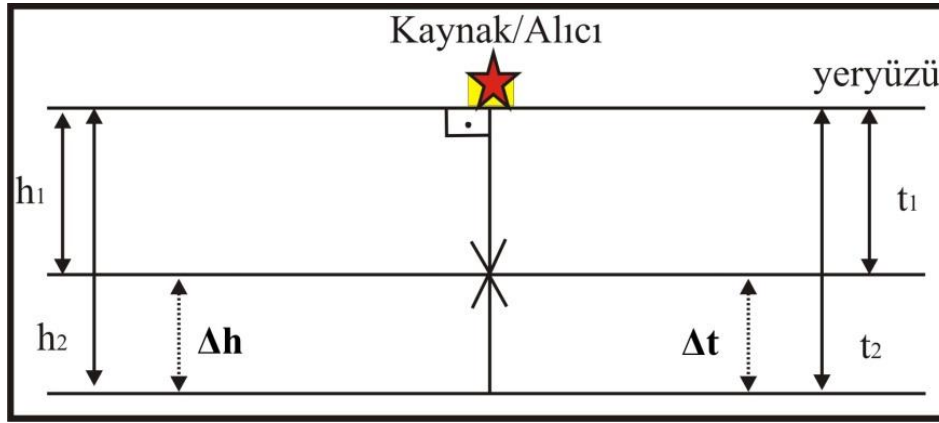
kullanılarak hesaplanmıştır. Bu bölümde kullanılan hızlar ve hızlara ait matematiksel bağıntıların genel tanımlarından bahsedilecektir.

2.1.1.1 Ara hız

Eğer iki yansıtıcı yüzey h_2 ve h_1 derinliklerinde bulunuyorlarsa ara hız aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$V_{ara} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

Burada "h", tabaka kalınlığını ve "t", tek yol seyahat zamanını göstermektedir. Şekil 2.2' de ara hızın hesaplandığı iki tabakalı model görülmektedir.



Şekil 2.2 : Ara hızın hesaplandığı iki tabakalı derinlik modeli.

2.1.1.2 Ortalama hız

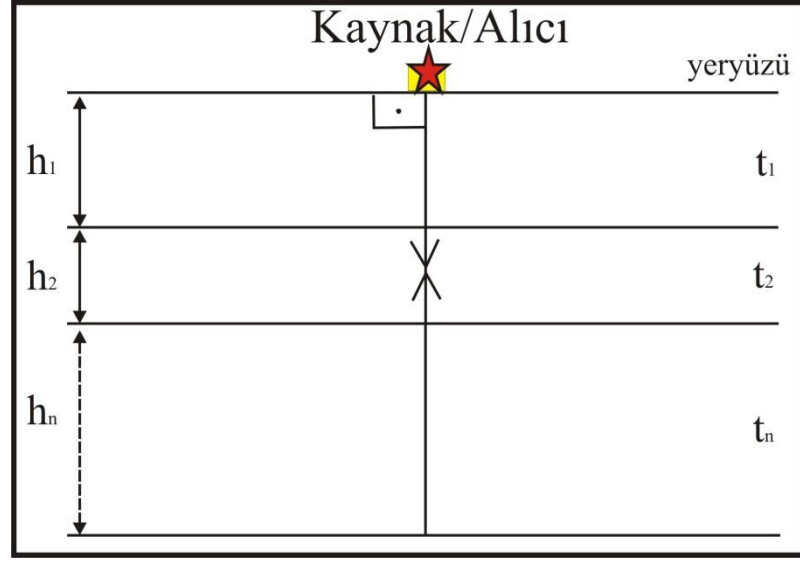
Bu hız değeri, yüzeyden bir h derinliği için, bu derinliği düşey tek yol seyahat zamanına bölerek hesaplanır. Denklem (2.4)' de ortalama hıza ait matematiksel ifade gösterilmektedir.

$$V_{ort} = \frac{h}{t} \quad (2.4)$$

Bağıntıda "t", düşey tek yol seyahat zamanı ve "h" ise, derinlik başka bir deyişle tabaka kalınlığıdır.

Yeraltının her zaman tek tabakalı bir ortam olmadığını dikkate alırsak; bölgeye ait ortalama hız değeri hesaplanırken tabaka kalınlıklarının toplamına ve tek yol seyahat zamanlarının toplamına ihtiyaç duyulmaktadır. O halde yukarıdaki denkleminin

genelleştirilmiş hali denklem (2.5)' de görülmektedir. Burada kaynak ile alıcı arasında bir ofset yoktur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : n tabakalı bir ortamda ortalama hızların hesaplandığı derinlik modeli ve kaynak/alıcı düzeninin gösterilmesi.

$$V_{ort} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + ... + h_n}{t_1 + t_2 + t_3 + ... + t_n} = \frac{\sum_{1}^n h_n}{\sum_{1}^n t_n} \quad (2.5)$$

Denklemde n tabaka için "h", tabaka kalınlığını ve "t", düşey tek yol seyahat zamanını temsil etmektedir. Sismik hızların genel olarak birimleri m/sn cinsinden, buna bağlı olarak tabaka kalınlıkları metre cinsinden olmaktadır.

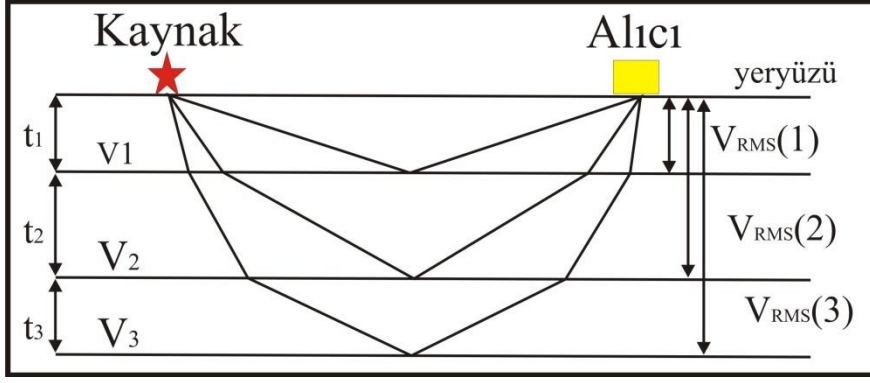
2.1.1.3 Karekök ortalama (RMS) hız

Yeraltında n tane tabaka var ise ve ara hızları $V_1, V_2, ..., V_n$ olmak üzere, tek-yol yansıma seyahat süreleri de $t_1, t_2, ..., t_n$ ise, n tabakalı bir ortam için RMS Hız;

$$\sqrt{\frac{V_1^2 t_1 + V_2^2 t_2 + V_3^2 t_3 + ... + V_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + ... + t_n}} = \frac{\sum V_n^2 t_n}{\sum t_n} = V_{RMS}^2 \quad (2.6)$$

bağıntısıyla bulunmaktadır. Denklemde n tabaka için "V", ara hızları ve "t", tek yol seyahat zamanlarını temsil etmektedir.

RMS hızları Şekil 2.4' de 3 tabakalı bir ortam için ışın yolları çizilerek gösterilmiştir. Burada kaynak ve alıcı arasında ofset bulunmaktadır.



Şekil 2.4 : RMS hızların 3 tabakalı bir ortam için izledikleri ışın yolları ile gösterimi.

Tez çalışması kapsamında ara hız değerlerinden formasyonlara ait ortalama ve RMS hızları hesaplanmıştır. Ayrıca modelleme çalışmasında elde edilen bu hız bilgileri kullanılarak göç kesitlerinde hız modellerinin test edilmesi amaçlanmıştır.

2.1.2 Sismik ayrırlılık

Sismik yansıma yönteminde nokta kaynaktan küresel olarak yayınan sismik dalgalar yerin altındaki tabakalar boyunca ilerleyip, yüzeydeki alıcılarda kaydedilirler. Sismik dalgalar ilerleme esnasında farklı litolojik ve farklı akustik empedanslara sahip ortamlardan geçerler. Elde edilen sismik kayıtlar bir dizi veri işlem adımlarından geçirilip, yorumlama yapılacak sismik kesitlerin elde edilmesi sağlanır. Sismik veri işlem uygulanırken verilerin ayırım gücü (rezolüsyon) mümkün olduğu kadar yüksek tutulmaya çalışılır. Rezolüsyon bir sismik kesitte var olan özellikleri (yapıları, stratigrafik birimler vb.) ayırabilme kabiliyetinin bir özelliğidir. Bir başka deyişle sismik ayrırlılık, sismik kesitlerde görebilmek için özelliklerin ne kadar büyük olduğunun bir ölçüsüdür. Aynı zamanda sismik verideki stratigrafik yorumlamanın bir anahtarıdır. Sismik ayrırlılıktaki en önemli soru "İki nokta birbirinden ayırt edilebilecek şekilde ne kadar yakın olabilir?" sorusudur (Kurt, 2011).

Sismik ayrırlılık için 2 tamamlayıcı unsurdan bahsedilmektedir. Bunlar;

1. Düşey ayrırlılık : $f(V, f, \lambda)$
2. Yatay ayrırlılık : $f(V, f, d)$

"V", sismik hız; "f" frekans; "d" derinlik ve " λ " dalga boyunu temsil etmektedir. Dalga boyu, frekans, hız gibi parametreler ayrırlılık için oldukça önemlidir. Düşey çözünürlükte genel olarak "tuning kalınlığı" ve "ince tabakaların sismik yanıtları"

üzerinde durulurken, yatay çözünürlükte ise "Fresnel Zonu ve etkileri" temel içeriğini oluşturmaktadır.

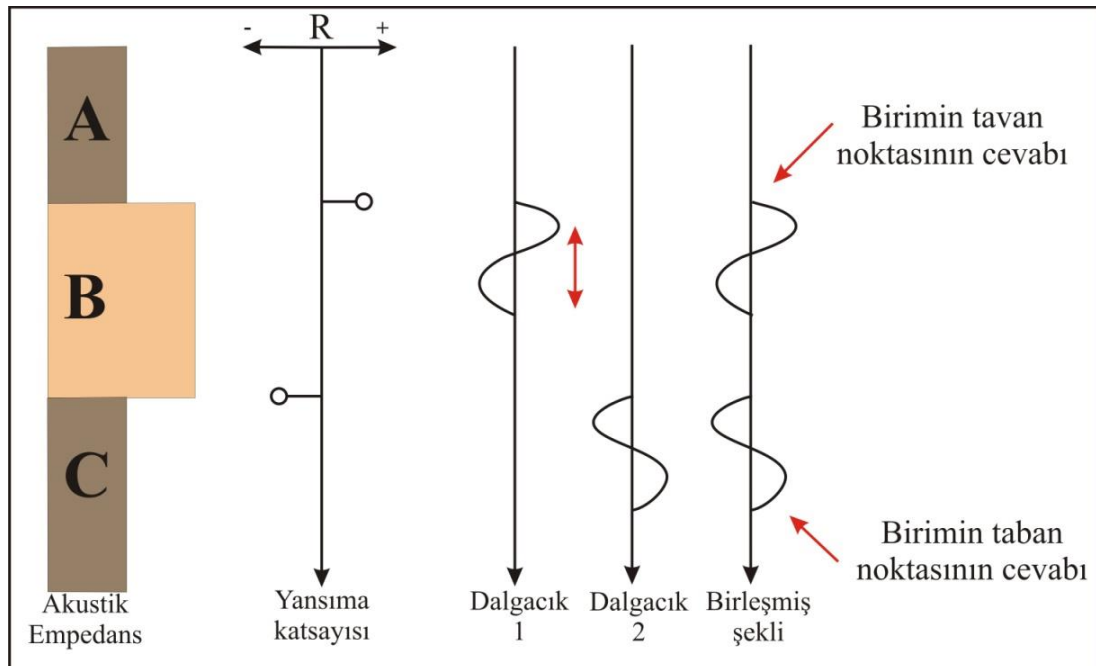
2.1.2.1 Düşey ayrımlılık

Düşey ayrımlılıkta dalga boyu kavramı oldukça önemlidir. Tabaka kalınlığı ve sismik dalga boyu ile tanımlanmaktadır (Yılmaz, 1987). Tanıma göre düşey ayrımlılık, P dalgası yayılım hızının baskın frekansa oranı ile sismik dalgacığın dalga boyu hesaplanmaktadır (2.7).

$$\lambda = V/f \quad (2.7)$$

Denklemde "V", P dalgası sismik hızı; "f", sismik kaynak dalgacığının baskın frekansı ve "λ", sismik dalgacığın dalga boyunu temsil etmektedir.

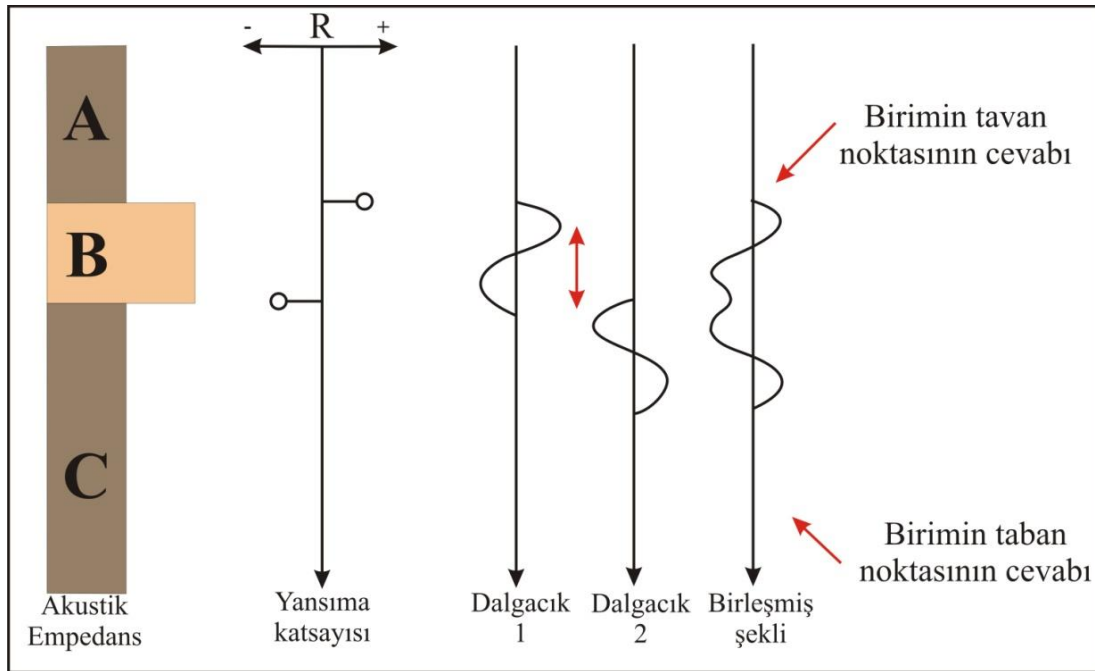
Tabaka kalınlıklarına bağlı olarak düşey ayrımlılıkta ince tabakaların sismik yanıtları ve tuning kalınlığını temsili, tabaka kalınlıklarını ve sismik cevaplarını gösteren bir şekil üzerinde tartışılırsa; Örneğin Şekil 2.5' de A ve C formasyonları şeyl tabakasına, B olarak isimlendirilen formasyonda kum tabakasına karşılık geldiği düşünülmektedir. Formasyon geçişlerinde elde edilecek yansıma katsayıları temsili olarak gösterilmiştir. Yansıma katsayıların olduğu çift yol seyahat zamanlarına karşılık beklenen sismik dalgacıklar da gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : Kalın tabaka cevabı (<http://www.aapg.org>).

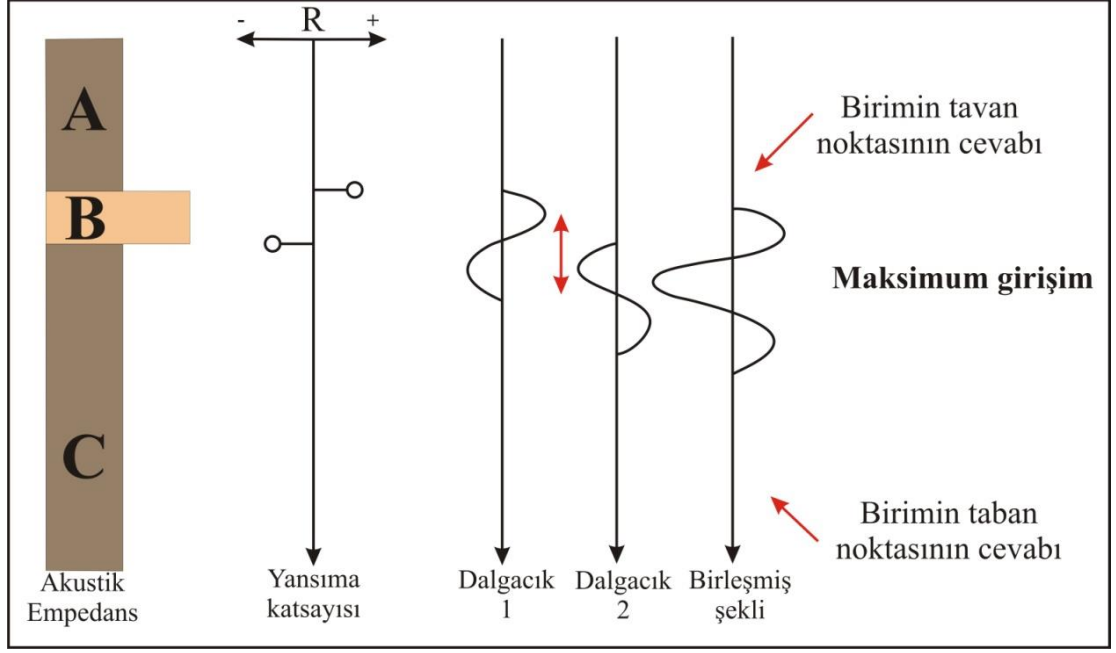
B formasyonu gibi kalın bir kum tabakasında 2. dalgacık oluşmadan önce 1. dalgacık son bulmaktadır. Böyle bir kalınlıkta dalgacıkta herhangi bir girişimin olmadığı görülmektedir. Sismik hız ve frekans parametreleri derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Sismik yöntemlerde genel olarak hızın derinlikle arttığı düşünülmektedir. Derinlikle birlikte aynı zamanda sismik dalgada meydana gelen soğurulma gibi etkiler nedeniyle sismik dalgalar derinlik arttıkça, yüksek frekanslarını düşük frekanslarına göre daha çok kaybederler. Bu nedenle hem yanal yönde hem de düşey yönde ayrımlılık azalır ve sismik dalgacıkta girişim etkisi artar.

Şekil 2.6' da B formasyonunun kalınlığı biraz daha inceldiğinde elde edilecek sonuçlar detaylı olarak görülmektedir. Yansıma katsayıları formasyon geçişlerinde gösterilmiştir. Burada çift yol seyahat zamanına göre 1. dalgacığın bitiş noktası, 2. dalgacığın tepe noktasıyla üst üste binmiştir. Ancak oluşan girişime rağmen sismik yorumlama aşamasında burada kalınlığı fark edilen başka bir formasyonun olduğu rahatça söylenebilir.



Şekil 2.6 : Tabakanın incilmesi ile kısmi girişim etkisi (<http://www.aapg.org>).

B birimini belirten kum tabakası daha da inceldiğinde girişim etkisi Şekil 2.7'de görülmektedir. Burada dalgacıklardaki girişim maksimum olmuştur. Çukur bölge daha da büyümüştür. Yorumcu için burada farklı iki yansıma katsayısından bahsetmek zorlaşmaktadır.



Şekil 2.7 : Maksimum girişim, tuning kalınlığı (<http://www.aapg.org>).

Özellikle sismik kesitlerde düşey yönde kalınlığı dalgacığın dalga boyunun yarısından yani $\lambda/2$ 'den küçük olan tabaka kalınlıklarını ayırmak oldukça zorken, $\lambda/4$ 'den daha küçük tabaka kalınlıklarını ayırmak ise neredeyse olası değildir. Bu kalınlığa "**tuning kalınlığı**" denmektedir (Yılmaz, 1987). O halde düşey ayrımlılığın limiti dalga boyunun 4'te biri olarak belirtilebilmektedir. Genelde ayrımlılık derinlikle ters orantılıdır. Derinliklere inildikçe kaynak dalgacığının yüksek frekanslarını kaybetmesi ile ayrımlılık düşmektedir. Hızın derinlikle artması ve frekansın derinlikle azalması nedeniyle baskın dalga boyunda artış gözlenir. Bu nedenle sık yansılarda çözünürlük, derin yansılardan daha iyidir (Kurtuluş, 2002).

B birimini gösteren kum tabakasının çok ince olması durumunda yansımaya katsayıları birbirine daha fazla yaklaşacaktır.

Bu durum dalgacığın türevine karşılık gelmektedir. Bu ilişki denklen (2.8)' de gösterilmektedir. Birinci yansımaya katsayısının fonksiyonu $f(x_0)$, ikinci yansımaya katsayısının fonksiyonu Δx kadar zaman sonra $f(x_0 + \Delta x)$ olarak tanımlanırsa, limit sıfıra giderken yansımaya katsayılarının türevi dalgacık cevabı olarak elde edilecektir.

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \quad (2.8)$$

2.1.2.2 Yatay ayrırlılık

Yatay ayrırlılıkta sorgulanan, yanal yöndeki ne kadar bir genişleme fark edilebilir bir yansıma üretebilmektedir? sorusudur. Bu tarz sorulardan yola çıkılarak yanal ayrırlılık için genel soru şöyle olabilir; Yeraltındaki yapıların sismik kesitte fark edilebilmeleri için minimum genişlikleri ne olmalıdır? (Kurt, 2011)

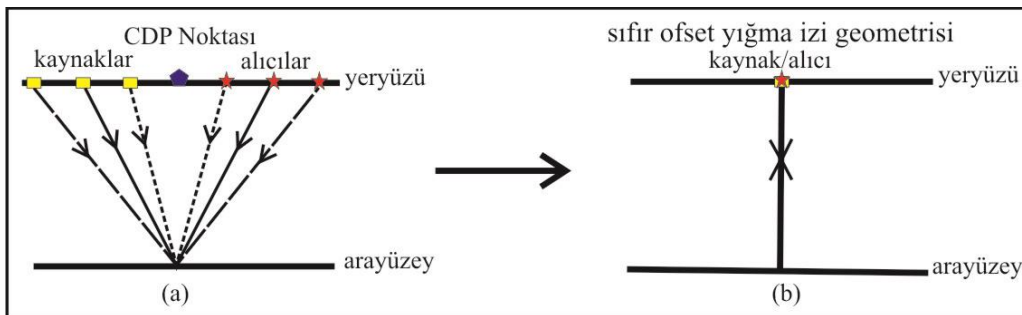
Yatay çözünürlük Fresnel zonunun yarıçapı ile doğrudan orantılıdır. Enerji kaynağından çıkan sismik dalgacıklar küresel cepheler şeklinde yayınırlar. Sismik kaynağın oluşturduğu küresel dalga cephesi arayüzeye geldiğinde tek bir noktadan değil, oldukça geniş sayılabilecek bir dairesel alandan yansır. Yansımanın olduğu bu dairesel alana **Fresnel Zonu** denir ve çarpma sonucu dalgacığın kapladığı alanın yarıçapı ile tanımlanan bölgedir. Fresnel bölgesinin yarıçapının hesaplanması için gerekli bağıntı denklem (2.9)' da görülmektedir.

$$r = \frac{V}{2} \sqrt{\frac{t_0}{f}} \quad (2.9)$$

Burada; " V", arayüzeye kadar olan P dalgasının yayınım hızı; " f " baskın frekansı ve " t_0 " ise düşey gidiş-geliş zamanını göstermektedir. Denklemden de görüldüğü üzere frekansın artmasıyla fresnel zonunun yarıçapı azalmaktadır.

2.1.3 Yığma

Yığma işlemi sismik veri işlem adımlarından birisidir. Ortak orta nokta (CMP) topluluklarındaki bütün izler toplanarak, her bir CDP grubu tek bir ize dönüşmektedir. Şekil 2.8' de CDP grubuna NMO düzeltmesi yapılarak kaynak - alıcı arasındaki mesafe yok edilmiş, son olarakta CDP gruplarındaki izler toplanarak sıfır ofset izlerden oluşan yığma izi geometrisi elde edilmiştir. Yığma işlemi ile bütün izler basitçe toplanarak tek bir iz elde edilmektedir.

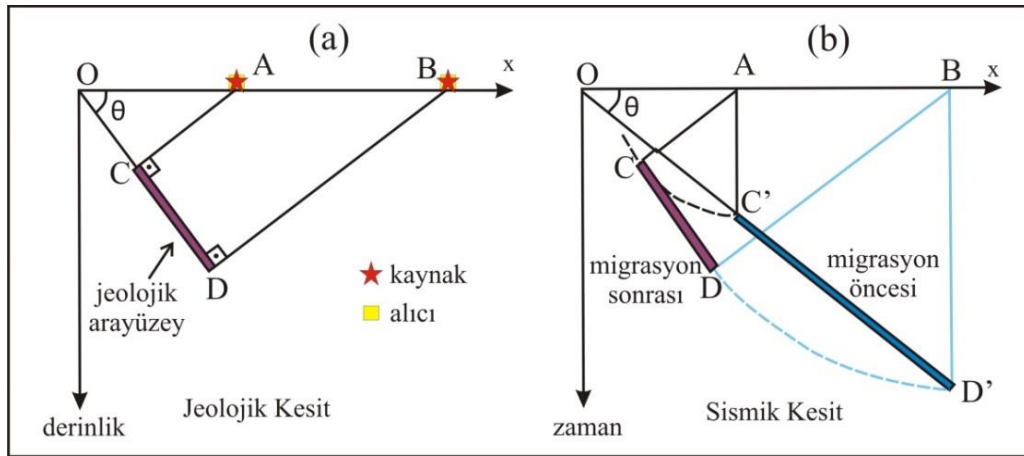


Şekil 2.8 : a) CDP grubu, b) yığma izine geçiş.

Bu çalışmada uygulanan düz çözüm modelleme yöntemiyle, referans alınan jeolojik modele uygun yığma kesitleri oluşturulmuştur. Burada gerçek bir veri yerine yapay veri üretilmiştir. Işın yollarına göre düz çözüm yöntemiyle yığma kesiti oluşturulması için süzgeçleme yolu ile kaynak dalgacığı biçimi kazandırılmıştır. Tez çalışması kapsamında elde edilen yığma kesitinden Bölüm 4' de detaylı olarak bahsedilecektir.

2.1.4 Sismik göç (Migrasyon)

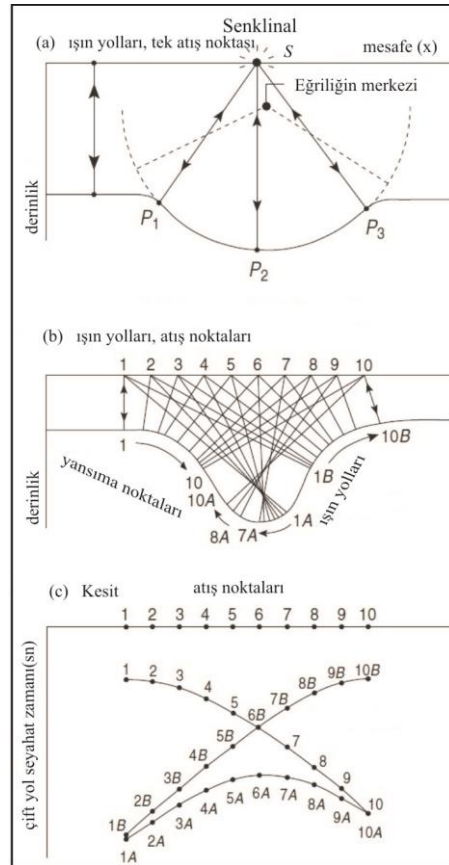
Sismik göç önemli veri işlem adımlarından birisidir. Yeraltındaki eğimli tabakalardan, antiklinal ve senklinal gibi ondülasyonlu jeolojik yapılardan vb. yansıyarak alıcıya ulaşan sinyaller, yığma kesitlerinde gerçekte oldukları yerde görülmezler. Göç işlemi ile yansımalar ve saçılmalar gerçek yerlerine taşınırlar. Böylelikle yığma kesitlerindeki olaylar gerçek derinlik ve yerlerine taşınmış olurlar. Göç işlemi yeraltındaki yatay olaylara dokunmazken, eğimli olayları eğim yukarı taşıyarak, fay gibi yapılardan kaynaklanan saçılmaları yok eden bir veri işlem adımıdır (Yılmaz,1987).



Şekil 2.9 : a) CD arasında uzanan jeolojik arayüzey, b) sismik kesitte C'D' olarak görülerek göç işlemi ile gerçek yerine yani CD arasına taşınır (Dondurur,2009).

Yeraltı eğimli birçok tabakadan oluşmaktadır ve sıfır ofset bir atış-alıcı geometrisi düşünüldüğünde eğimli tabakalardan gelen yansımalar, kaydedilen alıcının tam altına işaretlenir. Bu durumda yığma kesitinde eğimli tabakanın eğimi olduğundan daha az görünen bir yansıma elde edilmesine neden olmaktadır (Şekil 2.9). Böylece göç sonrasında eğimli olayların eğim dereceleri, göçten öncekine nazaran artmaktadır (Dondurur,2009). Aynı zamanda yeraltındaki senklinal, antiklinal gibi ondülasyonlu olan yapılar düşünüldüğünde de benzer durum geçerlidir. Antiklinallerin tepe

noktasına daha fazla sayıda yansıma noktası denk geldiği için, yığma kesitlerinde bu tip jeolojik yapılar daha geniş gözlenirken, senklinal türü yapıların çukur kısımlarına daha az sayıda yansıma noktası denk geldiği için bu tip jeolojik yapılarda yığma kesitlerinde olduklarından daha dar görünürler. Şekil 2.10' da senklinalden birbirini izleyen atışlar sonrasında alıcıya gelen yansımalar görülmektedir. Senklinalin farklı kanatlarından yansımalar aynı alıcıya ulaşmaktadır. Bu yansımaların izledikleri yollar birbirlerinden farklı oldukları için seyahat zamanları da farklı olacaktır ve bu durum "papyon-kravat (bow-tie)" etkisi olarak adlandırılan özel bir yansıma şekline karşılık gelmektedir. Göç veri işlemi ile yığma kesitinde oluşan bu tür yansımalar gerçek yerlerine taşınırlar ve senklinal türü çukur kısımlar genişlerken, antiklinal gibi yapılar daralmaktadır. Aynı zamanda göç veri işlemi fay düzlemlerini yığma kesitlerindeki nazaran daha belirgin hale getirirken, ani kesilmelerden oluşan saçıcıları yok etmektedir (Yılmaz,1987).



Şekil 2.10 : a) Senklinal modelinde tek atıştan kaydedilen yansımaların izlediği ışın yolu, b) birden fazla atışla elde edilen sıfır ofset ışın yolları, c) elde edilen sismik kesitte görülen papyon - kravat (bow-tie) etkisi (Khan ve Mussett, 2000).

Sismik göç veri işlemi sonrasında elde edilen kesit artık jeolojik kesite benzer bir hal almaktadır. Yığma işleminden önce veya sonra sismik göç işlemi uygulanabilir. Tez

çalışması kapsamında modelleme ile yığma kesitleri oluşturulduğu için yığma sonrası göç uygulanmıştır.

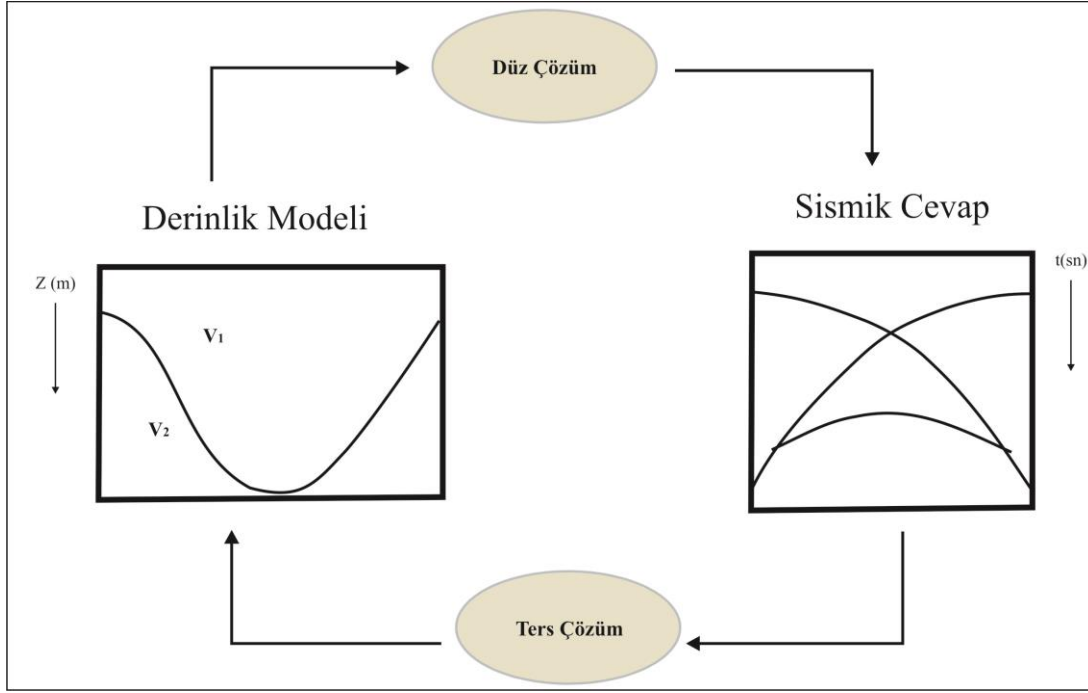
Veri işlem adımlarında amaca göre kullanılabilecek farklı sismik migrasyon türleri mevcuttur. Bunlar yığma sonrası zaman migrasyonu, derinlik migrasyonu, yığma öncesi zaman migrasyonu ve yığma öncesi derinlik migrasyonudur (Yılmaz,1987). Tez çalışması kapsamında yığma sonrasında zaman migrasyonu yapay veriye uygulanmıştır. Burada yığma kesitinin saçılmalar, yapısal eğimler, fay düzlemleri gibi jeolojik yapıları içermesi nedeniyle göç veri işlemi yapılması tercih edilmiştir. Aynı zamanda bu veri işlem adımının difraksiyonlar üzerindeki etkisinin test edilmesi ve farklı hız modellerinin göç sonrasında veriyi nasıl etkilediğinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2.2 Sismik Yansıma Yöntemi Modellemesi

Jeofizik yöntemlerle, yer içindeki doğal sinyalle veya yapay kaynak kullanılarak oluşturulan sinyallerle yerin verdiği tepki kayıtlarıyla ölçülerek yeraltındaki yapıların temel fiziksel (sismik hız, yoğunluk, öz direnç değerleri gibi) ve geometrik parametreleri (derinlik, tabaka kalınlık ve genişlikleri gibi) elde edilmeye çalışılır. Böylelikle yeraltı kesitleri oluşturularak yüzeyden derinlere doğru yeraltı yapısı hakkında geniş bir bilgiye sahip olunur. Bütün bu adımlar veri toplama ile yola çıkılarak, bilgisayar ortamında verilerin işlenmesi, işlenilen verilerin yorumlanması ile devam etmektedir. Modelleme bu süreçlerden sonraki adımdır ve uygulanması yararlı olur. Çünkü sayısal yorumlamada tasarlanan jeofiziksel yorum modellerinin, optimum ölçüde doğruluklarının sorgulanması son derece önemlidir (Oruç, 2012). Bu nedenle ister doğal kaynaklı yöntem, isterse yapay kaynaklı yöntem uygulaması olsun, problemlerin çözümünün belirli aşamalarında modelleme tekniğinin kullanılması önerilmektedir.

Jeofizikte modelleme düz çözüm ve ters çözüm yöntemleri ile yapılmaktadır. Modelleme derken ilk olarak aklınıza bir fotoğraf görüntüsü gelebilir. Bu fotoğraf görüntüsünü yeraltı modeli olarak düşünürsek, modelleme tekniği ile sahip olduğunuz jeolojik modelin jeofiziksel sonucunun elde edilmesi işlemi düz çözüm yöntemi olarak adlandırılır. Şayet elinizde verilerinizin olduğunu düşünürsek, ters çözüm yöntemiyle ölçümler sonucu elde edilen jeofiziksel belirtiler kullanılarak buna

neden olabilecek kaynak modellemesi yapılmaktadır. Kısacası ters çözüm, elde edilen jeofiziksel verilerden yararlanarak jeolojik modelin belirlenmesi yöntemi olarak adlandırılabilir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 : Düz ve ters çözüm modelleme döngüsü (Fagin, 1991).

Genel olarak ters (evrik) çözüm jeofizikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü genellikle jeofizikçiler elde ettikleri verileri dikkate alarak, buna neden olan yeraltı yapısını ortaya çıkarmaya çalışmaktadırlar. Ancak sismik yansıma yöntemi esasları dikkate alınarak, derinlik modelleri vasıtasıyla çalışma alanına ait jeofiziksel sonuç yani sismik cevap, düz çözüm yöntemi kullanılarak elde edilmektedir.

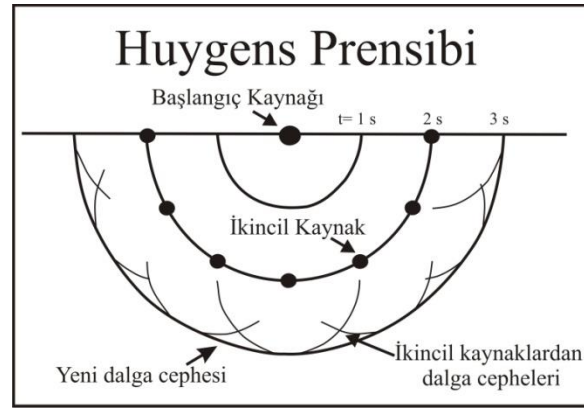
Düz çözüm kapsamında modelleme yapılırken öncelikle dikkate alınan jeolojik modele ait İki boyutlu hız/derinlik modeli oluşturulmalıdır. Çalışma kapsamında, oluşturulan hız/derinlik modeli kullanılarak iki boyutlu ışın izleme yöntemiyle sismik yansıma modellemesi yapılması amaçlanmıştır. Burada seçilen ışın tiplerine göre ışın yolları üretilerek, yansıma katsayıları ile birlikte gidiş-geliş seyahat zamanları hesaplanmaktadır. Bütün bu hesaplamalarla birlikte süzgeçleme ile kaynak dalgacığı biçimi kazandırılarak, olayların genlikleri hesaplanıp yığma kesiti şeklinde sismik cevabı üretilmektedir. Göç veri işleme ile birlikte elde edilen kesit, derinlik modelinin jeofiziksel sonucunu sergilemektedir.

Sismik yansıma yönteminde düz çözüm kullanılarak yapılan modelleme çalışmaları yorumlama amaçlı olduğu kadar, veri toplama öncesinde çalışma alanına ait jeofiziksel sonucu sunarak ön bilgi sahibi olunmasını sağlamaktadır. Bu hem ekonomik açıdan hem de veri işlem adımlarının test edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Işın izleme yöntemi sismolojide oldukça önemlidir. Bunun nedeni, dalga yayılımı kestiriminde diğer yöntemlere göre oldukça hızlı olmasıdır. Aynı zamanda yeraltı modellerine göre kolay uyum sağlayabilen ve güçlü modellemelerin gerektiği durumlarda ilk uygun yaklaşımı sağlayabilen yöntem olmasıdır. Işın izleme hem jeofizikçiler hem de jeologlar için oldukça önemli bir araçtır. Sismik veri toplama planının geliştirilmesi veya değerlendirilmesinde çözünürlük bileşenlerini de sunabilmesi açısından ışın izleme yöntemi kullanılır. Bu yöntem özellikle yapısal problemlerin olduğu bölgelerde en çok uygulanan modelleme yöntemidir. Gerçek veri üzerinde resif yapıları, kama yapıları, kum kanalları gibi jeolojik yapıların stratigrafik tuzaklarının sismik yanıtlarını göstermek için kullanılmaktadır. Toplanan verilerin işlenmesi aşamasında veri işlem parametrelerinin belirlenmesinde ve kompleks (karmaşık) yapıların görüntülerinin oluşturulmasında da kullanılmaktadır. Aynı zamanda sismik veri işlem programında yapılan veri işlem adımlarının doğruluğunun test edilmesine de olanak sağlamaktadır. Işın izleme yöntemi, derinlik modelinden seyahat zamanları ve ışın yolunun hesaplanmasında sık başvuru alan yöntemlerin başında gelmektedir. Modelleme akışı, seçilen ışın yoluna göre yığma veri işlemi ile üretilen yığma kesiti ve sonrasında zaman migrasyonu veya derinlik migrasyonu adımlarını içermektedir. Oluşturulan yapay yığma kesitlerine gerçekçi bir modeli temsil etmesi adına gürültü ilave edilmiştir.

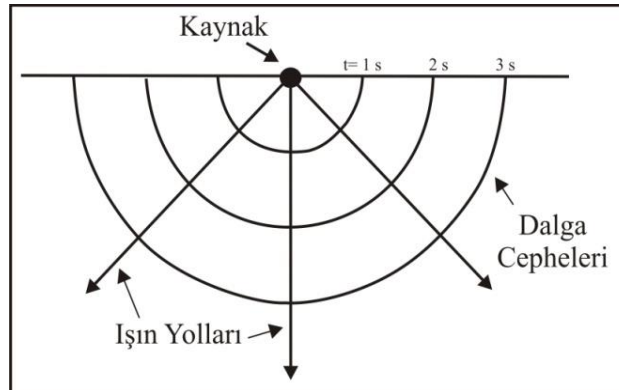
Işın izleme yönteminde seçilen ışın tiplerinin farklı ışın yollarını izleyerek alıcıya geldikleri varsayılmaktadır. Modelleme esnasında veri işlem programında farklı 3 ışın yolu tanıtarak ışın izi tipi seçilmektedir. Işın tiplerinden daha önce jeofizikte dalga yayılımı hakkında genel kuralların bilinmesi önemlidir. Bilindiği üzere sismik yöntem elastik ortamlardaki dalga hareketleri ile ilişkilidir. Sismik yöntemde dalga hareketleri incelenirken ortamın her tarafında fiziksel özelliklerin eşit olduğu yani homojen olduğu ve bu fiziksel özelliklerin ölçülen yöne bağımlı olmadan aynı olduğu yani izotrop olduğu varsayılmaktadır (Fagin, 1991). Böyle bir ortamda dalga

yüzeyleri küresel şekillidir bir başka deyişle, bir enerji noktasından yayılan dalganın hareketi tıpkı suya atılan taşın yarattığı dalgalar şeklinde yani küresel olarak yayılmaktadır. Bir kaynaktan çıkan dalganın hareketi sırasında herhangi bir zamanda hareketin başlamak üzere olduğu noktaları birleştiren yüzeye dalga yüzeyi veya dalga cephesi denmektedir (Kurtuluş, 2002). Işın yolu esaslarının başında Huygens Prensibi ve Snell Yasası gelmektedir. Huygens Prensibini şematik olarak Şekil 2.12' de gösterilmiştir. Huygens prensibine göre herhangi bir zaman için dalga cephesinin üzerinde her nokta yeni bir kaynak dalgacığı oluşturur ve bu noktalardan yayılan dalgalar yeni kaynak yüzeyleri oluştururlar. Örneğin şekil 2.12' de görüldüğü üzere 2 saniyede dalga cephesindeki yeni kaynak noktaları 1 saniye sonra küçük yaylar şeklinde gösterilen yeni dalga cephelerini oluşturmaktadır.



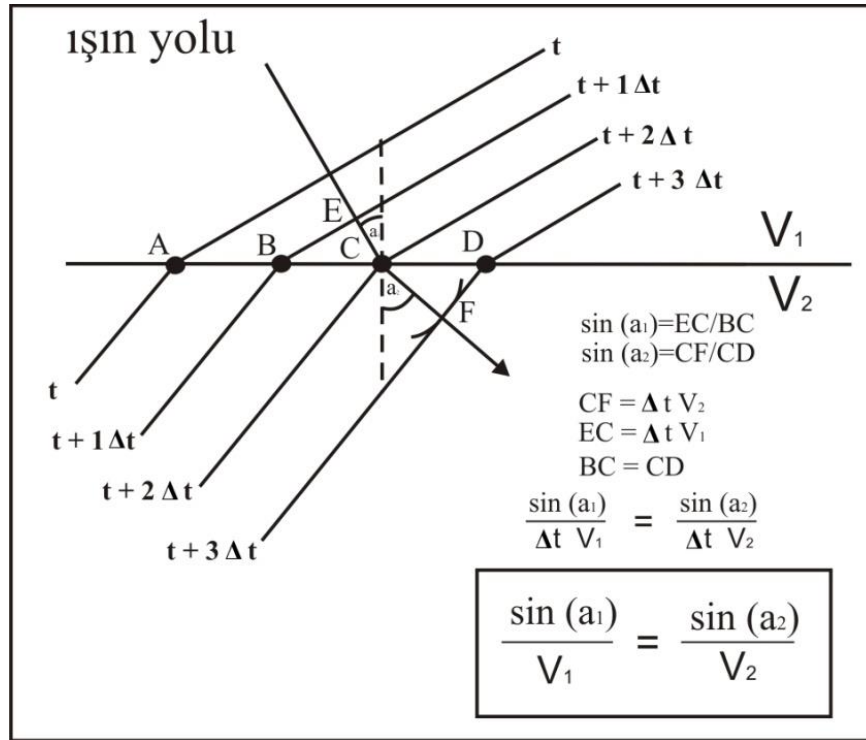
Şekil 2.12 : Huygens Prensibinin şematik olarak gösterimi (Fagin, 1991).

Işın yolları ile dalga cepheleri arasındaki ilişki şematik olarak Şekil 2.13' de gösterilmiştir. Işın yolları, dalga cepherine dik doğrultudadır. Sabit hızın olduğu ortamda konsantrik dalga cepheleri ile birlikte dalga yayılımı gösterilmiştir. Çünkü dalga cepheleri eş merkezlidir ve ışın yolları düz doğru şeklindedir.



Şekil 2.13 : Işın yolları ile dalga cepheleri arasındaki ilişkinin şematik gösterimi (Fagin, 1991).

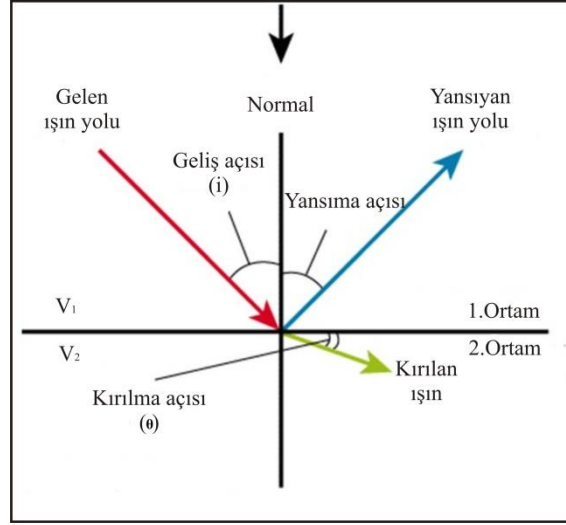
Hız değişimlerinin olduğu yerlerde örneğin tabakaları ayıran bir arayüzeyin olması durumunda ortamda yol alan dalgaların ilerleyişi değişecektir. Bu durum Huygens prensibinden yararlanılarak Snell Kanunu ile açıklanmaktadır. Şekil 2.14’ de görüldüğü üzere ışın yolu farklı hızı sahip arayüzeye geldiğinde dalgaların izlediği yol değişmektedir. Şekilde ışın yolları düzlemsel olarak gösterilmiştir, fakat bölgesel olarak küresel dalga cephelerinin merkezi kısımları olarak düşünülebilir. Seyahat süresi Δt artış göstermektedir. Ek olarak dalga cepheleri ve onlarla ilgili ışın yolu, kırılma daha yüksek hızı sahip bölgeye giriş yaptığında görülmektedir. $t + 2\Delta t$ zamanında yeni kaynak nokta olan C noktasında dalga cephesi eğilmektedir. Arayüzeyden geçen dalga yüzeyi yeni dalga cephesi $t+3\Delta t$ zamanda yay şeklide F noktasında görülmektedir. Aynı zamanda 1. ortamda dalga cephesinin $t+3\Delta t$ süresinde yüksek hızı sahip arayüzeye geçtiğinde karşılaştığı süreye denk gelmektedir. Burada ikinci ortamda ilerleyen dalganın bu sınırdaki ilerleme açısı değişmektedir.



Şekil 2.14 : Snell yasasının, ışın yolları dikkate alınarak türetilmesi (Fagin,1991).

Işın yolu kırılarak eğim açısının değişme miktarı arayüzeyler arasındaki hız farkına bağlı olmaktadır ve Snell yasasıyla belirlenmektedir. Snell yasasında eğer bir dalga iki ortamı ayıran bir sınırdan geçerse yansıyan ve kırılan dalgalar ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.15’ de görüldüğü üzere Snell yasasına göre; gelen ışının normalle yaptığı

açının (geliş açısı) sinüsü ile kırılan ışının normalle yaptığı açının (kırılma açısı) sinüsünün oranı, gelen ışının hızı ile kırılan ışının hızının oranına eşittir.



Şekil 2.15 : Sınıra gelen ışın yolunun yansıyan-kırılan ışınlar şeklinde gösterimi.

Snell bağıntısı denklem (2.10)' da görülmektedir.

$$\frac{\sin(i)}{\sin(\theta)} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2.10)$$

Burada; "i" geliş açısını, "θ" kırılma açısını, "V₁" 1. ortamın hızını ve "V₂" 2. ortamın hızını göstermektedir. Bu kanun yansıyan ve kırılan ışınların genliği hakkında bilgi vermez ve sadece bu ışınların normalle olan doğrultularını gösterir (Kurtuluş, 2002).

Işın yollarının tanıtılmasından önce bu bölümde genel tanımlar yapılmıştır. Çalışmada modelleme esnasında 3 farklı ışın tipi kullanılmaktadır. Bu ışın tipleri ve izledikleri yollar Bölüm 2.2.1' de detaylı olarak bahsedilecektir.

2.2.1 Modellemede kullanılan ışın yolları

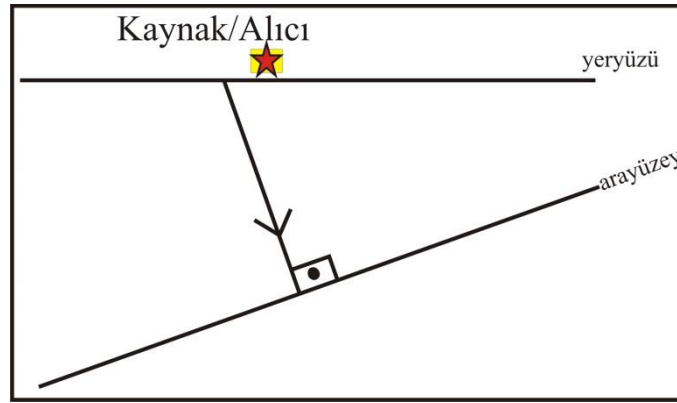
Çalışma kapsamında Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketinde ışın izi tipine göre düz çözüm problemini uygulayan "MODRAY" komutu kullanılmaktadır. Komutların genel kullanımına ait bilgiler Bölüm 4' de daha detaylı olarak yer almaktadır. Programda ışın izi tiplerinin belirtilmesinde 3 ışın tipi ile ışın yolları üretilmektedir. Bu ışın yolları;

- NORMAL (Normal geliş açısı)
- DIFFRACT (Difraksiyon)

➤ IMAGE (Yeraltı Görüntüsü)

seçenekleri olmak üzere 3' e ayrılmaktadır. Bu üç farklı seçenek MODRAY komutu ile geçerlidir. "NORMAL" seçeneği normal geliş açısı için ışın izleme yöntemine, "DIFFRACT" seçeneği dalga teorisi (difraksiyon) ışın izlemeye ve "IMAGE" seçeneği de göç veri işlemleri uygulanmış bir veri için ışın izlemeye karşılık gelmektedir.

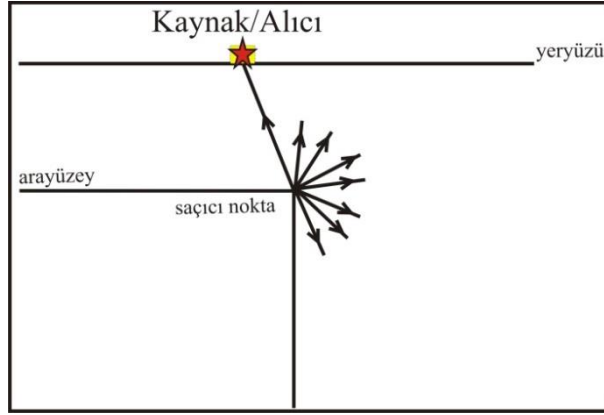
Normal geliş açısı ışın izlemede, arayüzeye (normal) dik gelen ışınlar üretilmektedir. Bu seçenek iki nedenle tercih edilir. Birincisi ekonomik bir yöntem olması aynı zamanda veri işlem süresinin kısa sürmesi, ikincisi de oluşturulan yüzeylerde ortaya çıkan bütün birincil yansımaları garantilemesidir. Şekil 2.16'da arayüzeye dik gelen ışının yüzeydeki alıcılarda kaydedilmesi ile modelleme programının ürettiği ışın tipine karşılık gelen ışın yolu gösterilmektedir.



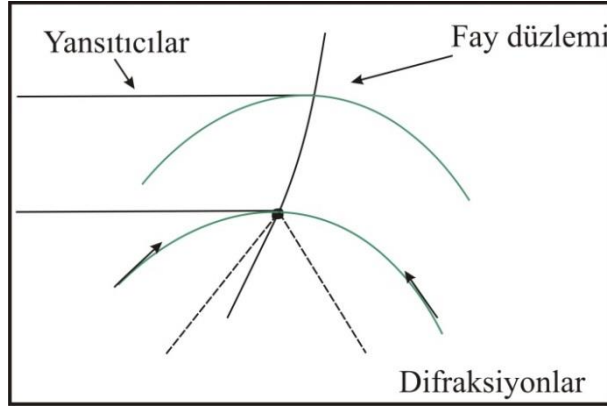
Şekil 2.16 : "NORMAL" seçeneği ile ışının izlediği yol.

"DIFFRACT" seçeneği kısaca saçıcı modellemesi yapar. Eğer "DIFFRACT" parametresi seçilirse, MODRAY komutu sıfır ofset ışın izleme dalga teorisi çözümünü üretecektir. Gerçek sismik veride difraksiyon belirlenmesi ve yorumlanmasında yararlı bir çözüm oluşturmaktadır. Yeraltı modelinde ani hız değişimleri mevcutsa, aniden tabaka kalınlığının sona erdiği yapısal süreksizliklerde ve özellikle fay türündeki jeolojik yapılarda köşe noktalarda difraksiyonlar meydana gelmektedir (Şekil 2.17 ve Şekil 2.18). Bu modül, difraksiyonların modellenmesinde tercih edilen bir modüldür. Modelleme çalışmasında kullanılacak olan derinlik modeli dikkate alındığında, model içerisinde birçok sentetik ve antitetik faylanmaların yer alması, hız değişimlerinin olması, normal fay türlerinin formasyonlarla kesiştiği keskin köşe noktalarının olması gibi jeolojik nedenlerden

dolayı bu çalışmada difraksiyon sonuçları üretilmesi tercih edilmiştir. Böylelikle saçıcı enerjisini ortadan kaldıran göç veri işleminin de test edilmesine olanak sağlanmıştır.

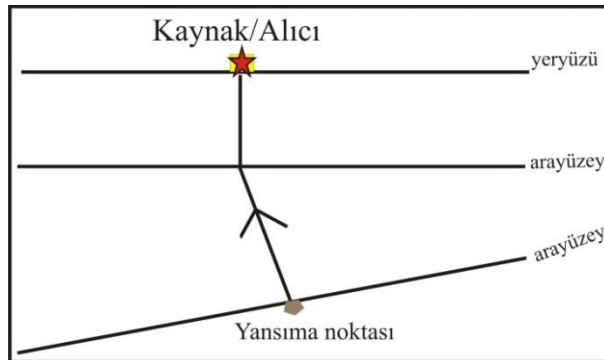


Şekil 2.17 : "DIFFRACT" seçeneği ile ışının izlediği yol.



Şekil 2.18.: Fay sınırında difraksiyonların oluşumunun şematik gösterimi.

"IMAGE" seçeneği ise arayüzeye değil, alıcıya dik gelen ışınları üretmektedir. Bu özelliği ile yaklaşık olarak göç yapılan sismik kesite karşılık gelmektedir. Şekil 2.19' da "IMAGE" seçeneğinde ışının arayüzeyden alıcıya gelirken izlediği yol şematik olarak gösterilmektedir.



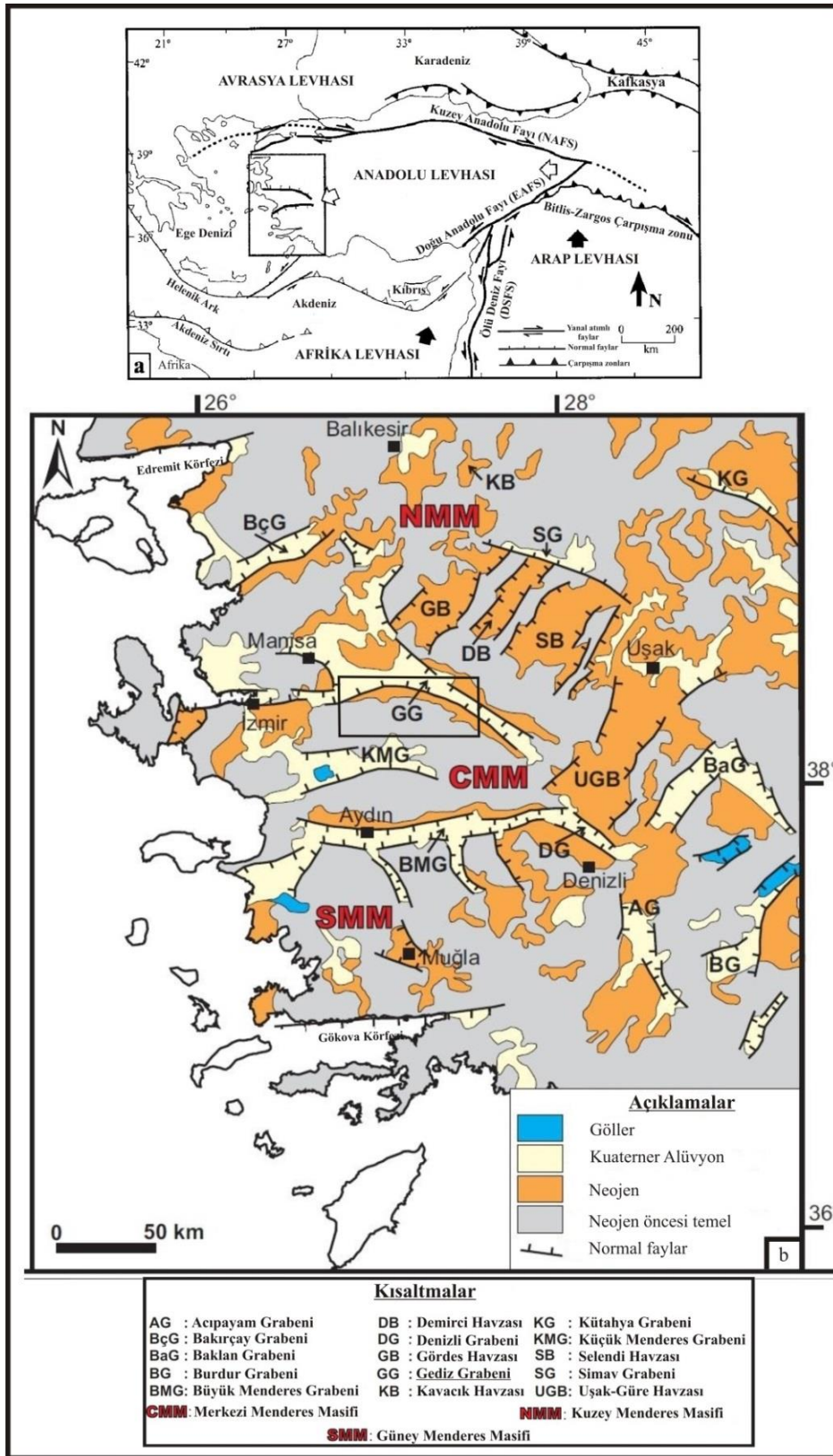
Şekil 2. 19 : "IMAGE" seçeneği ile ışının izlediği yol.

3. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Dünyada yapılan çalışmalarda büyük hidrokarbon rezervlerinin çoğunluğu çökme havzalarında ve kıtasal riftlerin olduğu tektonik gelişimin yaygın olarak bulunduğu alanlarda keşfedilmiştir. Son yıllarda özellikle ekonomik önemi açısından graben yapıları petrol ve jeotermal sektörü için ilgilenilmesi gereken alanları oluşturmuştur (Çiftçi, 2007). Türkiye için özellikle Batı Anadolu'daki graben sistemleri petrol ve doğalgaz rezervi olmakla beraber, sahip oldukları jeotermal enerji potansiyeli nedeniyle hem M.T.A Genel Müdürlüğü ve TPAO gibi önemli devlet kurumları tarafından hem de özel şirketler tarafından birçok yatırımın yapıldığı bölge olarak dikkatleri çekmektedir.

Genişlemeli tektoniğin mekanizmasını anlamak için 1990' lı yıllardan bu yana Ege Bölgesi geniş ölçüde incelenmektedir (Demircioğlu ve diğ., 2010). Türkiye' nin güneybatısı Afrika ve Avrasya levhalarının yaklaştığı karmaşık açılma deformasyonunun olduğu Ege açılma bölgesinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Açılma tektoniğine bağlı olarak meydana gelen D-B doğrultulu grabenler Türkiye' nin batısının en göze çarpan özelliklerindendir ve bölgede yer alan dünyanın en büyük çekirdek kompleksi olan Menderes Masifini Kuzey, Merkezi ve Güney olarak üçe ayırırlar (Şekil 3.1(b), Bozkurt ve Sözbilir, 2004). Burada D-B yönlü grabenler önemli topoğrafik açıklamalarla birlikte morfolojik olarak göze çarpan özellikleri içermektedirler.

Şekil 3.1 (a) görüldüğü üzere, Afrika ve Arap levhalarının kuzeye doğru hareketi ile Arabistan ve Avrasya levhalarının Bitlis-Zagros suture zoneı boyunca çarpışması Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fay sistemlerini oluşturmuştur (McKenzie, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981). Anadolu levhasının batıya doğru ilerlemesi ile Ege' de bulunan dalma-batma zonunun (Helenik) kuzeyindeki alan tarafından engellenmesi sonucunda bölgede genişlemeli tektoniğe bağlı olarak D-B doğrultulu graben yapıları normal faylara sınırlandırılmıştır (Dewey ve Şengör, 1979).



Şekil 3.1 : a) Ana neotektonik yapıların vurgulandığı Türkiye'nin tektonik haritası basitleştirilmiş olarak gösterilmektedir. (Bozkurt ve Sözbilir,2004) b) D-B doğrultulu ve KD-GB doğrultulu neotektonik havzaların dağılımının gösterildiği jeolojik harita görülmektedir. Jeoloji haritasında aynı zamanda çalışma alanı olan Alaşehir (Gediz) Grabeni (GG) okla gösterilmiştir (Çiftçi, 2007).

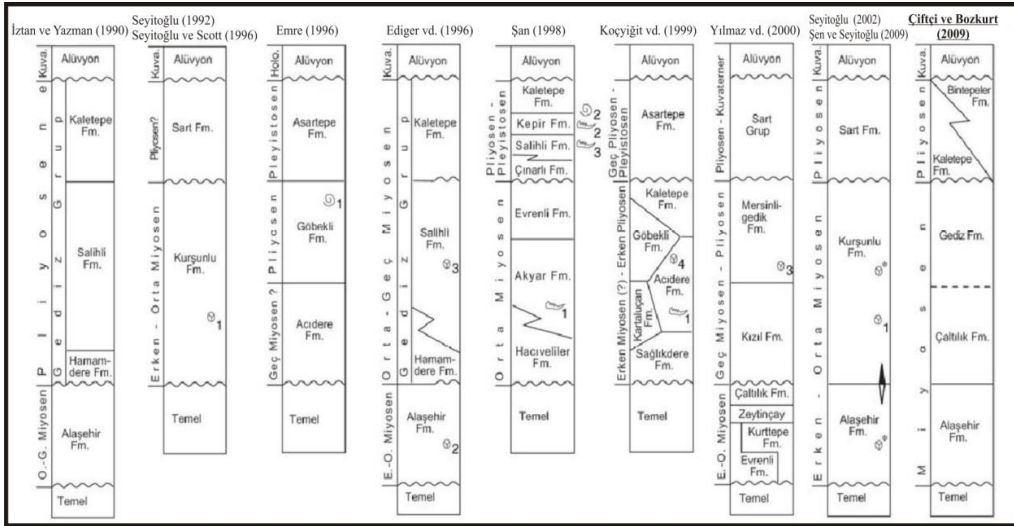
Normal faylar genişlemeli tektonik rejimlerde oluşan önemli yapılardır ve graben sistemleri de her iki tarafı normal faylarla sınırlanmış çöküntü alanları olarak bilinmektedir. Ege Bölgesinin iç kısımlarında gelişen büyük akarsu vadileri ve bu vadiler arasında yer alan faylarla sınırlanmış yüksek sırtlar ile kıyılardaki koy-körfez ve aralarındaki yarım adalar, gerilme rejimi altında gelişen Horst-Graben sisteminin bir ürünüdürler (Yıldırım ve Gökaşan, 2007).

Bunların içerisinde Alaşehir bir diğer adıyla Gediz Grabeni, 140 km uzunluğa ve 15 km genişliğe sahip batıdaki önemli genişlemeli tektonik rejimin görüldüğü yapılardan birisidir (Seyitoğlu ve Scott, 1996). Alaşehir' in güneydoğusundan başlayarak Turgutlu' ya kadar uzanmaktadır ve grabene ismini veren Gediz Nehrinin düzlüğü boyunca devam etmektedir. Grabenin güney sınırı genişleyen ve kuzeye doğru dışbükey olarak görülen normal fay sistemi önemli bir yapıyı oluşturmaktadır. Doğuya doğru kısmen daha dar olmakla birlikte batıda Manisa civarında iki kola ayrılan kadar genişlemeye devam etmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Yaygın kıtasal genişlemeye karşılık olarak, Türkiye' nin güneybatısı küçük çaplı karbonat ve volkanik kayalarla birlikte Miyosen döneminden günümüze kıtasal klastik kayalarla dolu birçok graben havzalarına hakim olmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Genel olarak Ege Bölgesi içerdiği birçok graben sistemleri ve bölgenin sahip olduğu tektonik evrimi ile önemli bir laboratuvar ortamı oluşturmaktadır. Batı Anadolu açılma bölgesi K-G rejimine bağlı gelişen D-B graben sistemlerinden oluşmaktadır. Son yıllarda Batı Anadolu'da yapılan çalışmaların çoğunluğu, nedeni ve başlangıç yaşı hala tartışmalı olan, genişlemeli tektonik dönemin Menderes Masifi' nin gelişimine etkisi, oluşturduğu yapısal hatlar ve özellikle grabenler ile ilgilidir (Dewey ve Şengör, 1979; Emre, 1996). Bölgedeki yüksek sıcaklıktaki yeraltı suyunun yükselebileceği geçirim zonlarının bulunması, özellikle Ege kıyılarındaki yaygın faylanmalar gibi elverişli jeolojik ortamların yer alması gibi özellikleri nedeniyle bölge, birçok jeofiziksel ve jeolojik araştırmalara ev sahipliği yapmaktadır. Alaşehir Graben sistemi de bu bölgede sahip olduğu jeotermal enerji potansiyeli bakımından önemli bir graben sistemidir. Bölgede aynı zamanda hidrokarbon potansiyelinin keşfi için sondaj kuyularının açılması ile Batı Anadolu'daki graben sistemleri araştırmaların merkezi olmaya başlamıştır. Bu buluşlarla birlikte yeraltı verilerinin de olması bölgedeki graben sistemini aydınlatan çalışmaları hızlandırmıştır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Bölgede Batı Anadolu'daki Alaşehir

Grabeni'nin çalışma alanı olarak seçilmesinin bir diğer nedeni de bölgedeki diğer graben sistemlerine göre en kalın sediment birimlerine sahip olmasıdır. Bu çalışmada TPAO tarafından Alaşehir-1 sondaj kuyusunda yapılan kuyu atışları sonucu elde edilen sismik ara hız bilgileri D. Demircioğlu-Kolenoğlu (2009) tarafından yazılan yüksek lisans tezinden, kuyu formasyon bilgileri ve jeolojik kesitler ise N. B. Çiftçi (2007) tarafından yazılan doktora tezinden referans alınarak Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modeli oluşturulması amaçlanmıştır.

3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi Ve Stratigrafisi

Günümüzde Batı Anadolu'nun jeolojisi ile ilgili hala devam eden tartışmalarla birlikte, bölgenin jeolojisinin bütün görünüşünü içeren ve farklı yapısal türlerin bulgularının Alaşehir Grabeni'nde yer alması, bölge ile ilgili tartışmaları arttırmaktadır (İzitan ve Yazman, 1990, Seyitoğlu ve Scott 1996, Emre (1996), Ediger vd. 1996, Şan 1998, Koçyiğit vd. 1999, Yılmaz vd. 2000, Seyitoğlu, Şen vd. 2002, Çiftçi ve Bozkurt, 2009). Bu bölümde D-B doğrultulu Alaşehir Grabeni'nin stratigrafisi ve genel jeolojisi hakkında bilgi verilecektir. Bölgede birçok farklı formasyon isimleri ile farklı stratigrafik kesitler öngörülmüştür (Demircioğlu ve diğ., 2010). Bu kesitler Şekil 3.2' de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Alaşehir (Gediz) Grabeni'nin değişik araştırmacılar tarafından sunulan stratigrafisi (Demircioğlu-Kolenoğlu, 2009).

İzitan ve Yazman, 1990' dan bu yana genel olarak grabenin en alt sediment birimini, adını Alaşehir ilçesinden alan Alaşehir formasyonunun oluşturduğu görülmektedir. Bu çalışmada stratigrafik birimler içerisinde 2009 yılında Çiftçi ve Bozkurt tarafından

en son öngörülen stratigrafik kesit ve iki boyutlu (2D) sismik yansıma kesitlerindeki yorumlar dikkate alınmıştır. Bu nedenle diğer formasyonlar hakkında daha detaylı bilgi için ilgili çalışmalara ait kaynaklardan yararlanılabilir. Bu çalışmalarda formasyon isimleri, yaşları, aynı formasyon türleri için farklı fasiyes birimleri kısacası stratigrafiyi belirleyen bütün özellikler hakkında sayıca modeller türetilmiştir. Statigrafik birimler hakkında bu kadar uyumsuzlukların olmasının ana nedeni; grabeni dolduran birimlerin fasiyeslerindeki yanal değişimler ve graben boyuncaki farklı jeolojik yaş öngörüleridir. Bu çalışma kapsamında grabeni dolduran birimlerin stratigrafik yapılarını içeren bütün problemlerin nedenlerini araştırmak ana amacımız olmamakla beraber, önceki çalışmalar referans alınarak alanda yapılan sondaj çalışmasında elde edilen formasyon bilgileri ile iki boyutlu (2D) sismik yansıma verileri sonucunda grabeni oluşturan yapıların geometrisi hakkında bir öngörude bulunulmuştur. Faylar, arayüzeyler ve sınır yüzeyleri hakkında yorumlar sismik yansıma verilerinin sondaj kuyuları ile korelasyonu ile birlikte yapılmıştır. Bu çalışmada burada yorumlanan bölgedeki fayların özellikleri, Alaşehir Grabeni'ne ait formasyon bilgileri, derinlikleri ayrıca sismik yansıma kesitlerindeki yorumlara bağlı olarak grabenin geometrisi dikkate alınarak, gerçekçi bir derinlik modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modelinin oluşturulmasından sonraki adımda ise iki boyutlu (2D) yapay (sentetik) sismik yansıma kesitleri şeklinde sunulması hedeflenmiştir. Sismik modelleme için başlangıç modeli (derinlik modeli) hazırlanmasında Çiftçi ve Bozkurt (2007, 2009a, 2009b, 2010) tarafından sunulan veriler ve sonuçları dikkate alınmıştır. Formasyonlara ait sismik hızlar ise bölgede TPAO tarafından açılan "Alaşehir-1" sondaj kuyusunda yapılan kuyu atışları ile elde edilen derinliklere karşılık sismik ara hız bilgileri kullanılarak belirlenmiştir. Sismik hızların belirlenmesi ve hız değerleri ile ilgili detaylı bilgilerden Bölüm 4' de bahsedilmektedir. Şekil 3.3' de Alaşehir (Gediz) Grabeni'ne ait jeolojik harita görülmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Haritada ana yapılarla birlikte, jeolojik birimler, sondaj kuyularının lokasyonları mevcuttur. Alaşehir Grabeni, güney ve kuzey kenarlarında 2 önemli normal fay sistemleri tarafından sınırlandırılmış ve Gediz Nehri taşkın alanı boyunca 100 km' den fazla devam eden bir grabendir (Çiftçi ve Bozkurt,2010). "MGBF" olarak adlandırılan fay, Alaşehir Grabeni'nin güney kenarı boyunca KB-GD doğrultuda uzanan "Grabeni Sınırlayan Ana Fay" yapısı olarak en göze çarpan ve en aktif özelliğini oluşturmaktadır. Alaşehir Grabeni, graben içerisinde kuzey kenarı boyunca

AÇIKLAMALAR

- Kuaterner Alüvyon-uzak
- Kuaterner Alüvyon-yakin
- Traverten uyumsuzluk (unconformity)
- Pliyosen Kaletpe Formasyonu
- Bintepeler Formasyonu
- Gediz Formasyonu
- Miyosen Toygarlı Andezit
- Çaltılık Formasyonu
- Alasehir Formasyonu uyumsuzluk (unconformity)
- Neojen öncesi Metamorfik Temel

Eğim ve doğrultu

- Normal fay
- Normal fay ve doğrultu atımlı bileşeni
- Olası normal fay
- Gömülü normal fay
- Düşük açılı fay düzlemi
- Düşük açılı normal fayın izi
- Yorumlanmış düşük açılı normal fayın izi
- Antiklinal eksen
- Senklinal eksen
- Formasyon bağlantısı
- Muhtemel formasyon bağlantısı
- Gömülü formasyon bağlantısı
- Aktif alüvyon yelpaze kenarları
- Sismik profillere ait lokasyonlar
- Yerleşimler
- Sondaj kuyuları

ALASEHİR GRABENİ

Topography: 0, 2 km

Coordinates: 4260000, 4252000, 4244000, 4236000; 622000, 630000, 638000

28

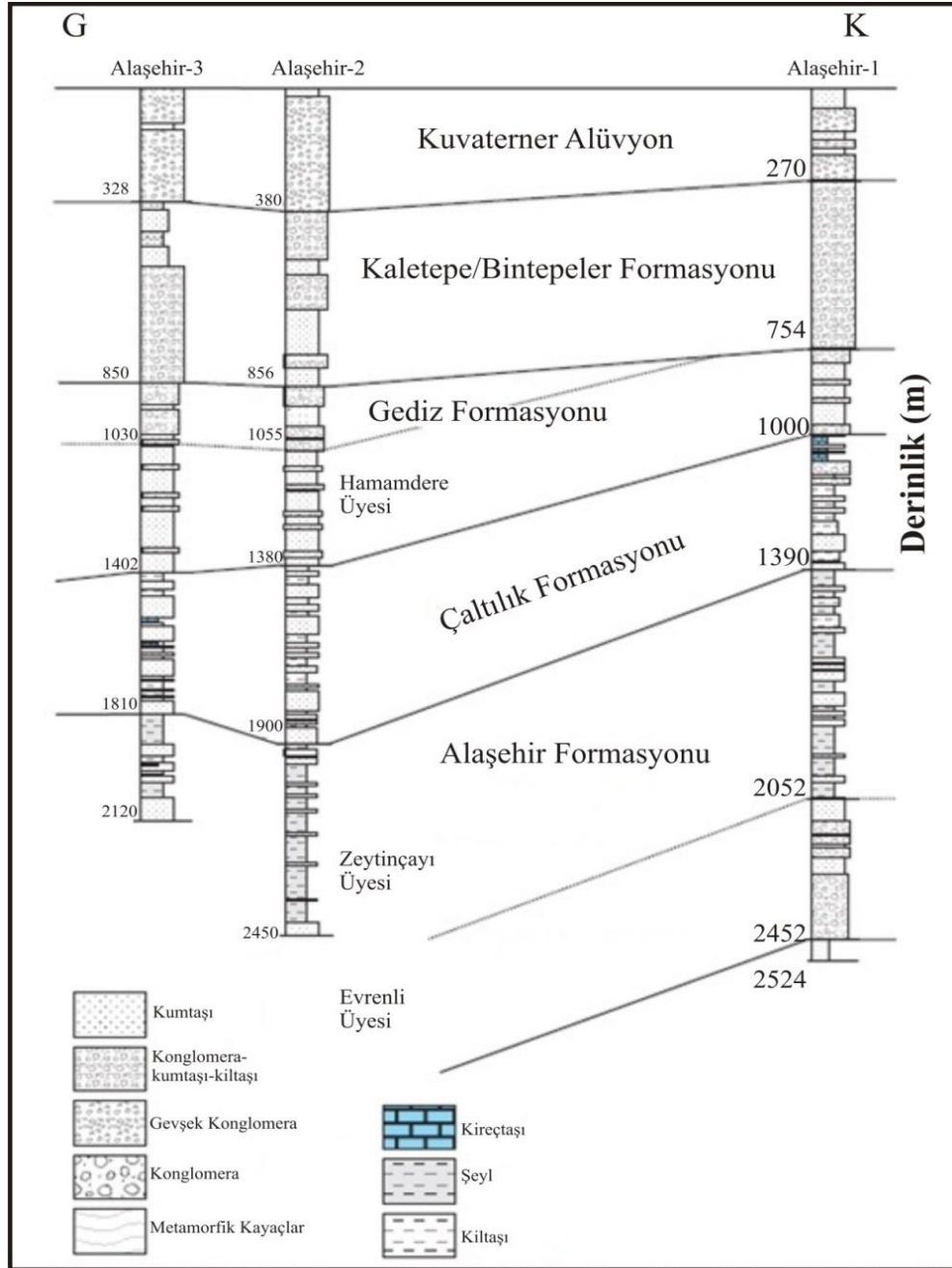
Grabenin güney kenarı iki grup fayla birlikte ki bunlar; i) son zamanlarda aktif olmayan düşük-açılı normal fay (veya sıyrılma fayı) ve ii) Yüksek açılı normal faylar ile yapısal olarak anlaşılması zor bir yapıyı oluşturmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt,2010). Burada yüksek açılı normal faylar kuzey yönünde havzaya doğru gençleşen ve basamak şeklinde görülen normal fay karakterindeki yapılardır (Çiftçi, 2007). Grabenin güney kenarını sınırlayan ana fayın (MGBF), metamorfik temel ile sedimanter örtü kayaçlarını birbirinden ayıran önemli bir yapı olduğu dikkatleri çekmektedir. Bunlara ek olarak Toygarlı andezitleri olarak adlandırılan volkanik kayaçlar, grabenin kuzey kenarı boyunca küçük bir alanda görülmektedir ve bu kayaçlar Neojen dönemi volkanizmayı temsil etmektedirler (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Yanal yönlü dereceli olarak bulunan flüviyal (nehire ait) ve alüvyal konglomeralar, göle ait kireçtaşları, kumtaşları ve çamurtaşları havza tortullarının baskın litolojisini oluşturmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2009a). Bölgede Menderes Masifi'ne ait şist ve mermerler ile bunları kesen granodiyoritlere rastlanmaktadır. Aynı zamanda Menderes Masifi'ne ait bu temel metamorfikleri örten Kula Bazaltları ve tortulları bulunmaktadır. Burada bulunan metamorfik kayaçlar, şist, gnays ve mermerler gibi çatlaklı birimler jeotermal kaynak rezervi için uygun jeolojik ortama sahip olmakla beraber, bölgede bulunan aktif normal faylar da akışkan sirkülasyonunda önemli bir rol oynamaktadırlar.

Alaşehir Grabeni'nin kayaç birimleri iki grupta sınıflandırılmaktadır. Bunlar temel kayaç ve sedimanter örtü kayaçlarıdır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Metamorfik kayaçlar ve içlerine sokulmuş granodiyoritler Menderes Masifi'ne ait olan Neojen öncesi temeli oluşturmaktadırlar ve yaklaşık 2000 m' ye kadar horst bloklarının üzerinde geniş ölçüde açığa çıkmaktadırlar (Çiftçi ve Bozkurt, 2009a). Sedimanter örtü kayaçları ise temel kayaçların üzerine gelmekte olup başlıca 5 farklı formasyon birimine ayrılmıştır.

Bunlar tabandan yüzeye doğru sırasıyla;

- Alaşehir Formasyonu,
- Çaltılık Formasyonu,
- Gediz Formasyonu,
- Kaletepe/Bintepeler Formasyonu ve
- Alüvyondur.

Genel olarak graben tortuları Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayaların üzerinde düşük açılı normal fay boyunca yapısal olarak yer almaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Alaşehir Grabeni'nde açılan 3 adet sondaj kuyusu Alaşehir formasyonunu kesmektedir ancak içerisinde Alaşehir-1 kuyusu ayrı bir önem taşımaktadır (Şekil 3.4). Bunun nedeni, Alaşehir Grabeni'ndeki bütün sedimanter kayaların en derinine nüfuz eden, Evrenli üyesi ile birlikte temel kayaca kadar inen sondaj kuyusu olma özelliğidir (Çiftçi, 2007).



Şekil 3.4 : Alaşehir Grabeni'nde yapılan sondaj kuyuları ile bağlantılı kesitlerin özeti. Alaşehir formasyonunun temeline kadar inilen Alaşehir-1 kuyusundan formasyonlara ait derinlik bilgileri kullanılmıştır (Çiftçi, 2007).

N.B.Çiftçi, 2007 kaynağından elde edilen formasyon bilgilerine göre, **Alaşehir Formasyonu**; Alaşehir Grabeni'nin güney kenarı boyunca özellikle grabenin güney kenarını sınırlayan ana fay (MGBF)' in güneyinde uzanan grabenin tabanında bulunan en yaşlı Neojen birimini oluşturmaktadır. Birime sadece Alaşehir civarında rastlanılmaktadır ve Yazman ve İztan (1990) tarafından isimlendirilmiştir. Buradaki çalışma da Yazman ve İztan (1990) tarafından Alaşehir Formasyonuna ait tanımlamaları desteklemektedir. Formasyon, metamorfik temel kayaçlarla temas eden düşük açılı normal faya sahiptir. Şekil 3.4' de görüldüğü gibi formasyon içerisinde kaba taneli Evrenli ve ince taneli Zeytinçay üyelerini içermektedir. Alaşehir formasyonunda bulunan Evrenli üyesi birimleri temel metamorfik kayaçlara en yakın formasyon olarak en derininde bulunan üyesidir. Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayaçları uyumsuz olarak üzerlemektedirler.

Çaltılık Formasyonu; uyumlu olarak Alaşehir formasyonunu örtmektedir. Grabenin güney kenarında daha kalın bulunurken, kuzey kenarına doğru incelmektedir. Alaşehir formasyonunun gözlenmediği yerde, Çaltılık formasyonu Menderes Masifine ait metamorfik kayaçlarla birlikte grabeni sınırlayan ana fay boyunca sıralanmıştır (Şekil 3.3). Formasyon içerisinde yassı şekilde çapraz-tabakalı kumtaşları, nadir olarak kireçtaşları yer almaktadır. Alaşehir formasyonu gibi Çaltılık formasyonu da Alaşehir Grabeni boyunca sınırlı boyutta gözlenmiştir, fakat Alaşehir-Salihli segmenti boyunca diğerlerine nazaran daha geniş alanda bulunduğu görülmektedir.

Gediz Formasyonu; KB-GD yönlü fay denetimli kuşak boyunca graben tabanının güney kenarının yakınına doğru devam etmektedir. Gediz formasyonu kuzey kenarına doğru iki adet normal fay ile sınırlandırılmışlardır. Buradaki normal faylar metamorfik temel ile bir bağlantı kurmakla birlikte, Alaşehir ve Çaltılık formasyonlarını güneye ve Kuvaterner alüvyon sedimentlerini kuzeye doğru birimlerini taşımaktadır. Stratigrafik olarak herhangi bir temas ilişkisi görülmemesine rağmen birimler Çaltılık formasyonunun üzerini örterler (Şekil 3.4).

Kaletepe/Bintepeler Formasyonu; geniş ölçüde Alaşehir Grabeni'nin güney horst bloğu boyunca, kuzeye doğru incelen bir yapıda görülmektedir. Açısız uyumsuzlukla Gediz formasyonunun üzerini örtmektedir. Bintepeler formasyonu genel olarak grabenin kuzey kenarı boyunca sedimanter birimler şeklinde gözlenmektedir. Formasyon çok iri taneli, dokuca gelişmemiş konglomeralarla başlamaktadır.

Stratigrafik olarak yukarıya doğru tane boyutu küçülmekte ve göle ait kireçtaşı yatakları belirgin olmaya başlamaktadır. Yukarı doğru iyice kireçtaşı miktarı artarak, formasyon kireçtaşlarının baskın olduğu bir hal almaktadır.

Kuvaterner Alüvyon; Alaşehir Grabeni'ni dolduran alüvyon birimler yakın ve uzak alüvyonlar olarak iki grupta toplanabilir. Yakın alüvyonlar kaotik (düzensiz), çapraz tabakalı konglomeralar, çapraz tabakalı kumlar ve ince taneli birikintilerin baskın olduğu birimlerdir. Gediz Nehri'nin kıvrımlı kanal sistemi, eksen boyunca nehir sistemini kontrol etmektedir. Uzak alüvyal yelpaze sedimentleri ile birlikte, nehir sisteminin birikintileri, kum ve çamurların baskın olduğu uzak Kuvaterner alüvyon birimlerini oluşturmaktadır. Genel hattıyla Kuvaterner alüvyonlara Gediz Nehri'ne ait sedimentlerin hakim olduğu söylenebilmektedir. Yelpaze şekilli sedimanter örtü kayaçları grabenin güney kenarında grabeni sınırlayan fay tarafından kontrol edilmekte ve faya paralel olarak bulunmaktadır. Güney kenarında yelpaze bloklar şeklinde görülen sedimanter örtü kayaçlar normal faylarla sınırlandırılmışlardır. Alüvyal sistemler grabenin güney ve kuzey sınırları boyunca bir arada görülmektedir. Alaşehir grabenini örten birimler klastik kayaçlardan yani başka kayaçların parçalarından oluşmuş kayaçlar şeklinde ya uyumsuz olarak uzanmakta ya da temel kayaç ile birlikte fayla temas halinde bulunmaktadır.

3.2 Çalışma Alanına Ait Derinlik Modelinin Oluşturulması

Çalışma kapsamında Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modelinin oluşturulması için öncelikle bölgeye ait stratigrafik kesitten formasyon bilgileri, derinlikleri ile birlikte kuyu atışlarından elde edilen sismik ara hız değerlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu verilerin yapılan önceki çalışmalardan sağlanması ile gerçekçi bir model üretilmesi amaçlanmıştır. Bu bölümde grabeni oluşturan önemli yapısal unsurlar dikkate alınarak Alaşehir Grabeni'ni temsil eden derinlik modelinin oluşturulması aşamalarından detaylı olarak bahsedilecektir. Bunun için öncelikle Alaşehir Grabeni'nin yapısal çerçevesinin bilinmesi gerekmektedir.

3.2.1 Grabeni oluşturan ana yapıların geometrisi

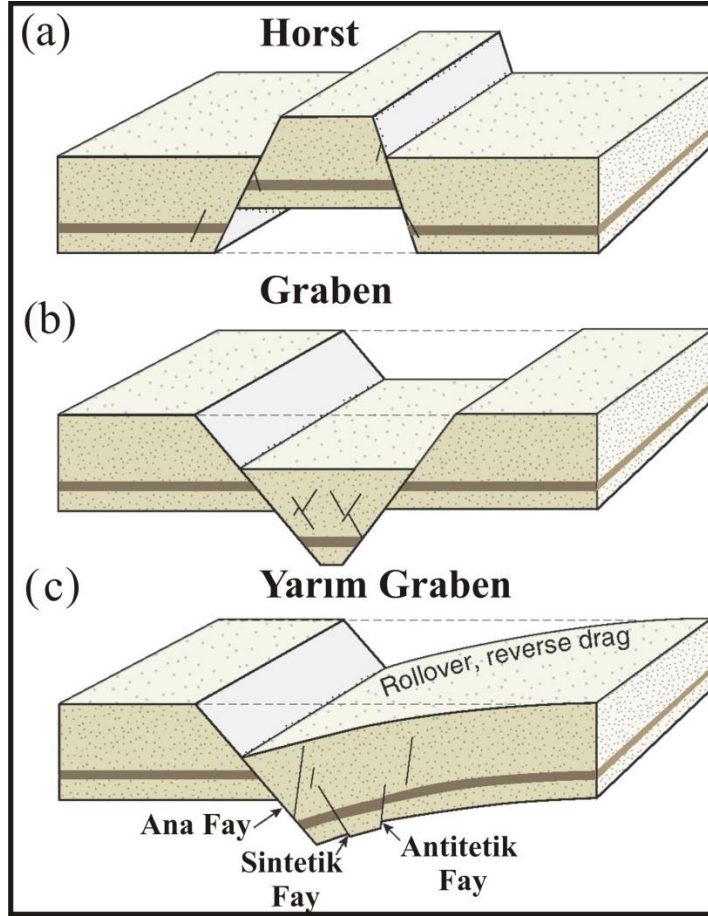
Jeolojik modelin oluşturulmasında önemli olan bir diğer faktör ise grabene ait yapısal gelişimin bilinmesi ve grabeni sınırlayan yapıların geometrisinin belirlenmesidir. Bunun için N.B. Çiftçi, 2007 doktora tezi çalışması kapsamında sismik yansıma

kesitlerinden, Alaşehir Grabeni'nin geometrisini sunan kesit yorumlarından, Alaşehir Grabeni'nin yapısal oluşumunun gösterildiği blok diyagramlardan faydalanılarak gerçeğe yakın bir derinlik modeli oluşturulması amaçlanmıştır.

Alaşehir Grabeni, güney ve kuzey kenarlarında yer alan iki önemli normal fay sistemi tarafından sınırlandırılmıştır (Çiftçi, 2007). Grabeni oluşturan tortullar bir başka deyişle sedimanter örtü kayalarları, güney kenarı boyunca baskın olarak görülerek, çökme sistemi ve genişlemeli deformasyon hakkında birçok bakış açısını açığa çıkarmaktadırlar (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Tüm Miyosen dönemi boyunca aktif güney kenarı ile birlikte Alaşehir Grabeni yarım graben olarak gelişmiştir ve bu aynı zamanda kuzey kenarının Miyosen sonrası grabene doğru faylanması da bir sonucu olarak belirtilmektedir (Çiftçi, 2007).

Graben yapıları iki normal fay arasında aşağı doğru çöken dar ve uzun çukurluklardır (Ketin ve Canitez, 1972). Türkiye için en önemli graben örnekleri Batı Anadolu' da yer alan Alaşehir, Büyük ve Küçük Menderes vadileri gibi sistemler ile bunları çevreleyen yüksekliklerin olduğu bilinmektedir. Her zaman normal fayların yaygın olarak görüldüğü yerlerde simetrik olarak graben ve horst yapıları oluşmayabilir. Sadece normal fay karakterine sahip ana fayın olduğu yerlerde aşağı doğru çökmüş kesimler yarım graben sistemlerini oluşturmaktadırlar. Bölgedeki en büyük faya Ana fay denildiğinde, Alaşehir Grabeni'nde bu fay "MGBF" olarak adlandırılan ve jeolojik haritada gösterilen (Şekil 3.3), grabeni sınırlayan ana fayı temsil etmektedir. Bu fayın derinlere doğru eğimi düşmektedir. Aynı zamanda yarım graben sistemlerinde ana fay ile birlikte antitetik ve sentetik fay türleri de gelişmektedir. Antitetik faylar ana faya doğru bir ters eğime sahipken, sentetik faylar ana fayla aynı yönde eğime sahiptirler. Bu tip yapıların yarım graben sistemlerindeki gösterimi Şekil 3.5' de verilmiştir. İki ayrı normal fay sisteminin birbirlerine doğru dalmaları sonucu aşağı inmiş blok graben olarak bilinmektedir. Aynı zamanda normal fayların birbirlerinden uzaklaşması horst olarak adlandırılan yukarı çıkan blok türünü de yaratmaktadır. Bu bölgede en önemli fay türü, yapıyı oluşturan ana fay yapısıdır. Şekil 3.5' de yarım graben sisteminde ana fay görülmektedir. Alaşehir Grabeni için bu fay "MGBF" olarak adlandırılan güneydeki ana faydır. Graben içerisinde bulunan fay yapıları, ana fayla aynı yönde eğime sahip sentetik faylar ve ana faya doğru ters eğime sahip antitetik faylar ile ilişkilendirilmektedirler. Bu tanımlamalar göreceli olmakla birlikte, sadece küçük fayların özel geniş ölçülü faylara bağlı olduğu zaman

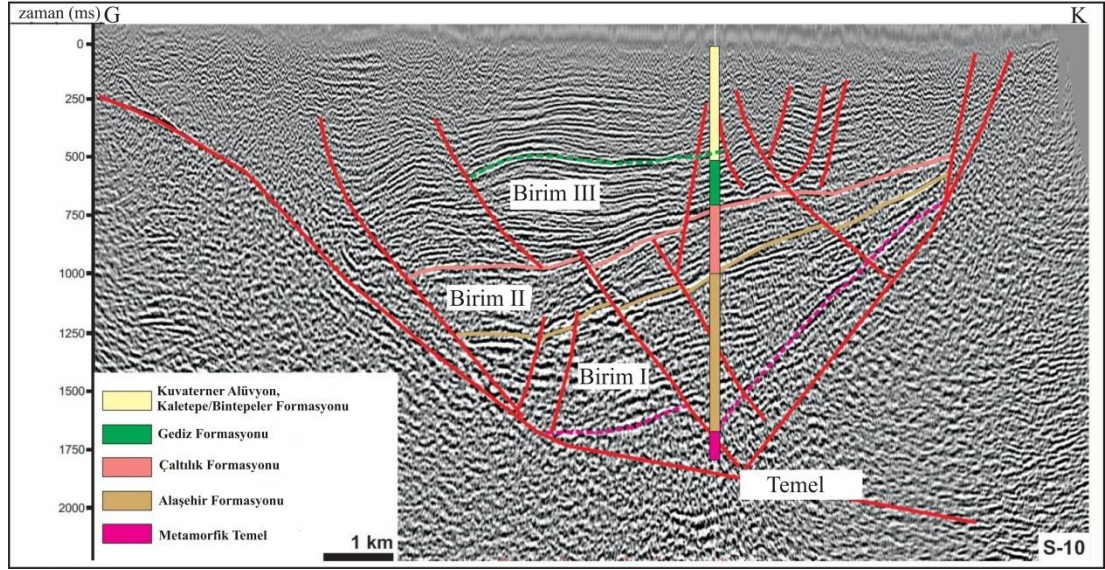
anlam kazanmaktadırlar. Alaşehir Grabeni'nde ana fay ile buna bağlı olarak gelişen antitetik ve sintetik fay özellikleri için bölgede yapılan iki boyutlu (2D) sismik yansıma kesitlerinden elde edilen sonuçlar da dikkate alınmıştır.



Şekil 3.5 : a) Horst yapısı b) Simetrik graben yapısı c) Asimetrik graben yapısı, yarım graben olarak da bilinmektedir. Antitetik ve sintetik faylar ana fay ile birlikte şekilde gösterilmiştir (Fossen, 2010).

Alaşehir Grabeni'nde Miyosen dönemine ait Alaşehir, Çaltılık ve Gediz formasyonları ile Miyosen sonrası Kaletepe/Bintepeler formasyonu ve alüvyon birimleri grabenin litolojisini oluşturan yapılar olarak dikkat çekmektedirler. Ayrıca Miyosen dönemi yarım graben düzeninden, Miyosen sonrası graben düzenine kadar olan dönemde graben mimarisindeki değişimle birbirlerinden ayrılmaktadırlar ve litostratigrafik formasyonlar arasındaki bu özellik, sismik kesitlerde stratigrafik birimler şeklinde iyi bir eşlenme ile gösterilmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Şekil 3.6' da S-10 olarak adlandırılan sismik kesitin yorumlanarak Alaşehir-1 kuyusu ile karşılaştırıldığı kombinasyonu gösterilmiştir. Aynı zamanda sismik stratigrafik birimler de kesit üzerinde belirtilmiştir. Bu hattın lokasyonu Şekil 3.3' de

görülmektedir. Burada litostratigrafik formasyonların Alaşehir-1 kuyusu ve stratigrafik birimler ile iyi bir korelasyona sahip olduğu görülmektedir (Çiftçi, 2007).

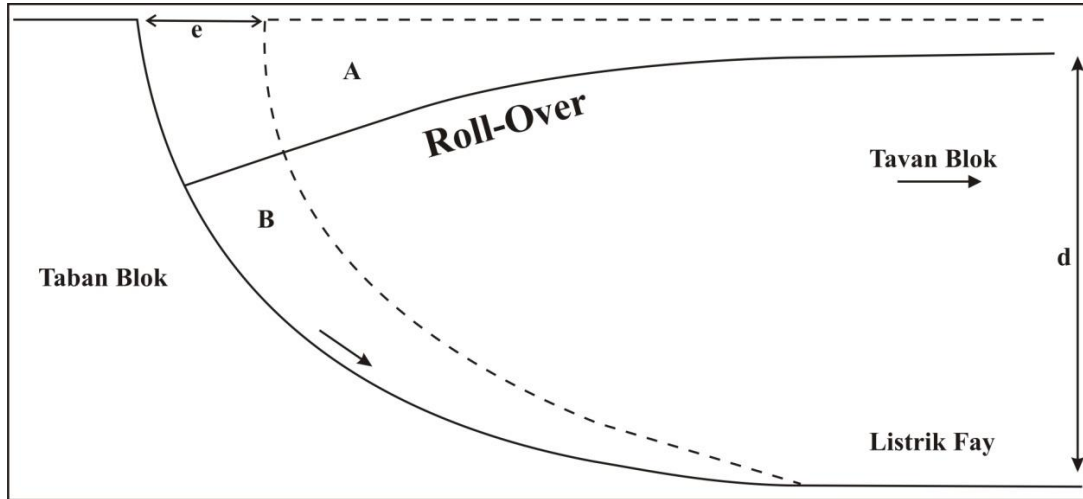


Şekil 3.6 : S-10 olarak adlandırılan sismik kesit ana yorumları Alaşehir-1 kuyusu ile birlikte gösterilmektedir. Düşey eksen zamanı (milisaniye) olarak, yatay ekseninde gösterilen skala ile belirtilmiştir (Çiftçi, 2007' den alınmıştır).

Birim-I' de Alaşehir-1 kuyu verisi ile korelasyonu sonucunda metamorfik temel üzerine uzanan Alaşehir formasyonunun belirgin olduğu görülmektedir ve birimin kalınlığı güneyden kuzeye doğru görünür şekilde azalmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2009a). Birim-II, Birim-I' in üzerini örtmektedir ve yansıtıcının neredeyse grabenin güney kenarında bulunan grabeni sınırlayan ana faya paralel olduğu ve hemen hemen fay düzlemine doğru daha dik eğime sahip olduğu görülmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2009a). Grabeni sınırlayan ana faydan uzakta eğim gitgide düşmekte ve yansıtıcılar temeli oluşturan Birim-I' e doğru teğetsel olmaya başlamaktadırlar. Alaşehir Grabeni içinde bulunan sedimanter örtü kayaçları güneyden kuzeye doğru incelen bir geometri yapısına sahiptirler (Çiftçi ve Bozkurt, 2009a). Bu özellik "roll-over" geometri yapısına işaret etmektedir. Aynı şekilde yansıma yüzeylerinin özellikleri de aynı yönde değişmektedir. Yansıma kesitinin yorumlanması sonucunda fayın eğiminin yukarısında kalan bölümün yani tavan bloğunun baskın roll-over katlama geometrisinin bir göstergesi olduğu söylenebilmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Birim-II' nin, Çaltılık formasyonu ile bağlantısı kurulurken, aynı zamanda alüvyal yelpazelerin konglomeraların düzensiz olarak bulunduğu yorumu yapılabilir (Çiftçi, 2007). Birim-III ise Birim-II' nin üzerini örtmekte ve neredeyse yatay yansıtıcılar birbirlerinin üzerine binerek (onlap) temel birimin üzerinde tanımlanmaktadır. Birim-

III birden fazla formasyonla bağlantılıdır. Bunlar Gediz, Kaletpe/Bintepeler ve Kuvaterner Alüvyondur. Kaletpe/Bintepeler formasyonu ile Kuvaterner alüvyon birimleri arasındaki sınırdan yansıma yüzeyleri belirgin olarak seçilememektedir. Sismik kesit üzerinde yapılan yorumlar sonucunda Miyosen döneminde Alaşehir, Çaltılık ve Gediz formasyonları tane boyutlarındaki farklılık ve güneyden kuzeye doğru tabaka kalınlıklarındaki incelmeye ile yarım graben geometrisini vurgulayarak tanımlanmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010).

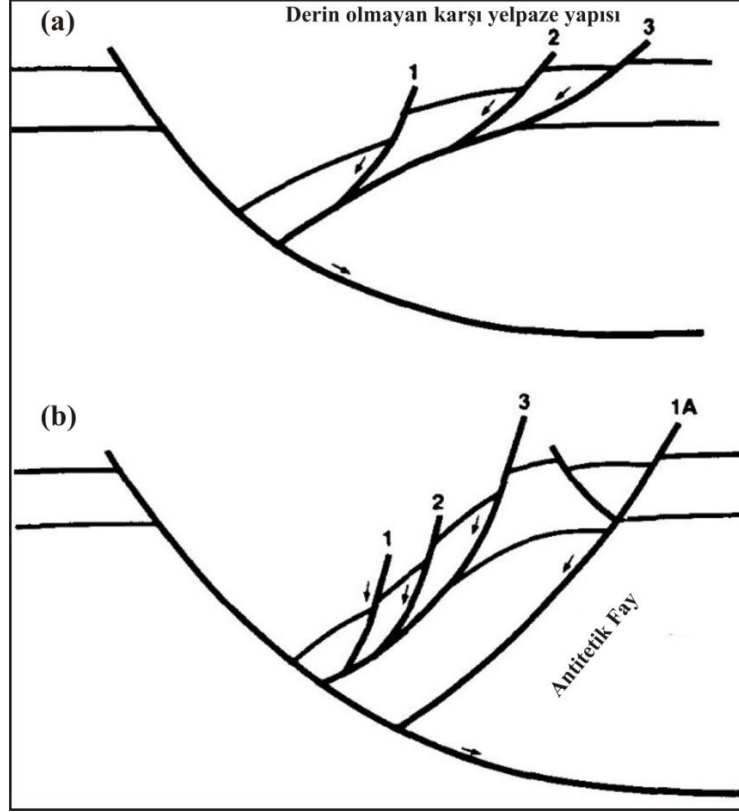
Alaşehir Grabeni'ni sınırlayan ana fayın derinlere doğru eğim açısı düşen, listrik fay özelliğine sahip olduğu sismik kesitler üzerinde de yorumu yapılarak belirtilmiştir. Genişlemeli havzalar hem listrik hem de düzlemsel normal faylarca geliştirilmiş horst, graben ve teras sistemleri ile fay kenarlarıncı nitelendirilmektedir (Gibbs, 1984). Genişlemeli havzaların kenarları iki grup fayla ilişkilendirilmektedir. Bunlardan ilki havzaya kadar inen kenarları tanımlayan antitetik faylar ve havzanın eğilimine paralel koşan normal faylardır, ikincisi ise az sıklıkta rastlanılan yüksek açılarda ve uzunlamasına ofsete sahip grup şeklinde olan fay türleridir, bu türe örnek olarak transfer fay gösterilebilir (Gibbs, 1984). Listrik fay üzerinde yer değiştirmenin olması durumunda tavan ve taban blok arasında bir açılma olmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Genişlemenin sonucu olarak derinlerde sıyrılma fayı özelliğindeki listrik fay modelinde gelişen roll-over modeli temsil edilmektedir. A ve B bölgeleri birbirine eşittir (Gibbs, 1984).

Şekil 3.7' de genişleme olması durumunda tavan ve taban blok arasında meydana gelen açılma (e) ile birlikte fayın eğiminin yukarısında kalan tavan blok kısmında meydana gelen deformasyon sonucu listrik faya doğru oluşan roll-over geometrisi gösterilmektedir. Derinde sıyrılma fayı üzerindeki genişlemenin sonucu olarak roll-

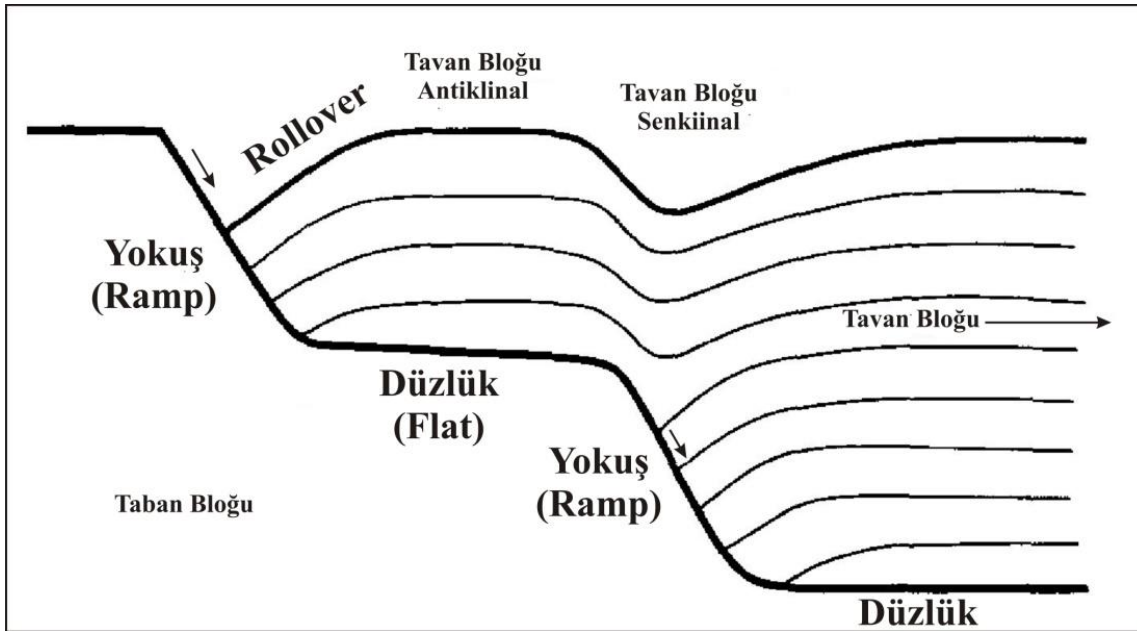
over modeli meydana gelmektedir (Gibbs, 1984). Bu modelde tabakaların incilmesi çeşitli eğim geometrileri ile birlikte antitetik veya ana faya karşı yapılara neden olan roll-over geometrisini üretmektedir (Gibbs, 1984). Şekil 3.8’ de bu tarz geometriye sahip yapılarda meydana gelen antitetik faylar bloklar şeklinde ve tavan blokta yer alan birimler içerisinde görülmektedir.



Şekil 3.8 : a) Roll-over geometrisinde oluşan antitetik faylar yatay tabakalanmalar üzerinde sıkı kısımlarda başlamaktadır. b) Hem sıkı hem de derin antitetik fayların roll-over geometrisi üzerinde gösterilmektedir. Artan genişleme deformasyonu ile antitetik faylanmalarda artış meydana gelmektedir (Gibbs, 1984).

Alaşehir Grabeni’nde gözlenen bu roll-over geometrisi ile birlikte grabende yer alan sedimanter örtü kayaçları yelpaze şeklinde grabeni doldurmaktadırlar ve kalınlıkları güneyden kuzeye doğru incelmektedir. Derinlik modeli oluşturulurken bu geometri yapısı da dikkate alınmıştır. Alaşehir Grabeni’nin güney kenarı boyunca grabeni sınırlayan Ana Fay (MGBF), temel metamorfikler ve sedimanter örtü kayaçlarının temasını sağlayan önemli bir yapıyı oluşturmaktadır. Yüksek açılı faylar ise genellikle antitetik ve sentetik fay özellikleri ile birlikte grabeni sınırlayan ana fayı ayırmakta ve burdaki fayın rotasyonu ile sonuçlanmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Antitetik faylar listrik fayın olduğu yerlerde azalmaya eğilimlidirler fakat sonlanmazlar ve taban bloğuna doğru roll-over dalımı şeklinde dönerek devam

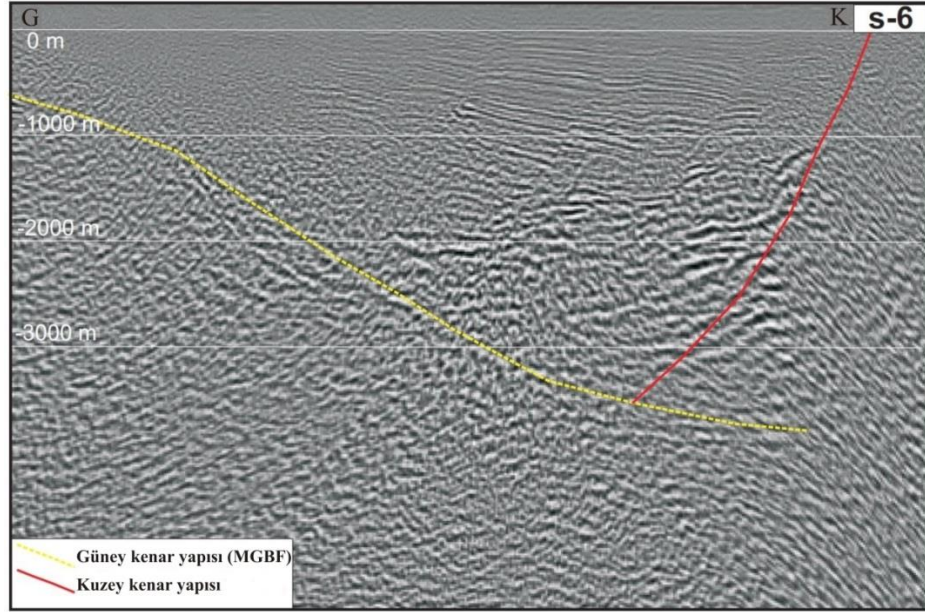
ederler (Gibbs, 1984). Güney kenarı boyunca grabeni sınırlayan ana fayın (MGBF) bir diğer dikkat çeken özelliği de sahip olduğu "yokuş-düzlük-yokuş" (ramp-flat-ramp) geometrisidir. Bu geometri Alaşehir Grabeni'ni sınırlayan ana fay için tutarlı bir yorum olarak söylenebilir (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Şekil 3.9' da yokuş-düzlük-yokuş geometrisinde listrik fay taban bloğu üzerinde düzlük ve yokuşla birlikte kaçınılmaz olarak tavan bloğunda antiklinal ve senklinal yapısı oluşturmaktadır. Antitetik faylanmalar tavan bloğunun üzerinde fayın yokuş kısmına karşılık gelişmektedir (Gibbs, 1984). Bu açılma rejimine bağlı olarak gelişen yokuş-düzlük-yokuş geometrisi fay düzleminde düzlükten yokuşa geçişlerinde, fayın tavan bloğu antitetik fayla karşılaşıyorsa burada tavan bloğunda bir yükselmeye sebep olmaktadır.



Şekil 3.9 : Taban bloğu üzerinde yokuş-düzlük-yokuş geometrisinin tavan bloğunda ortaya koyduğu kıvrımlı yapılar (Gibbs, 1984).

Alaşehir Grabeni'nde elde edilen sismik kesitler sonucunda jeofiziksel kanıtlar, güney kenarını sınırlayan ana faya ait (MGBF) "yokuş-düzlük (ramp-flat)" geometri yapısını sunmaktadırlar (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Bu yokuş-düzlük geometrisinden bu bölge için Sözbilir (2002) kaynağında da bahsedilmiştir. Bu tip geometriye sahip yapılarda ayrıca kama şeklinde fay blokları ve içlerini dolduran birimler yokuş-düzlük fayı üzerinde gelişebilir. Tavan bloğunu izleyen kısımlarda yelpaze şekilli bloklar halinde listrik fayın üzerinde geliştiği görülmektedir (Fossen, 2010). Alaşehir Grabeni'nde de bu yelpaze şekilli bloklar halinde ana fayla aynı eğime sahip sentetik fay yapıları grabenin güney kenar ucunda görülmektedir. Bu özelliği de derinlik

modelinin oluşturulmasında dikkate alınmıştır. Alaşehir Grabeni'nde elde edilen sismik kesitlerde güney sınır fayı kadar kuzey kenarında baskın olarak görülen normal fay da önemli bir yapıyı teşkil etmektedir. Şekil 3.10' de S-6 sismik yansıma kesitinde grabenin güney ve kuzey kenarında yer alan ana yapılar gösterilmektedir. Kuzey kenarındaki fay, MGBF (grabenin sınırlayan ana fay)' nin antitetik fayıdır ve grabeni sınırlayan ana faya göre daha dik eğime sahip olduğu kesitte görülmektedir (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Bu hattın da lokasyonu Şekil 3.3' de görülmektedir.



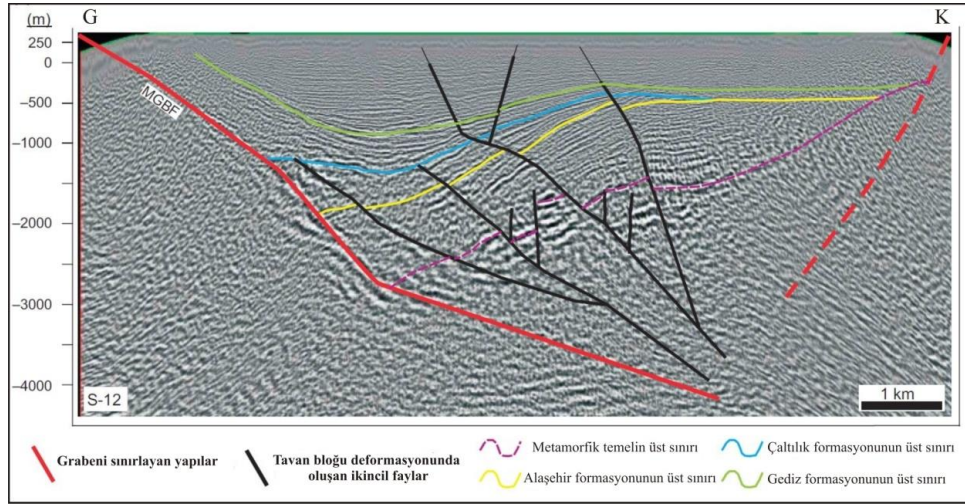
Şekil 3. 10 : S-6 sismik kesitinde Alaşehir Grabeni'nin kuzey kenarını sınırlayan fay gösterilmektedir. Bu yapı yaklaşık olarak 45-50° eğime sahip güney kenarını sınırlayan ana fayın antitetik fayıdır (Çiftçi, 2007' den alınmıştır).

Şekil 3.11' de ise grabenin kuzey kenarında bulunan antitetik fay ile grabeni dolduran sedimanter örtü kayaçlar ve metamorfik temele ait yansıma yüzeylerinin de görüldüğü "S-12" isimli yorumlanmış sismik yansıma kesiti görülmektedir.

Özellikle S-6 ve S-12 no' lu sismik kesitlerde Alaşehir Grabeni'ni dolduran tortullar çok sayıda ikincil faylar ve özellikle kuzey kenarını sınırlayan yapılar tarafından deforme edilmiştir (Çiftçi, 2007).

Grabende bulunan antitetik ve sintetik özellikteki fay yapılarının daha genç sedimanter birimlerde eğimlerinin arttığı yorumu S-12 sismik kesitinden yapılabilmektedir. İkincil fay yapıları hem sintetik hem de antitetik faylar şeklinde kuzeyi sınırlayan ana faya doğru gözlenmektedir. Sismik kesitlerde fay düzlemlerinde yer değiştirmenin yukarıya doğru azalmakta olduğu açıkça görülmektedir ve en üstteki tabakalara doğru çözünürlük düşmektedir (Çiftçi, 2007).

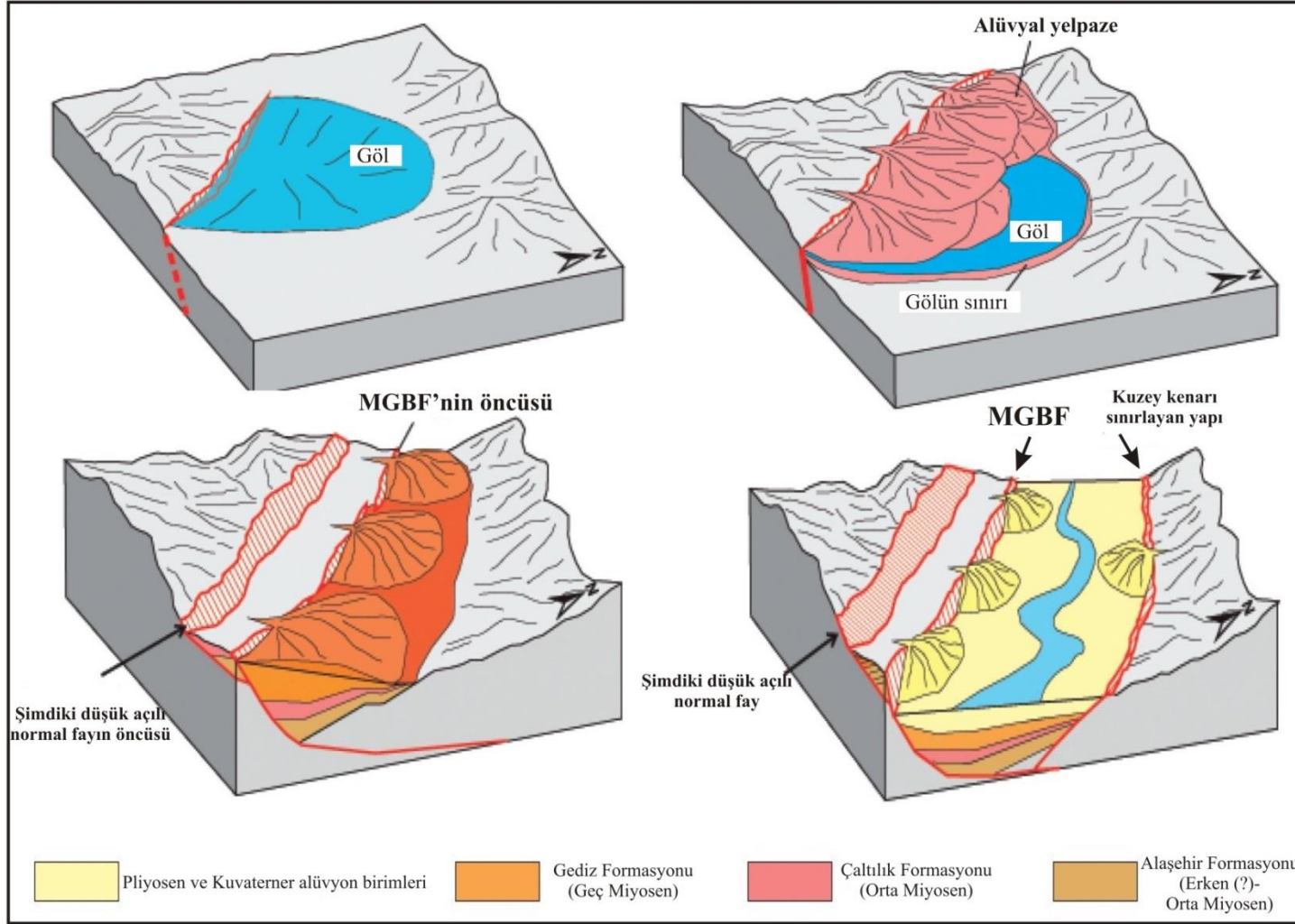
Kuzey sınır fayının metamorfik temel içerisinde ilerlemesi yansıma kesitinde çok daha zor bir yorumlamaya neden olmuştur. Sismik hız değerlerinde fark olmaması metamorfik temel içerisine uzanan kuzey sınır fayının yorumunu zor hale getirmiştir. Bu fay güney sınırındaki ana fay ile hem kesişebilir hem de o faya kadar uzanamayabilir. Bu iki ihtimal durumu, farklı sismik kesitler üzerinde gösterilmiştir. Derinlik modelinde ise bu iki fayın kesiştiği bir model öngörülmüştür.



Şekil 3.11 : S-12 sismik kesitinde Alaşehir Grabeni’ni sınırlayan ana yapılar ve graben dolgularının genel deformasyon karakteristikleri görülmektedir. Düşey eksen deniz seviyesinin altında derinliği göstermektedir. Tavan bloğu deformasyonunda antitetik ve sentetik faylar baskın olarak yer almaktadır (Çiftçi, 2010’ dan alınmıştır).

3.2.2 Grabeni dolduran birimlerin oluşum evrimi

Alaşehir Grabeni’nin güneyinde bulunan, grabeni sınırlayan güney sınır fayı ile kuzey kenarında daha dik eğime sahip antitetik fay özelliğinde olan kuzey sınır fayı, grabeni oluşturan önemli yapıların başında gelmektedirler. Ayrıca graben içerisinde gözlenen antitetik faylanmalar ve sentetik faylanmaların gelişimi ile birlikte açılma rejimine bağlı olarak formasyonların graben içerisinde roll-over geometrisine sahip olduğu elde edilen veriler ve yorumlanan sismik kesitlerce ilgili kaynaklarda (Çifçi ve Bozkurt, 2009a,b,2010) ortaya konulmuştur. Bu geometrilerin oluşumunun ve formasyonların graben içerisini doldurmalarının gelişiminden kısaca bölüm içerisinde bahsedilecektir. Sismik kesitlerde grabeni oluşturan sedimanter birimlerin grabenin güney kenarında baskın olduğu ve daha kalın bulunduğu ve kuzeye doğru incelendiği görülmüştür. Bu nedenle Miyosen yaşlı birimlerin kalınlık dağılımının kuzeye doğru incelendiği bir geometrik özelliğe sahip olduğu söylenebilir. Bir diğer taraftan Miyosen sonrası formasyonların dağılımının tekdüze olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 12 : Alaşehir Grabeni'nin oluşum evreleri aşamalı olarak şematik diyagramlar şeklinde gösterilmiştir (Çiftçi ve Bozkurt, 2010).

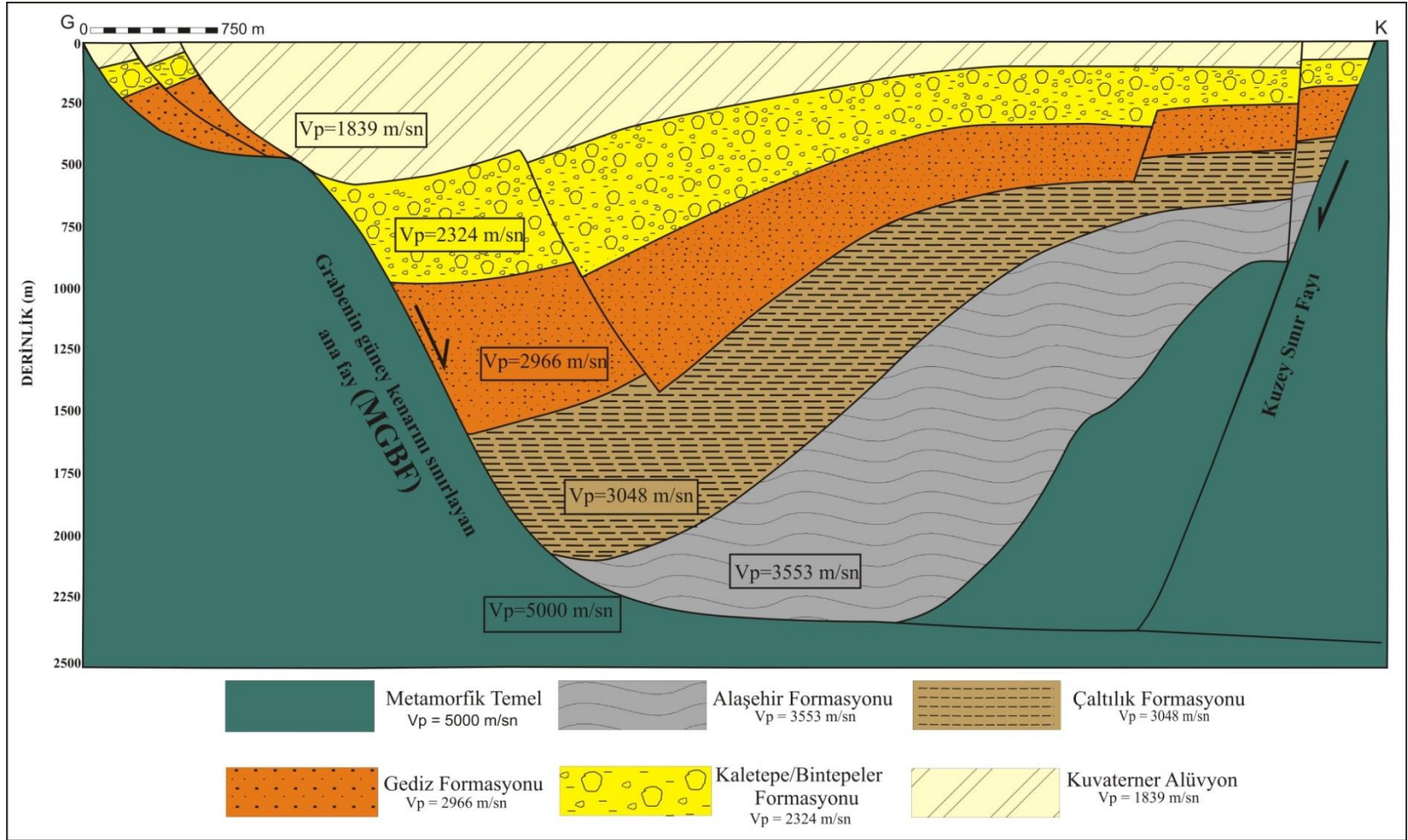
Grabeni çevreleyen sınırlar arasında graben bloğunun çökeldiğini akla getiren öneri, Miyosen sonrası kuzey kenarında bulunan yapıların aktivitelerinin sınırlı olduğunu gösterir (Çiftçi ve Bozkurt, 2009b). Grabenin bütün gelişimi, stratigrafik mimarisini ortaya koyacak şekilde Çiftçi ve Bozkurt, 2010 kaynağında tabakaların kademeli değişimleri ile birlikte birleştirilmiş olarak gösterilmiştir. Şekil 3.12' de, genel olarak Alaşehir Grabeni'ni oluşturan birimlerin adım adım gelişimi blok diyagramlar şeklinde gösterilmektedir. Graben, Alaşehir alt-havzasında küçük gölsel havza olarak başlamıştır. Genişlemenin artmasıyla birlikte sınır fayı batıya doğru daha fazla uzamıştır ve Alaşehir alt-havzası batıya doğru genişlemiştir. Grabenin güney kenarında uzanan ana fay, hala aktif olmakla beraber, Gediz formasyonunun dağılımını başlatan ve kontrol eden MGBF olarak adlandırılan güney sınır fayıdır. Şekil 3.12d' de Miyosen sonrası periyotta MGBF yapısının bugünkü gelişimi görülmektedir ve bu evrime kuzey sınır fayının başlangıcı eşlik etmiştir (Çiftçi ve Bozkurt, 2010). Grabene ait formasyonlar, kalınlıkları güneyden kuzeye doğru azalacak şekilde bu iki normal fay arasında çökelmişlerdir. Herbirinin evriminin gerçekleştiği tahmini jeolojik zamanlar şeklinde belirtilmiştir. Kuvaterner alüvyon örtü kayalarında özellikle flüvyal yani nehirden taşınmış alüvyal malzemeler baskındır.

3.3 Modelleme Çalışması İçin Öngörülen Derinlik Modeli

Bu bölümde ilk olarak Alaşehir Grabeni'nin stratigrafik yapısından, sondajdan elde edilen formasyonlar ve derinliklerinden, grabeni güney ve kuzey kenarlarından sınırlayan ana yapılardan (MGBF ve antitetik fayı olan Kuzey sınır fayı) ve bu yapıların geometrilerinden, grabeni dolduran birimlerin geometrilerinden ve oluşum evrelerinden bahsedilmiştir. Bir sonraki aşama ise, Alaşehir Grabeni'nin jeofiziksel sonucunun elde edilmesi yani grabenin iki boyutlu (2D) yapay sismik yansıma kesitleri şeklinde sunulması için çalışma alanına ait bir derinlik modelinin oluşturulmasıdır. Bu modelde öncelikle formasyon bilgileri için Şekil 3.4' de görülen sondaj kuyularından "Alaşehir-1" sondaj kuyusu dikkate alınmıştır. Sismik hızlar ise aynı kuyuda TPAO tarafından yapılan kuyu atışlarından elde edilen sismik ara hız bilgileri kullanılarak oluşturulmuştur. Derinlik modelinde güney ve kuzey kenarlarını sınırlayan yapılar grabenin ana yapısını oluşturmaktadırlar. Özellikle güney kenarı boyunca uzanan MGBF olarak adlandırılan fay, sedimanter örtü kayaları ile temel

metamorfik birimleri birbirlerinden ayıran önemli bir yapısal unsurdur. Bu fay "yokuş-düzlük" geometrisine sahip olan, derinlere doğru eğim açısı düşen listrik fay karakterindeki ana faydır. Kuzey kenarında yer alan fay ise, bu fayın antitetik fayı özelliğinde olan Kuzey sınır fayıdır. Derinlik modelinde bu fayın güney sınır fayı ile derinlerde keştiği öngörüsünde bulunulmuştur. Ancak metamorfik birimlerin içerisinde geçen kuzey sınır fayının devamının yapay sismik yansıma kesitlerinde fark edilebilmesi için modellemede fayın taban ve tavan blokları arasında düşük hız kontrastı katılmıştır.

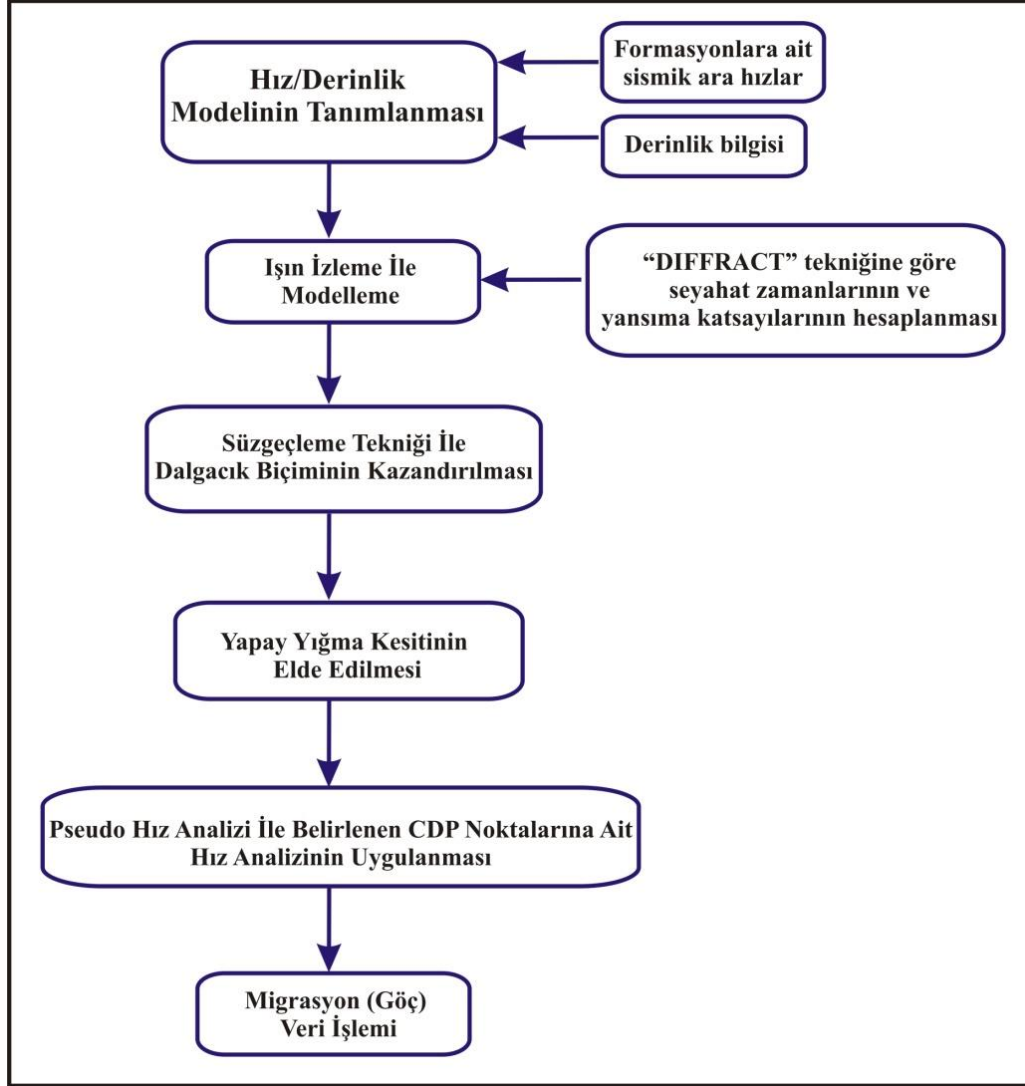
Şekil 3.13' de grabeni oluşturan ana yapıların özelliklerini ve formasyonları temsil eden derinlik modeli gösterilmektedir. Modelde düşey eksen derinlik (m) olarak, yatay eksen de belirtilen ölçek ile birlikte yaklaşık 7500 m genişliğini göstermektedir. Şekilde yatay ve düşey ekseninde yaklaşık olarak 1.5 katı kadar bir abartma söz konusudur. Derinlik modelinde grabenin genel jeolojisini oluşturan sedimanter örtü kayaçları (Alaşehir formasyonu, Çaltılık formasyonu, Gediz formasyonu, Kaletepe/Bintepeler formasyonu ve Kuvaterner alüvyon) ile temel (metamorfik) kayaçlar görülmektedir. Bu sedimanter birimler graben içerisinde "roll-over" geometrisi düzeninde bulunmaktadır. Grabeni dolduran birimler güney sınır fayına doğru yelpaze şeklinde daha kalın, kuzey sınır fayına doğru ise yataylaşarak daha incelen birimler olarak dikkat çekmektedirler. Grabenin kuzey kenarında graben içerisindeki antitetik fayları temsil etmesi adına 2 adet antitetik fay yapısı öngörülmüştür. En kuzey kenarında dik eğime sahip olan antitetik fay, metamorfik temel yüzeyi ile kuzey sınır fayını birleştiren yapısal unsur olarak dikkat çekmektedir. Aynı zamanda graben içerisinde formasyonları kesen, ana faya paralel sentetik fay derinlik modelinde oluşturulmuştur. Ayrıca grabenin güney kenarında ana fayın sahip olduğu geometrik yapısından dolayı yelpaze bloklar şeklinde sedimanter örtü kayaçlarını sınırlayan sentetik faylanmalar da görülmektedir. Alaşehir formasyonu roll-over geometri etkisiyle grabenin en tabanında yer alarak, ondülasyonlu bir yapıya sahiptir. Bir sonraki aşamada, sismik modellemede düz çözüm yöntemiyle Alaşehir Grabeni'ne ait iki boyutlu (2D) yapay sismik yansıma kesitlerinin elde edilmesi için başlangıç modeli olarak oluşturulan bu derinlik modeli (Şekil 3.13) kullanılmıştır. Bölüm 4' de derinlik modelindeki özellikler dikkate alınarak oluşturulan yapay yansıma kesitlerinden yani alanın jeofiziksel cevabından detaylı olarak bahsedilecektir.



Şekil 3.13 : Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modeli.

4. ÇALIŞMA ALANININ SİSMİK MODELLEMESİ

Bu bölümde Batı Anadolu' da bulunan graben sistemleri içerisinde önemli bir yer tutan Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modeli dikkate alınarak düz çözüm yöntemiyle jeofiziksel cevabın elde edilmesi amaçlanmıştır. Kesitler Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketindeki ilgili modüller kullanılarak oluşturulmuştur. Yapay sismik yansıma kesitlerinin oluşturulması için Şekil 4.1' de gösterilen modelleme adımları sırasıyla uygulanmıştır. Modelleme adımları için kullanılan komutlara ait parametre tabloları ve program çıktıları çizelgeler şeklinde ekler kısmında yer almaktadır.



Şekil 4.1 : Sismik modelleme adımları.

Modelleme adımlarının başında öncelikle çalışma alanına ait derinlik modeli baz alınarak iki boyutlu "Hız/Derinlik" modelinin veri tabanına kaydedilmesi gelmektedir. Bu adım aslında bir veri işlem adımı değildir. Modelleme için gerekli olan bir ön işlemdir. Bu adım için formasyonlara ait sismik hızlar ve arayüzeylere ait derinlik bilgileri gerekli modüller kullanılarak tanıtılmaktadır. Yığma kesitinin elde edilmesi için bu derinlik/ hız modeli kullanılarak ışıın izleme yöntemi uygulanmıştır. Süzgeçleme tekniği ile dalgacık biçimi kazandırılarak derinlik modeline karşılık gelen yapay sismik yığma kesiti oluşturulmaktadır. Bu yığma kesitine gürültü ilave edilerek gerçekçi bir yansıma kesiti oluşturulması amaçlanmış, ayrıca gürültülü verilerde saçılma enerjilerinin genliklerindeki değişim irdelenmiştir. Elde edilen gürültülü yapay sismik yığma kesitinin ardından 3 farklı sismik hız türü kullanılarak sismik göç kesitleri elde edilmiştir.

Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modelinde yer alan jeolojik yapı dikkate alınarak hız/derinlik modeli "VELMOD" modülü kullanılarak tanıtılmıştır. VELMOD modülü içerisindeki en önemli komut "HORIZON" komutudur. Bu komut ile modeldeki bütün arayüzeyler, grabeni sınırlayan ana fay (MGBF), sentetik ve antitetik faylanmalar gibi jeolojik yapılar derinlik ve hız bilgilerini içerecek şekilde tanıtılmıştır. Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem programında ışıın izleme yöntemiyle düz çözüm modellemesini yapan modül "MODRAY" komutudur. Modray komutunda çift yol seyahat zamanları ile yansıma katsayıları hesaplanmaktadır. Ayrıca süzgeçleme tekniği ile kaynak dalgacık biçimi kazandırılmaktadır. Bunun için "FILTER" modülü kullanılmıştır. Süzgeçleme işleminde bant geçişli minimum fazlı süzgeçleme türü tercih edilmiştir. Dinamit gibi patlatmalı kaynakların kullanıldığı sismik kayıtlarda arayüzeylerden gelen yansılarda dalga treninin başladığı zamandan (onset) itibaren dalgacığın enerjisinin çoğu ön tarafında toplanmış olur ki bu da minimum fazlı dalgacığa karşılık gelmektedir. Yığma kesitlerinin elde edilmesinden sonraki adım ise, göç için gerekli olan hız analizinin uygulanmasıdır. Yapay yığma kesitlerinde pseudo hız analizi ile sismik ara hız değerleri kullanılarak, modeli en iyi tanımlayabilecek CDP noktaları seçilip, çift-yol seyahat zamanlarına karşılık sismik hız bilgileri tanıtılmıştır. Bu adım için "DEFINE ve HANDVEL" komutları veri işlem programında kullanılmaktadır. Veri tabanına kaydedilen hız analizi bilgileri ile birlikte göç veri işlemi uygulanarak göç kesitleri elde edilmektedir. Bu adım için

"MIGRATX" modüllü kullanılmıştır. Çalışmanın amaçlarından birisi de elde edilen göç kesitlerini farklı sismik hızlar için türeterek, sismik hızların sonuçlarının test edilmesidir. Bunun için TPAO tarafından bölgede açılan Alaşehir-1 sondaj kuyusundan elde edilen sismik ara hız değerleri kullanılarak, gerekli matematiksel ifadelerle ortalama ve Karekök ortalama (RMS) hız değerleri hesaplanmış ve hız analizi ile birlikte göç veri işlemine uygulanmıştır. Böylelikle sismik ara hızlar, ortalama hızlar ve RMS hız değerleri için üç adet farklı göç kesiti türetilmiştir. Sonuçlar detaylı olarak bu bölümde tartışılacak ve kullanılan ilgili modüllerden kısaca bahsedilecektir.

4.1 Yapay Sismik Yığma Kesitinin Oluşturulması

Yığma kesitinin oluşturulması birçok adımı beraberinde içermektedir. İlk olarak bölgeye ait Hız/Derinlik modelinin oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle çalışma alanına ait derinlik ve derinliğe karşılık sismik hız bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışma kapsamında bu bilgiler Demircioğlu-Kolenoğlu, D. (2009) tarafından yazılan yüksek lisans tezinde yer alan TPAO tarafından Alaşehir-1 sondaj kuyusunda yapılan kuyu atışından elde edilen sismik ara hızlar ve Çiftçi, N. B. (2007) tarafından yazılan doktora tezinden ise formasyonlar ve formasyonlara ait derinlik bilgileri referans alınarak kullanılmıştır.

4.1.1 Bir boyutlu (1D) yapay yığma kesitinin oluşturulması

Bu çalışmada ilk olarak çalışma alanında yapılan kuyu atışlarından elde edilen formasyonlara ait derinlik ve ara hız bilgileri kullanılarak bir boyutlu yığma kesitinin oluşturulması amaçlanmıştır. Sismik ara hızlarla derinliklere ait bilgiler bölgede açılmış sondaj kuyusuna ait kuyu kontrol atış (check-shot) bilgilerinden yararlanılarak belirlenmiştir (Demircioğlu-Kolenoğlu, 2009). Bölgede açılan sondaj kuyusunda yaklaşık 2062 metre derinliğe kadar kuyu atışları yapılmıştır. Kuyu kontrol atışında kuyu tabanına bir alıcı (jeofon) indirilerek, yüzeyde hava tabancası kaynağı kullanılıp yapılan atışlar ile belirlenen seviyelerde durdurulan alıcı tarafından sinyaller algılanmaktadır ve sayısal olarak yüzeyde bulunan kayıtçı tarafından kayıt edilmektedir. Burada amaç yeraltındaki tabakalara ait hız bilgisinin elde edilmesidir. Bilinen derinlikler için düşey tek yol-seyahat zamanı ölçülmektedir.

Kuyu atışları ile belirli derinlikler için sismik ara hız değerleri elde edilmiştir. Buradan elde edilen düşey derinliklere karşılık elde edilen sismik ara hız değerleri Çizelge 4.1' de gösterilmektedir. "RDGDD" referans düzlemine göre düşey derinlik değerlerini metre cinsinden, "RDGAH" referans düzlemine göre ara hız değerlerini m/sn cinsinden çizelgeye işlenmiştir.

Çizelge 4.1 : Kuyu kontrol atışında elde edilen ara hız ve derinlik değerleri (Demircioğlu-Kolenoglu, 2009).

Atış No	RDGDD (m)	RDGAH (m/sn)
63	140.90	1531
62	192.90	1984
61	262.90	2003
60	302.90	2026
59	402.90	2184
58	502.90	2301
57	602.90	2464
56	647.90	2649
55	746.90	2649
54	767.90	2857
53	912.90	3305
52	942.90	2895
51	996.90	3124
50	1012.90	3375
49	1037.90	3142
48	1062.90	3090
47	1082.90	3022
46	1112.90	2725
45	1137.90	2723
44	1162.90	2390
43	1187.90	2741
42	1212.90	2924
41	1237.90	2178
40	1262.90	3893
39	1287.90	2564
38	1312.90	2618
37	1337.90	4105
36	1362.90	2703
35	1387.90	3218
34	1412.90	2938
33	1437.90	2915
32	1462.90	2736
31	1487.90	3573
30	1512.90	3182
29	1537.90	2375
28	1562.90	4042
27	1586.90	3123
26	1612.90	3032

Çizelge 4.1 (devam) : Kuyu kontrol atışında elde edilen ara hız ve derinlik değerleri.

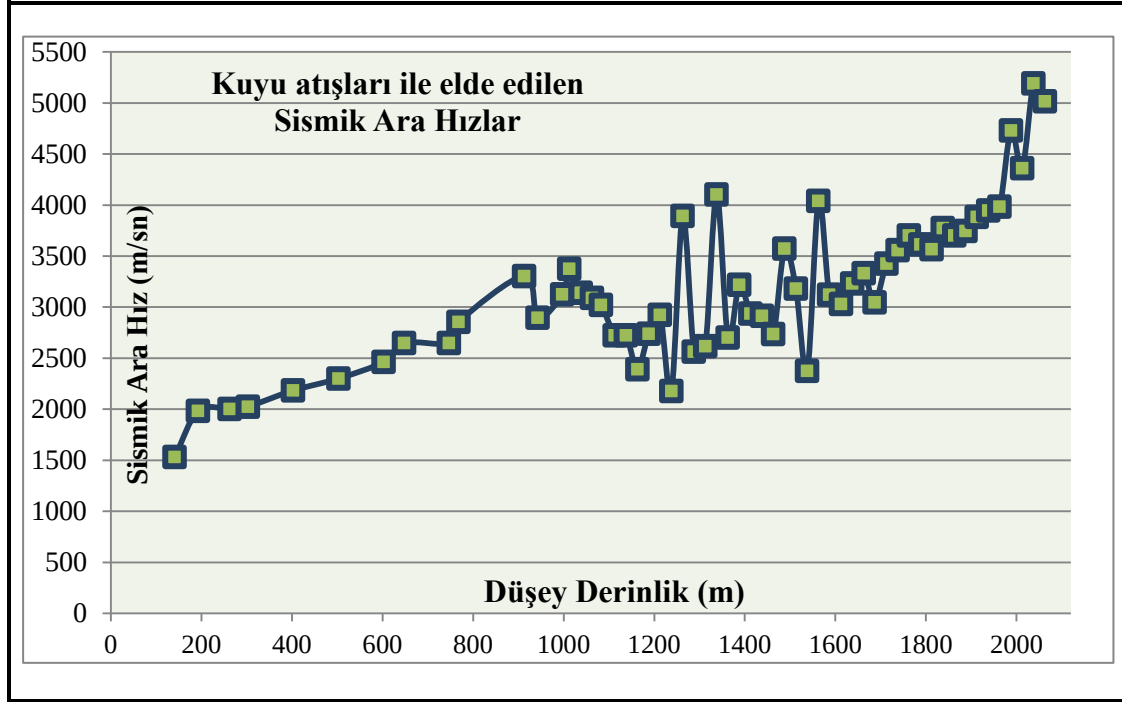
Atış No	RDGDD (m)	RDGAH (m/sn)
25	1637.90	3232
24	1662.90	3331
23	1689.90	3046
22	1712.90	3427
21	1737.90	3558
20	1762.90	3701
19	1787.90	3615
18	1812.90	3569
17	1837.90	3774
16	1862.90	3701
15	1887.90	3746
14	1912.90	3885
13	1937.90	3947
12	1962.90	3985
11	1987.90	4731
10	2012.90	4360
9	2037.90	5193
8	2062.90	5016

Bölgedeki ani hız değişimlerinin genel olarak şeyl-kumtaşı ardalanmaları sonrasında olduğu görülmektedir. 1600 metreden sonra doğrusal hız artışı yaklaşık 1960 metreden sonra ani bir yükselme ile gözlenmiştir. Buradaki ani hız artışı Alaşehir formasyonunun metamorfik temel kayaca yakın bulunan Evrenli üyesine karşılık geldiği yorumu yapılabilmektedir. Bölgeye ait stratigrafik kesit, Şekil 3.4' de gösterilmektedir.

Formasyonlara ait hız bilgilerinin elde edilmesinde genel olarak doğrusal artış dikkate alınarak formasyon kalınlıklarına kadar olan ara hızların aritmetik ortalamalarının alınması tercih edilmiştir. Ancak aritmetik ortalama hesabında derinliklere karşılık belirlenen formasyonlar içerisindeki ani hız düşüşleri ve yükselişleri gözardı edilmiş, doğrusal bir artış olması durumunda gözlenilecek olan sismik hız değerleri belirlenmiştir.

Kuvaterner alüvyon için sismik ara hız 1839 m/sn, Kaletepe/Bintepeler Formasyonu için 2324 m/sn, Gediz Formasyonu için 2966 m/sn, Çaltılık Formasyonu için 3048 m/sn, Alaşehir Formasyonu için 3553 m/sn ve metamorfik temel kayac için 5000 m/sn olarak belirlenmiştir. Düşey derinliğe göre sismik ara hızlardaki değişim Şekil 4.2' de detaylı olarak görülmektedir. Genel olarak sismik hızın derinlikle arttığı düşünüldüğünde formasyon geçişlerinde ani hız yükselmeleri ve ani hız düşüşleri

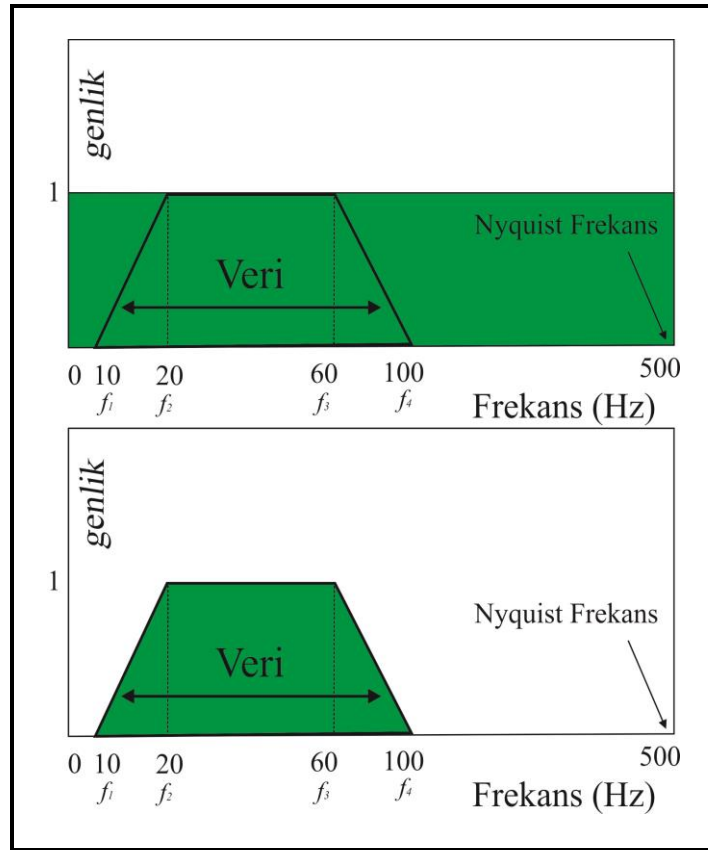
görülmektedir. Bu değişimler genel olarak ince tabakalar şeklinde jeolojik birimlerin değişiminden kaynaklandığı yorumu yapılabilir.



Şekil 4.2 : Düşey derinliklere karşılık kuyu atışlarından elde edilen sismik ara hız değerlerinin grafik şeklinde gösterimi.

Düşey derinlik değerleri ve o değerlere ait sismik ara hız değerleri kullanılarak bir boyutlu (1D) yapay yığma kesiti oluşturulması için öncelikle Hız/Derinlik modeli programa tanıtılmıştır. Bu amaç için Çizelge 4.1' de gösterilen bütün derinlik ve derinliğe karşılık sismik ara hız değerleri Hız/Derinlik modeli tanımlanmasında kullanılmıştır. Bunun için ilgili veri işlem programında "VELMOD" komutu ile "HORIZON" modülü kullanılarak "velrez" adı altında hız/derinlik bilgileri veri tabanına kaydedilmiştir. Düz çözüm yöntemiyle ışın izleme modellemesi için "MODRAY" komutu kullanılmış ve ışın tipi olarak "NORMAL" tekniğine göre ışın yolu türetilmiştir. Dalgacık biçimi kazandırılması "FILTER" komutu kullanılarak yapılmıştır. Süzgeçleme işleminde bant geçişli filtre türü tercih edilmiştir. Bant geçişli süzgeçleme işlemi genel olarak belirli frekans aralığını geçirerek bu bantın dışındaki değerlerin veriden atılmasını sağlayan süzgeçleme işlemidir. Teorik olarak f_1 ve f_2 frekans değerleri arasındaki frekansları geçiren dikdörtgen bir penceredeki kare dalga tipi bütün frekansları geçirirken, diğer frekansları veriden atmaktadır. Ancak bu bant tipi Gibbs etkisi olarak adlandırılan bir etkiye neden olmaktadır ve pratikte bu durum istenmemektedir. Bu nedenle bu etkiyi minimuma indirmek için

trapezoid şeklinde frekans bandı seçilmektedir ve 4 adet kesme frekansı belirlenmektedir. Burada frekans değerleri çalışma amacı dikkate alınarak seçilmiştir. Yapay veride hesaplanan yansıma katsayıları değerlerinin genlik spektrumu bütün frekanslarda aynıdır. Belirlenen frekans aralığında geçirim bandı seçilerek dalgacık biçimi kazandırılmış olunur. Şekil 4.3' de 10-20-60-100 Hz kesme frekansları olan, band geçiren, minimum fazlı bir süzgeç gösterilmektedir. Minimum fazlı bir süzgeç patlatma türü bir sismik kaynağa karşılık gelmektedir. Gerçekçi bir sonuç için bu frekans değerleri seçilmesi tercih edilmiştir.



Şekil 4.3 : Bant geçirir süzgeç gösterimi.

Çalışmada 1 ms örnekleme aralığı kullanılmıştır. Nyquist frekans değeri 500 Hz olarak hesaplanmıştır. Nyquist frekansı Δt örnekleme aralığı ile sinyalin elde edilebilecek en yüksek frekans değeridir. Denklem (4.1)' de matematiksel ifadesi yer almaktadır.

$$f_N = \frac{1}{2\Delta t} \quad (4.1)$$

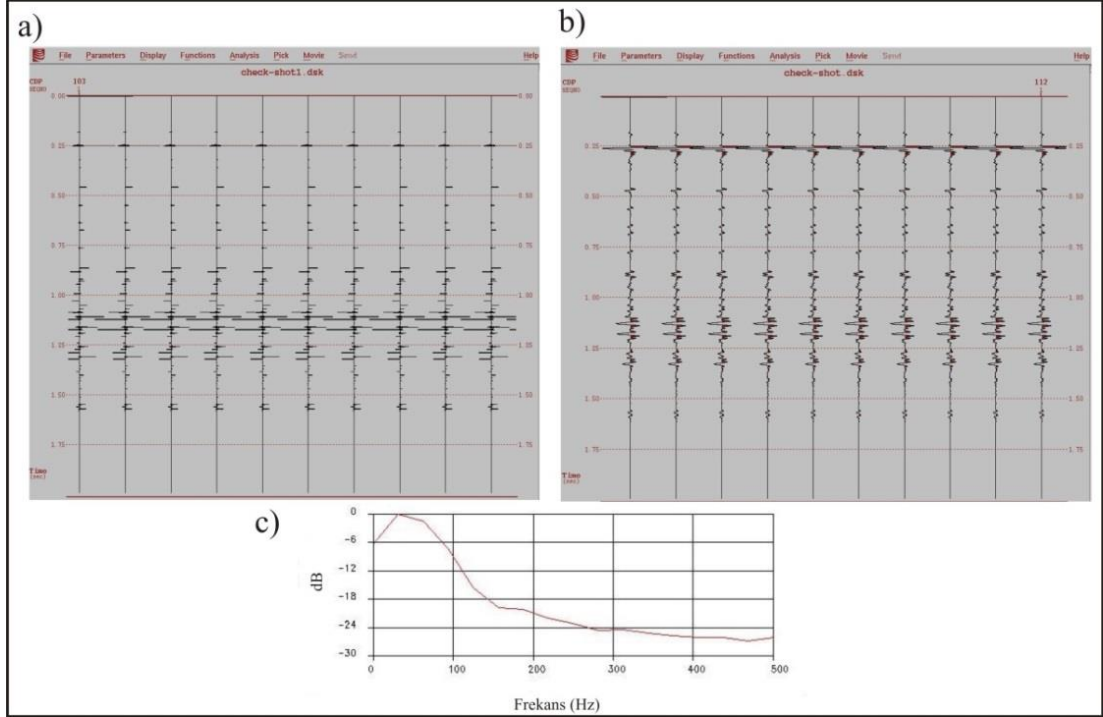
Burada Δt örnekleme aralığıdır ve milisaniye veya saniye cinsindendir.

f_N şeklinde gösterilen Nyquist frekansı örnekleme aralığına bağlı olarak değişmektedir. Büyük örnekleme aralıkları kullanılarak sayısallaştırılan sinyal detaylarını kaybeder. Sinyaldeki kaybolan bu detaylar yüksek frekanslara karşılık gelmektedir (Dondurur, 2009). Pencere fonksiyonu olarak Hamming penceresi seçilmiştir. Hamming penceresi fonksiyonu **(4.2)**'de gösterilmektedir.

$$w(n) = \left[0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \right] \quad (4.2)$$

Yansıma sinyallerinin genlikleri, sismik kaynağın ürettiği frekans bantları ile sınırlıdır. "FILTER" komutu ile dalgacık biçimi modele kazandırılarak çıkış verisi yani yapay sismik yığma kesiti veri tabanına kaydedilmiştir. Düşey eksen çift yol seyahat zamanını göstermektedir. Yatay eksen CDP noktalarına karşılık gelmektedir. Süzgeçlemede 10-20-60-100 Hz kesme frekansları seçilerek dalgacık biçimi kazandırılmıştır. Gerçekçi bir sismik çalışmasında böyle bir derinliğe nüfuz eden frekans aralıkları bu kesme frekans aralıklarına karşılık geleceği için, modelleme esnasında gerçeğe uygun olan frekans değerleri seçilmiştir.

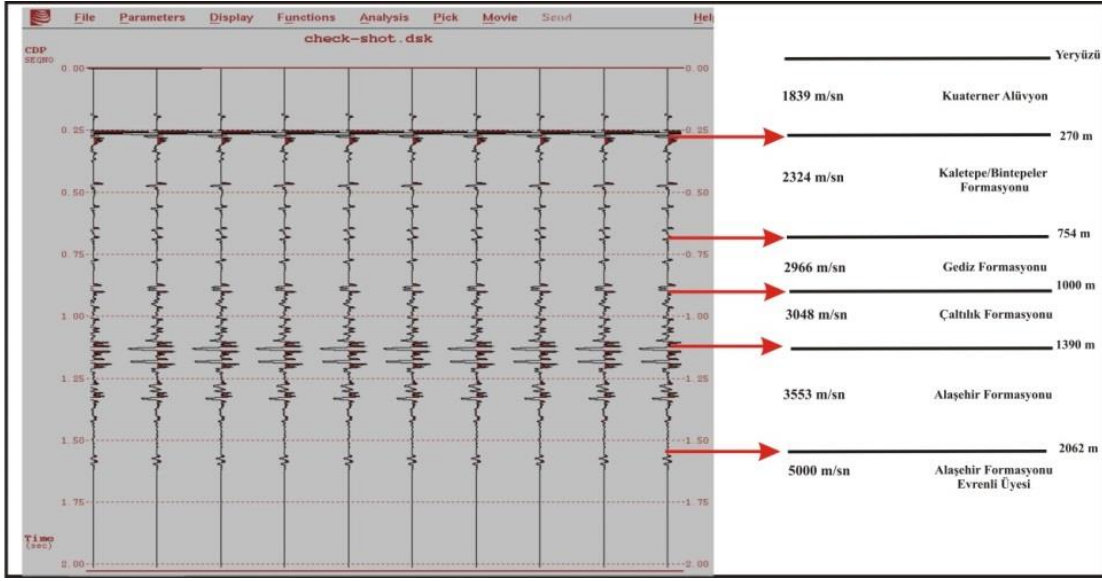
Alaşehir-1 sondaj kuyusunda Alaşehir formasyonunun tabanı 2452 metreye kadar ulaşmaktadır. Daha sonra metamorfik temel kesilmiştir. Ancak kuyu atışları 2062 metre derinliğe kadar yapılmıştır. Bu nedenle bu metrelerde gözlenen sismik ara hızda artış Alaşehir formasyonunun tabanında bulunan metamorfik temele en yakın olan Evrenli üyesine karşılık geldiği yorumu yapılabilmektedir. Eğer kuyu atışları daha derinlere doğru yapılsaydı Alaşehir Formasyonuna ait Evrenli üyesinin devamında metamorfik temele ait çift yol seyahat zamanı üzerinde yığma izi elde edilebilecekti. Elde edilen bir boyutlu (1D) yapay sismik yığma kesiti Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Şekil 4.4 a' da süzgeçleme yapılmadan bir diğer deyişle çıkış verisine kaynak dalgacığı biçimi kazandırılmadan, yapay yığma kesitinde iğnecik cevabı elde edilmektedir. Şekil 4.4 b' de minimum fazlı bant geçişli süzgeçleme ile kaynak dalgacığı biçimi kazandırılmasından sonra farklı derinliklere karşılık farklı yansıma genlikleri gösterilmektedir. Bu yığma kesitinin genlik spektrumu Şekil 4.4 c' de gösterilmektedir. Yapay yığma kesitinde sadece 10 adet CDP noktası için sismik izlere ait detay görülmektedir.



Şekil 4.4 : a) Süzgeçleme yapılmadan elde edilen bir boyutlu (1D) iğnecik cevabı. b) Bant geçişli süzgeçleme ile kaynak dalgacığı kazandırılmış bir boyutl (1D) yığma izi. c) Verinin genlikspektrumu.

Bir boyutlu yapay yığma kesiti üzerinde derinlik modeli düşünüldüğünde yansıma genliklerine karşılık çift-yol seyahat zamanı hesabı yapılmıştır. Burada arayüzeylerin yatay tabakalar olduğu varsayıldığında derinlik ve hız bilgileri kullanılarak elde edilecek yansıma genliklerinin yaklaşık olarak denk geldiği çift-yol seyahat zamanları derinlik modeli ile birleştirilerek Şekil 4.5' de gösterilmiştir.

Burada yaklaşık olarak 25 metrede bir gözlenen hız farklılıkları ile oluşturulan yığma izlerine ait farklı genlikler gözlenmektedir. Şeklin sağ tarafında görülen derinlik modeli, Alaşehir Grabeni'ne ait sondaj kuyusundan elde edilen derinlik bilgileri ve sismik ara hızlar dikkate alınarak çizilmiştir. Burada hesaplanan çift yol seyahat zamanlarına göre yığma izlerinin denk geldikleri genlikler kesit üzerinde gösterilmiştir. Her 25 metrede bir gözlenen hız ve derinlik değişimi farklı genliklere sahip yansıma yüzeylerini oluşturmaktadır. Burada şeyl-kumtaşı ardalanmaları gibi ani hız düşüş ve yükselişlerin olduğu yerlerde polarite değişimi yığma kesitindeki izlere detaylı olarak bakıldığında fark edilmektedir. Formasyon içerisindeki yüksek genlikli yansıma izleri ise genel olarak üye geçişlerinde ve birimlerin değişiminde görülmektedir.

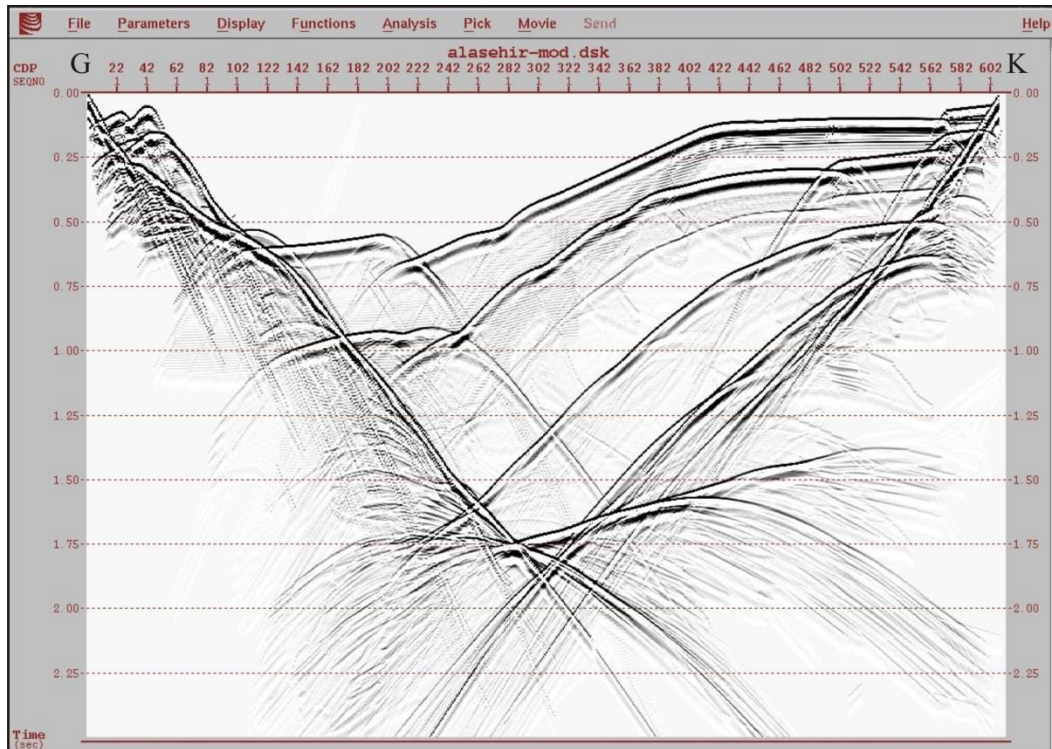


Şekil 4.5 : Bir boyutlu (1D) yapay sismik yığma kesitinde formasyonlara ait çift yol seyahat zamanı gösterimi.

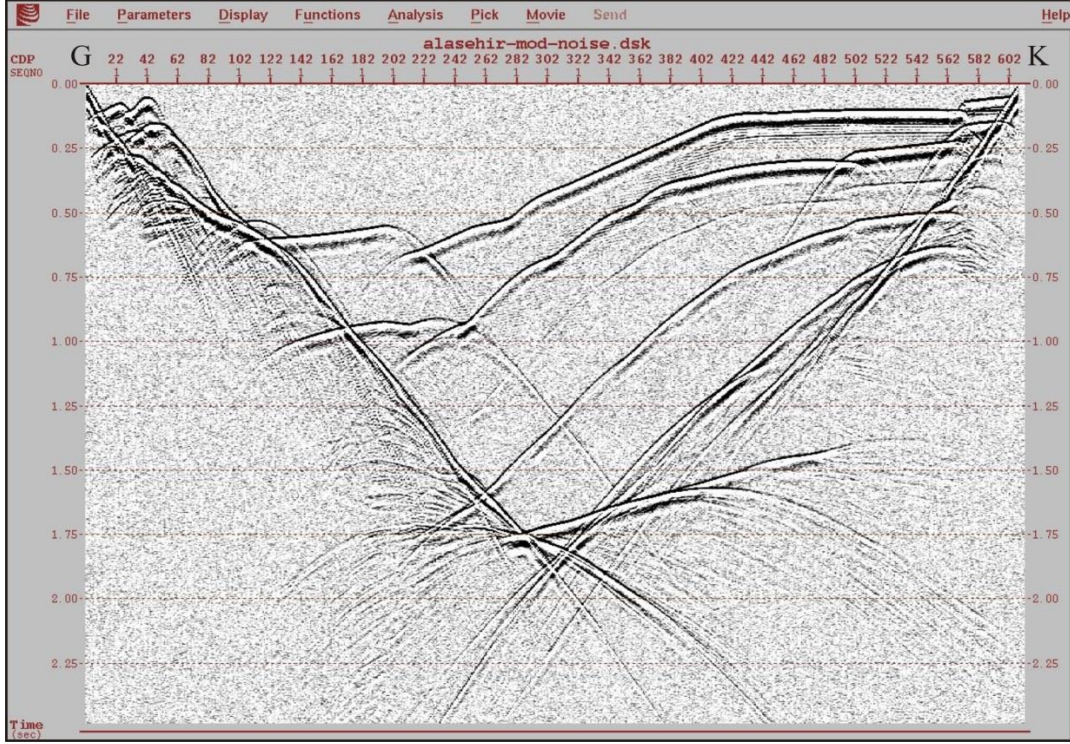
4.1.2 İki boyutlu (2D) yapay yığma kesitinin oluşturulması

Bu bölümde amaç, Bölüm 3' de detaylı olarak anlatılan Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modeli ele alınarak, bu modele ait jeofiziksel sonucun yani sismik cevabın elde edilmesidir. İki boyutlu (2D) yapay yığma kesitinin oluşturulmasında öncelikle Hız/Derinlik modeli tanıtılmıştır. "VELMOD" komutu içerisindeki "HORIZON" parametresi ile arayüzeylere ait bilgiler veri tabanına kaydedilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta CDP değerlerindeki derinlik ve sismik ara hız bilgilerinin yüzeyden derinlere doğru sırasıyla tanıtılmasıdır. Sıralamanın doğru yapılması oldukça önemlidir. Hız/Derinlik bilgileri "hiz11" adıyla veri tabanına kaydedilmiştir. Derinlik modeli tanımlanırken, TPAO tarafından bölgede açılan Alaşehir-1 sondaj kuyusunda yapılan kuyu atışları ile elde edilen sismik ara hızlar kullanılmıştır. MODRAY programında "hiz11" olarak kaydedilen derinlik modeli çağrılarak ışın izleme yöntemiyle düz çözüm modellemesine geçiş yapılmaktadır. Veri tabanından farklı isimde bir model seçilmesi durumunda ise program uyarı vermeksizin üzerine yazmaktadır. Bu nedenle program koşturulmadan önce doğru hız/derinlik modelinin seçilmiş olduğuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Işın tipi ise "DIFFRACT" tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. Bunun nedeni, jeolojik model dikkate alındığında grabenin güney kenarını sınırlayan ana fay ile birlikte tortulların içerisinde antitetik ve sentetik faylanmalar, kuzeyi sınırlayan antitetik fay yapısının olması ışın tipinde difraksiyonların oluşmasına neden olacaktır. Bir diğer neden ise bir sonraki adımda

uygulanılacak olan sismik göç veri işlem adıdır. Aynı zamanda yığma kesitine gürültü eklenerek bu saçılmaların genliklerindeki değişimler saptanmıştır. Sismik göç işlemi, bu saçılma enerjisini ortadan kaldıran bir işlemdir. Bir sonraki adımda oluşturulacak olan göç kesitlerinde bu saçılmaların nasıl sonuçlandığını test etmek adına da "DIFFRACT" modelinin kullanılması uygun görülmüştür. "FILTER" komutu ile süzgeçleme tekniği kullanılarak dalgacık biçimi kazandırılmış, bunun için bant geçişli süzgeç tipi tercih edilmiş ve minimum fazlı kaynak dalgacığı seçilmiştir. Dalgacık biçiminin kazandırılmasından sonra veri tabanına derinlik modeline ait iki boyutlu yığma kesiti kaydedilmektedir. Derinlik modeline göre ışın izleme yöntemiyle arayüzeyle ait yansıma katsayıları ve çift yol seyahat zamanları hesaplanmaktadır. Yığma kesitinin elde edilmesi aşamsından sonra veriye gürültü de eklenmiştir. Sismik yansıma yönteminde veri toplama aşamasında birçok gürültü verimize eklenmekte ve veri işlem aşamaları ile bir kısmı veriden atılmaktadır. Bu çalışmada da hem gürültüsüz hem de gürültülü yansıma kesitleri karşılaştırılmıştır. Yapay veriye gürültü ekleme adımı veri işlem programında "GENDAT" komutu ile yapılmaktadır. Şekil 4.6' da derinlik modeline göre elde edilen gürültüsüz yapay sismik yığma kesiti zaman ortamında görülmektedir. Şekil 4.7' de ise veriye gürültü katılması ile elde edilen yığma kesiti görülmektedir.

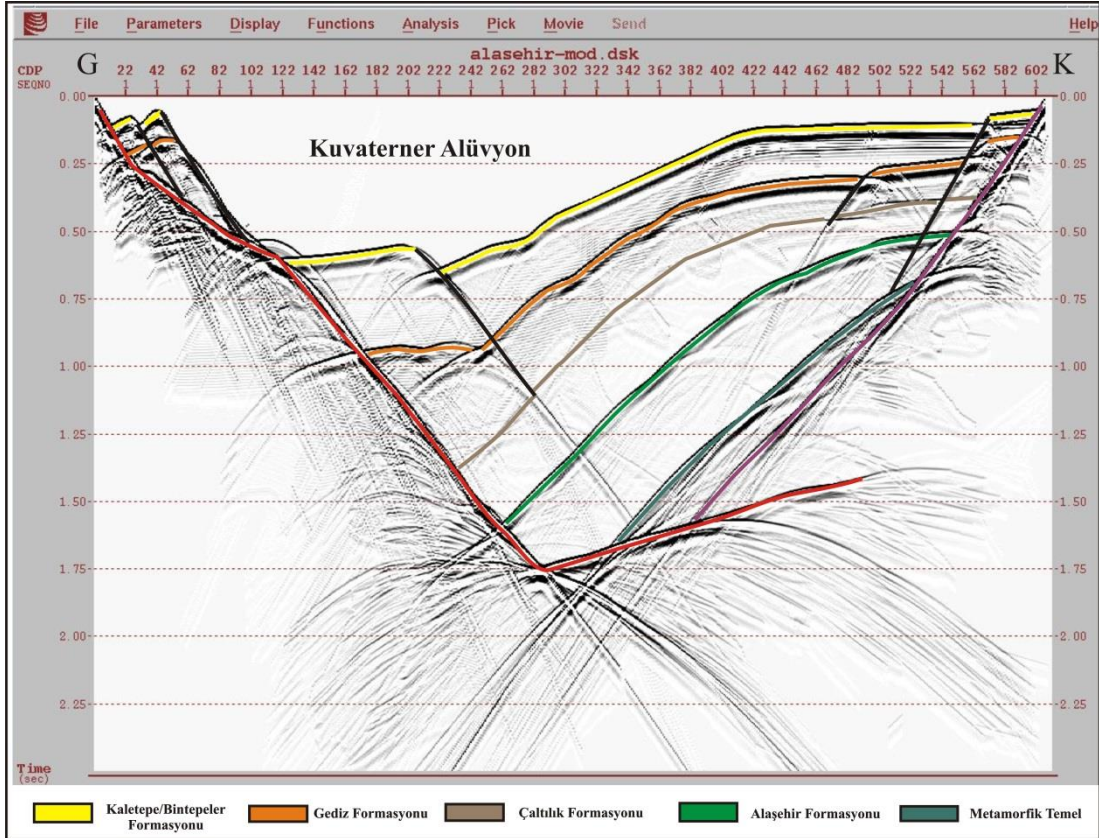


Şekil 4.6 : İki boyutlu (2D) gürültüsüz yapay sismik yığma kesiti.



Şekil 4.7 : İki boyutlu (2D) gürültülü yapay sismik yığma kesiti.

Kesitte gözlenen olaylar Şekil 4.8’ de gürültüsüz veri üzerinden yorumlanarak gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : İki boyutlu (2D) yapay sismik yığma kesitinin yorumlanmış şekli.

Elde edilen gürültüsüz yığma kesitinde fayların bulunduğu ani tabaka kesilmelerinin gözleendiği yüzeylerde belirgin olarak saçılmalar meydana gelmekte ve saçılma enerjisi baskın olarak görülmektedir. Veriye gürültünün eklenmesi ile saçıcıların genlik seviyesi gürültünün altına düştüğünde burada saçınımın belirginliklerini kaybettiği görülmektedir. Kuvatner Alüvyon biriminden sonra sarı renkle gösterilen Kaltepe/Bintepeler formasyonuna ait yansıma yüzeyi, turuncu renkle gösterilen Gediz formasyonuna ait yansıma yüzeyi, kahverengi ile gösterilen Çaltılık formasyonuna ait yansıma yüzeyi, yeşil renkle gösterilen Alaşehir formasyonuna ait yansıma yüzeyi ve mavi renkle gösterilen metamorfik temele ait yansıma yüzeyini temsil etmektedir.

Grabenin güney kenarını sınırlayan ana fay (MGBF) kırmızı renkle belirtilmiştir. Grabeni dolduran sedimanter örtü kayaçlar içerisindeki antitetik faylanmalar ve sentetik faylanma ve bunlara ek olarak güney kenarında bulunan yelpaze şekilli bloklarda gözlenen sentetik faylanmalar kesit üzerinde siyah renkte gösterilmiştir. Grabenin kuzey kenarı boyunca uzanan antitetik fay özelliğindeki Kuzey sınır fayına ait yansıma yüzeyi ise mor renk ile gösterilmiştir. Ana fay (MGBF) ile formasyonların kesiştikleri köşe noktalarda difraksiyonlar baskın olarak görülmektedir. Aynı zamanda antitetik ve sentetik faylanmaların görüldüğü yerlerde aynı saçılma enerjisinden söz edilebilmektedir. Derinlik modelinde Çaltılık formasyonuna kadar uzanan ve ana faya paralel olan sentetik fayın yeri, buradaki saçılma enerjisinden dolayı tam olarak belirgin değildir. Yığma kesitinde genel olarak fay düzlemleri çok belirgin olmamakla beraber, eğimleri derinlik modelinde gözlenenden farklı olarak elde edilmiştir. Ayrıca Çaltılık ve Gediz formasyonları arasındaki düşük hız farkı nedeniyle Çaltılık formasyonu düşük yansıma genliğine sahiptir.

Derinlik modelinde gözlenen eğimli olaylar yığma kesitlerinde gerçek eğimlerinde ve fay gibi jeolojik yapılar gerçek yerlerinde gözlenmezler. Bu nedenle bu tür etkilerin giderilmesi adına yığma kesitlerine sismik göç veri işlemi uygulanmaktadır. Derinlere doğru Alaşehir formasyonun yer aldığı çukur kısım derinlik modeline nazaran daha dar olarak görülmektedir. Bunun nedeni, yapıların çukur kısımlarından daha az sayıda yansımalar elde edilmesidir. Bu nedenle bu tarz çukur yapılar yığma kesitlerinde olduklarından daha dar görüldüğü yorumu yapılabilmektedir. Derinlere

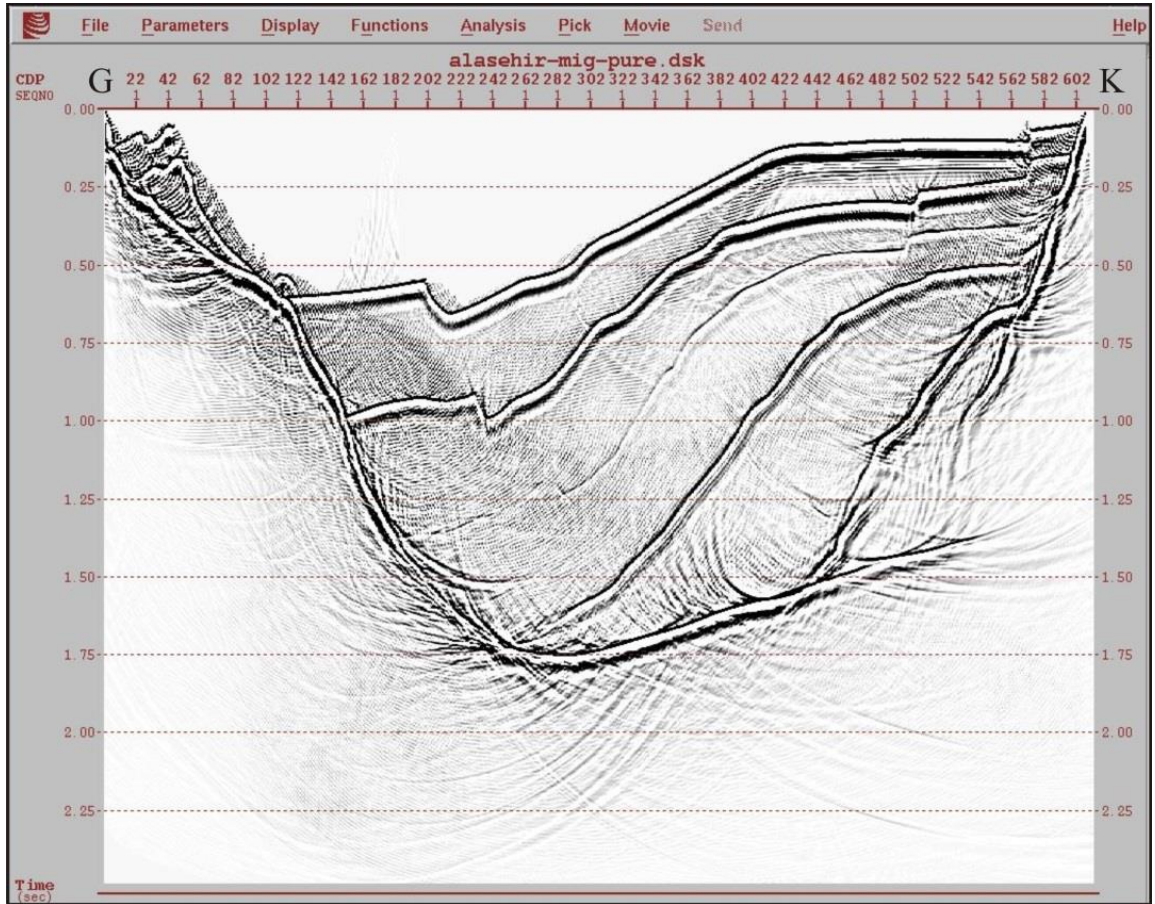
doğru inildiğinde kırmızı renkle gösterilen ana fay ile kuzey sınır fayının kesiştikleri görülmektedir. Normalde metamorfik temele doğru inen kuzey sınır fayının devamı sismik yansıma kesitlerinde görülmemektedir. Arada hız farkının olmayışı burada bir yansıma oluşturmaz. Bu nedenle derinlik modeli dikkate alındığında kuzey sınır fayı ile güney kenarı boyunca uzanan ana fay arasındaki metamorfik temel için sismik hız 5000 m/sn yerine 4500 m/sn olarak tanımlanmış ve aradaki bu düşük hız farkı sonucu yansımaların elde edilmesi sağlanmıştır. Zaman ortamında ise bu fark çok düşük olarak gözleneceği için fayların kesişmeleri metamorfik temele ait çift yol seyahat zamanına çok yakın olacak şekilde görülmektedir. Bu sonuç, sismik tuzak (seismic pitfall) olarak yorumlanabilir. Derinlik modeli düşünüldüğünde güney sınır fayı derine doğru ilerlerken zaman ortamında daha erken varışlarda gözleneceği için fay düzlemi yukarıya doğru çekilmiş gibi görülmektedir. Bu etki ancak göç uygulanmış kesite derinlik dönüşümü yapılarak giderilebilir. Ancak Bölüm 3' de yer alan Şekil 3.6' da zaman ortamı sismik yansıma kesitinde yapılan yorumlamada bu hız çekmesi etkisi görülmemektedir. Bu sonuçta sismik kesitlerin doğru yorumlanmasının önemini vurgulamaktadır.

4.2 İki Boyutlu Yapay Göç (Migrasyon) Kesitlerinin Oluşturulması

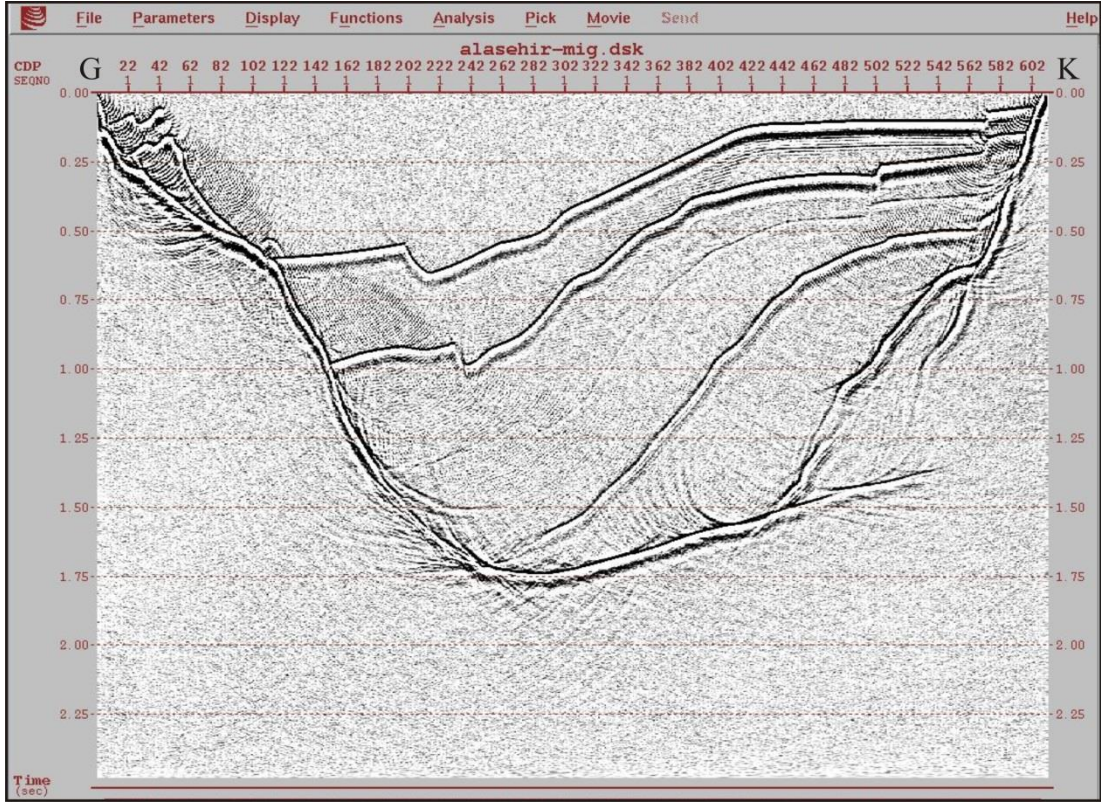
Sismik göç işleminden kısaca Bölüm 2.1.4' de bahsedilmiştir. Bu bölümde göç veri işlem adımlarından ve sonuç kesitlerinden bahsedilecektir. Genel olarak bu veri işlem adımının uygulanmasındaki amaç, yapay olarak oluşturulan yığma kesitini jeolojik kesite benzer hale getirmektir. Yığma kesitinin elde edilmesinden sonraki modelleme adımı pseudo-hız analizi yaparak belirli CDP noktalarında hız-zaman bilgilerinin veri tabanına kaydedilmesidir. Bu hız analizi derinlik modelinde gözlenen değişimler dikkate alınarak uygulanmıştır. Bunun tanımlanması için "DEFINE" komutu ile birlikte "HANDVEL" modülü kullanılmıştır.

Göç kesitlerinin oluşturulmasında kuyu atışlarından elde edilen sismik ara hız değerleri ile birlikte ortalama ve RMS hızları da kullanılarak hız analizi yapılmıştır. Böylelikle farklı sismik hızlar için göç veri işleminin testinin yapılması amaçlanmıştır. Ortalama ve RMS hızları denklem (2.5) ve (2.6)' da gösterilen matematiksel bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. "DEFINE" komutu ile ara hız için çift yol seyahat zamanı, ortalama ve RMS hızları için tek yol seyahat zamanlarına karşılık hız bilgileri veri tabanına "veldefn" adı altında kaydedilmiştir.

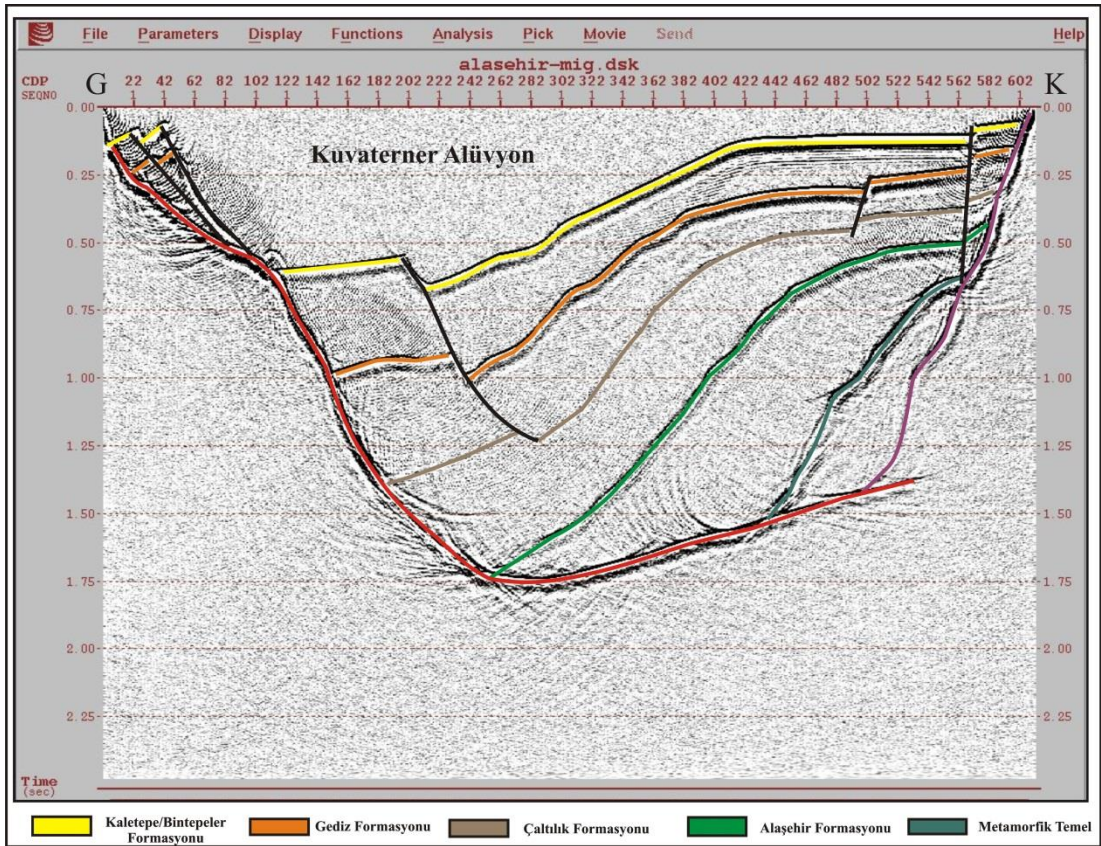
Göç veri işlemi için yığma sonrası sonlu farklar zaman migrasyonu uygulayan "MIGRATX" komutu kullanılarak oluşturulmuş ve kesitler veri tabanına kaydedilmiştir. Şekil 4.9' da sismik ara hız değerleri kullanılarak gürültüsüz göç kesiti oluşturulmuştur. Şekil 4.10' da ise gürültülü göç kesitinin sonucu görülmektedir. Elde edilen göç kesitinde saçılma enerjisinin ortadan kalktığı görülmektedir. Antitetik ve sentetik fayların yüzeyleri bu saçılma enerjisinden kurtularak daha belirgin olmuştur. Gürültülü göç kesitinde, düşük yansıma yüzeyine sahip olan Çaltılık formasyonuna uzanan ana faya paralel sentetik fay yüzeyi, düşük genlikten ötürü gürültünün altında kalmış ve bu nedenle yorumu zorlaştırmıştır. Eğer bu sonucu gerçek veri üzerinden düşünürsek, elde edilen gürültülü yığma ve göç kesitlerinde fay gibi yapıların bazı tabakalardaki geçişleri fark edilemeyebilir. Bu durum yanlış yoruma neden olabilmektedir. Bu nedenle gürültülü verilerin daha doğru yorumu için veri işlem adımlarında gürültünün uygun süzgeçleme teknikleri ile giderilmesi ve sismik yansıma kesitlerinin doğru yorumlanabilmeleri sağlanmalıdır. Şekil 4.11' de göç kesitinin yorumlanmış şekli mevcuttur.



Şekil 4.9 : Sismik ara hızlara ait iki boyutlu (2D) gürültüsüz yapay sismik göç kesiti.

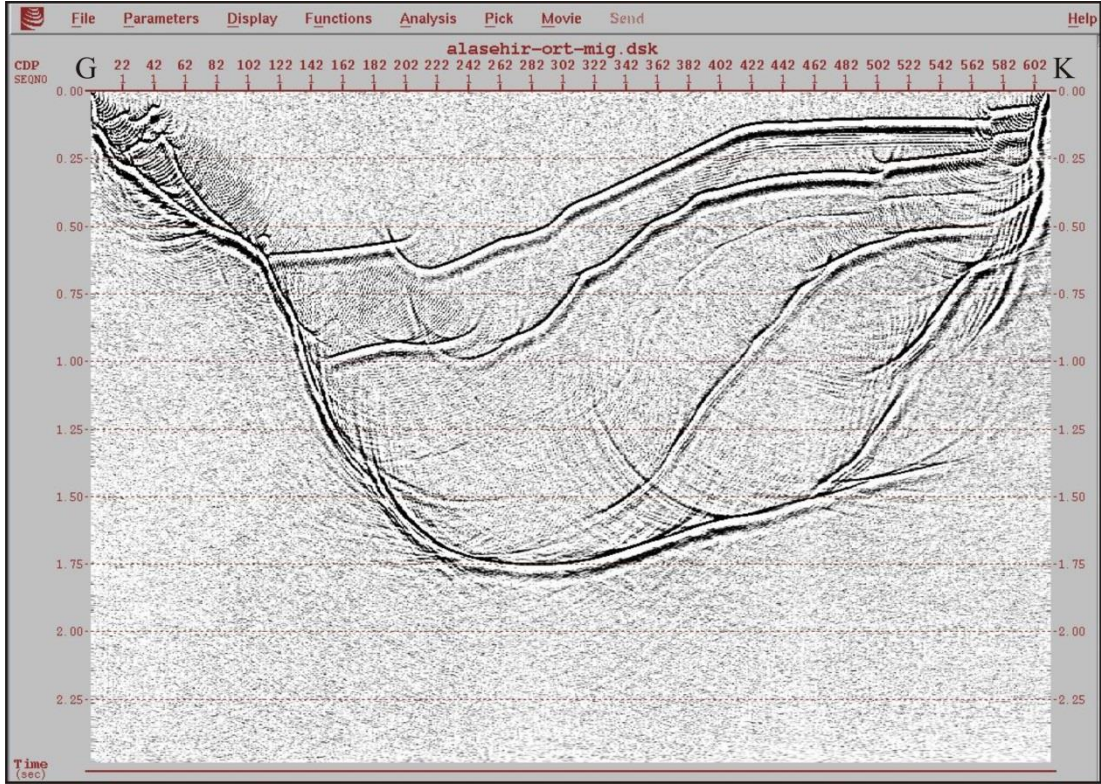


Şekil 4.10 : Sismik ara hızlara ait iki boyutlu (2D) gürültülü yapay sismik göç kesiti.

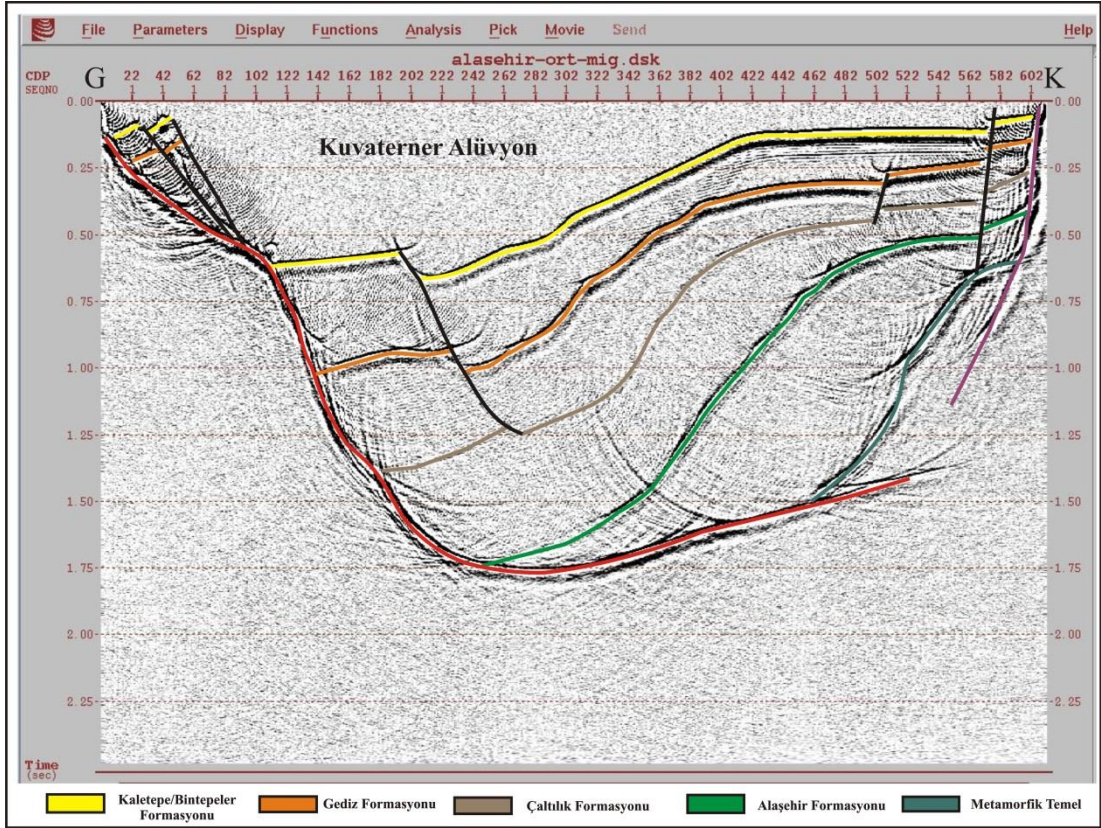


Şekil 4.11 : Ara hızlara ait iki boyutlu yapay sismik göç kesitinin yorumlanmış gürültülü şekli.

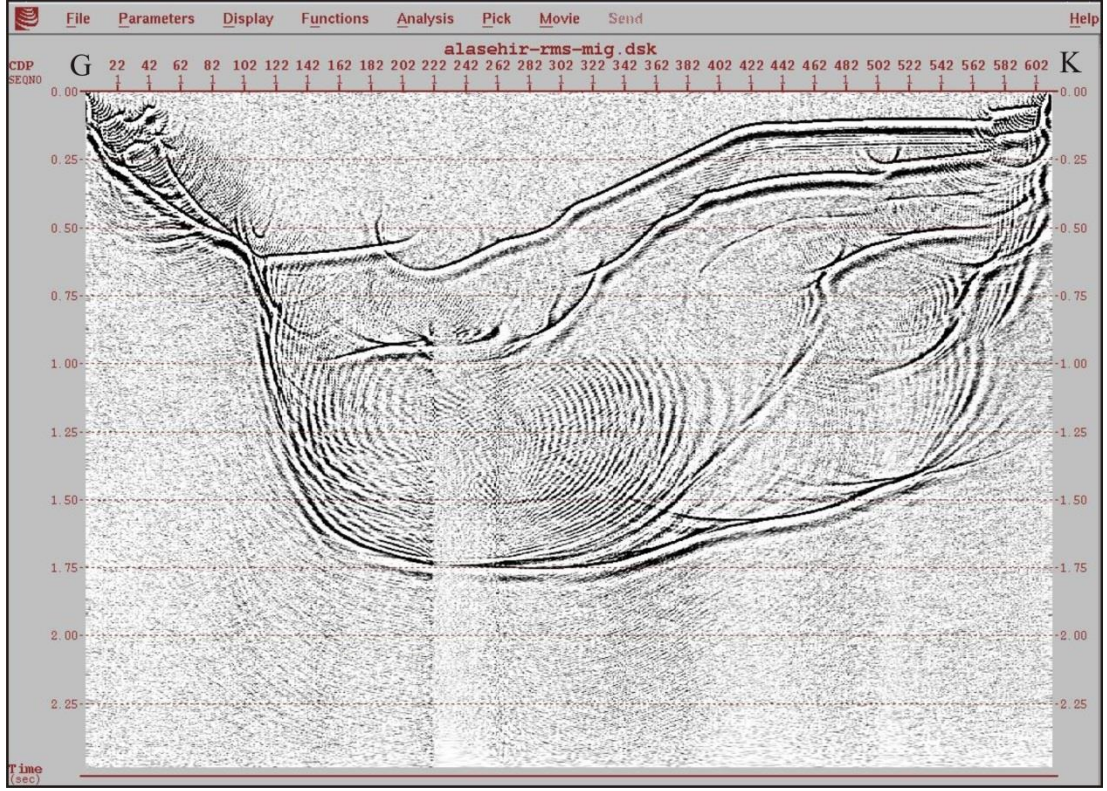
Göç kesiti oluşturulurken ara hızlar için 24 adet CDP noktasına ait hız-zaman değerleri programa tanıtılmıştır. Elde edilen göç kesitinde formasyon arayüzeylerine ait yansımalar yığma kesitindeki ile aynı renk skalası kullanılmıştır. Kesitte ilk dikkat çeken özellik, grabenin güney kenarını sınırlayan ana fay (MGBF) ile formasyonların kesiştikleri yerlerde ve aynı şekilde grabende yer alan antitetik ve sentetik faylarda meydana gelen saçılmalara ait saçılma enerjisinin ortadan kalktığıdır. Aynı şekilde güney kenarında bulunan sentetik faylanmalardaki saçılmalar yok edilerek, yelpaze şekilli bloklar halinde sedimanter örtü kayalarla ait yansıma yüzeyleri daha net olarak görülmektedir. Buna ek olarak grabenin kuzey kenarında bulunan metamorfik temel ile antitetik fay özelliğindeki kuzey sınır fayını birleştiren örtü kayalar içerisinde geçen antitetik fayın (siyah renkle gösterilen) eğimi ve yeri derinlik modeline uygun olarak gözlenmektedir. Jeolojik kesitteki yansıtıcıların gerçek eğimi, sismik kesitteki eğiminden daha büyüktür. Göç veri işlemi yansıtıcıları eğim yukarı taşıyarak yansıtıcıların eğimini artırır (Dondurur,2009). Burada da derinlik modeline nazaran daha düşük eğimde görülen yığma kesitindeki yapılar, göç kesitinde eğimleri artmış şekilde görülmektedir. Grabenin güney kenarını sınırlayan ana faya ait düzlem, göç kesitinde daha belirgin hale gelmiştir. Grabenin tabanına doğru yer alan çukur kısımda ise göç veri işlemi ile yansımalar gerçek yerlerine taşınarak, göç sonrasında daha genişlemiştir. Bu da daha gerçekçi bir sonuç oluşturmuştur. Göç kesitinde ayrıca MGBF yapısına ait "yokuş-düzlük" geometrisinin sonucu da dikkat çekmektedir. Derinlere doğru metamorfik temele ait arayüzey yığma kesitinde herhangi bir ondülasyona sahip değil iken, göç kesitinde derinlik modeline uygun olan ondülasyonlu tabakalanma daha net olarak görülmektedir. Burada ışın izleme yönteminden kaynaklanan antitetik ve sentetik faylanmaların altında örneğin güney kenarındaki ana fay ile kuzey sınır fayının derinlerinde yansıma yüzeylerinde yarım halkalar şeklinde bozulmalar görülmekte ve kuzey sınır fayının derinlerde yüzeyi oldukça ondülasyonlu ve zor ayırt edilmektedir. Ortalama hız değerlerine ve RMS değerlerine karşılık elde edilen gürültülü göç (migrasyon) kesitleri ve üzerinde yapılan yorumlamalar sırasıyla Şekil 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15' de görülmektedirler. Burada özellikle yapının derinlere doğru RMS hızının kullanılması ile daha da bozulduğu ve neredeyse yüzeye doğru formasyonlara ait yansıma yüzeylerinin ve graben içerisindeki fayların belirginliklerini kaybettiği görülmektedir.



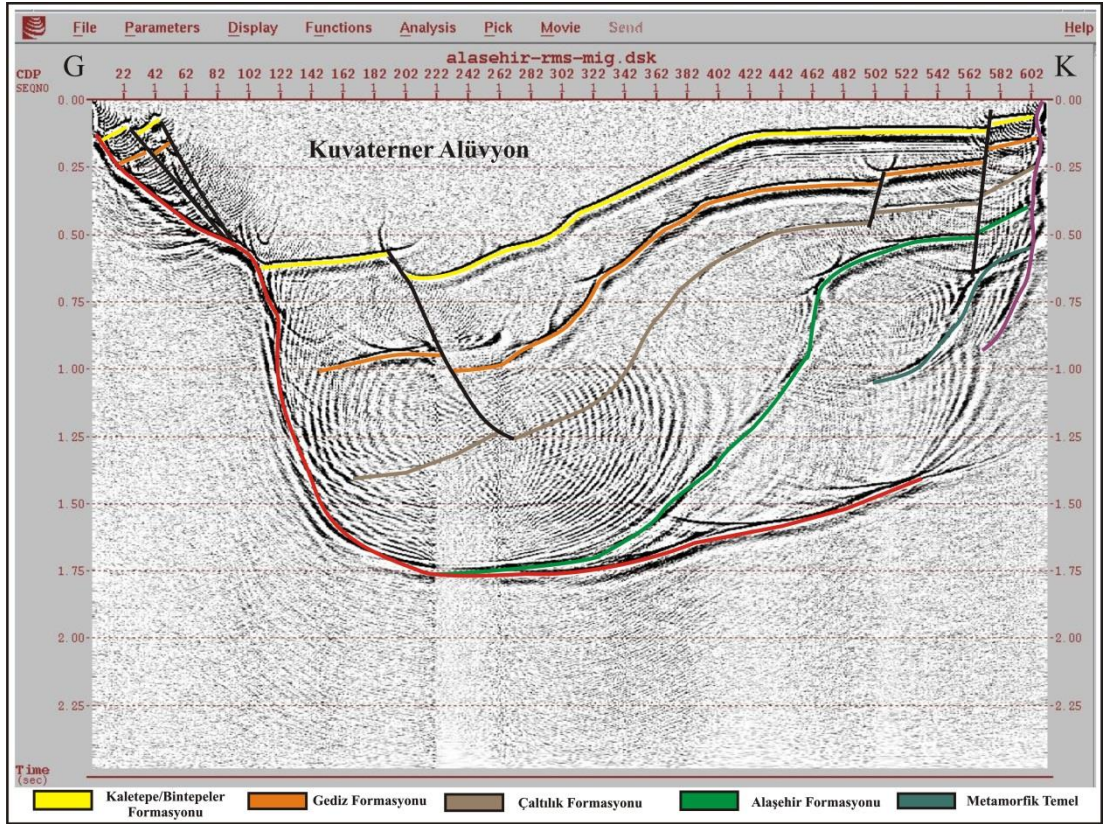
Şekil 4.12 : Ortalama hızlara ait iki boyutlu (2D) gürültülü yapay sismik göç kesiti.



Şekil 4.13 : Ortalama hızlara ait iki boyutlu yapay sismik göç kesitinin yorumlanmış gürültülü şekli.



Şekil 4.14 : RMS hızlarına ait iki boyutlu (2D) yapay sismik göç kesiti.



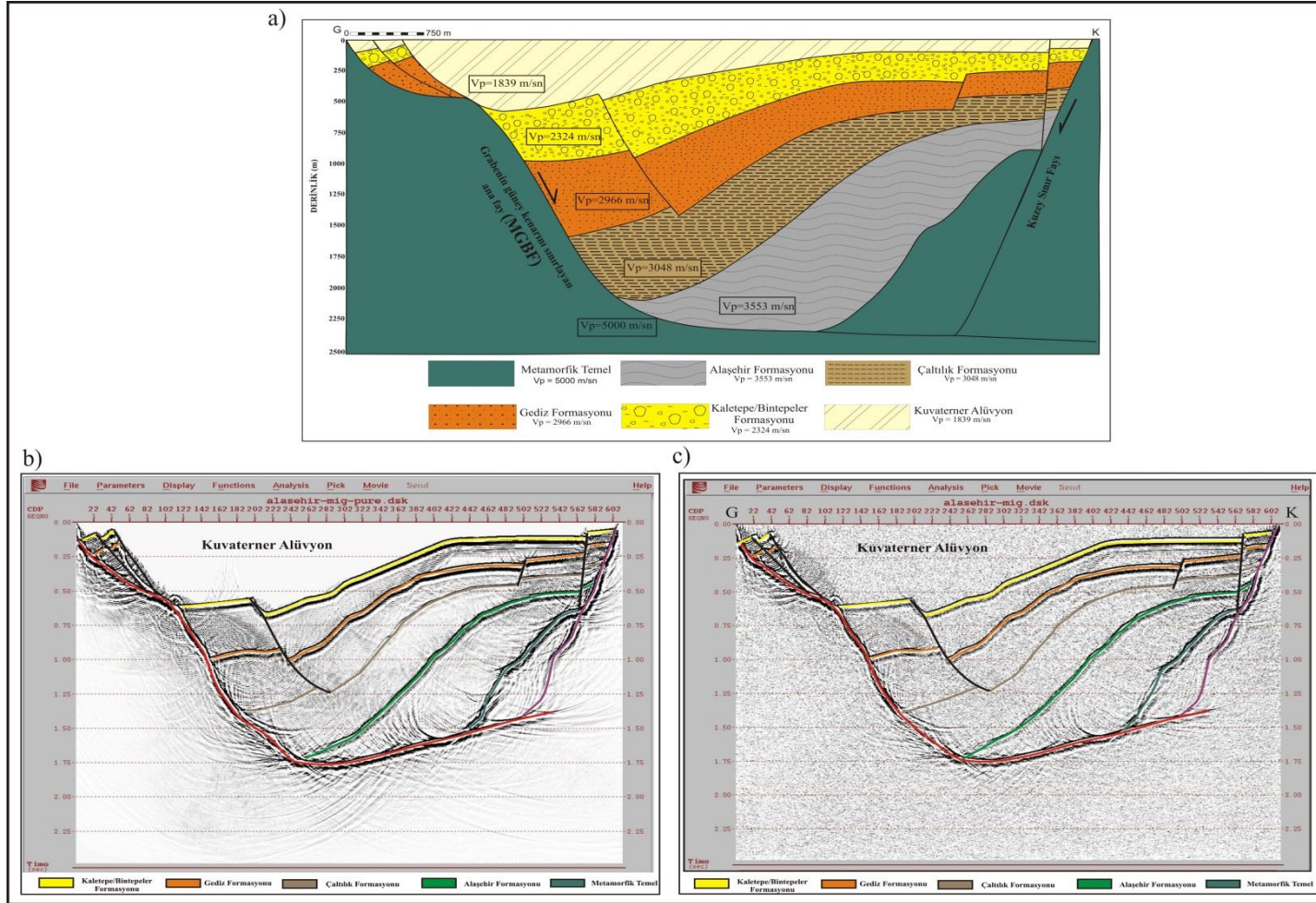
Şekil 4.15 : RMS hızlarına ait iki boyutlu yapay sismik göç kesitinin yorumlanmış gürültülü şekli.

Genel olarak yığma sonrası zaman migrasyonu yığma kesitindeki saçılmaların ve eğimli yapıların olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Sonlu farklar migrasyonu yöntemi skaler dalga denkleminin sonlu farklar yöntemiyle sayısal olarak çözülmesine dayanır (Dondurur, 2009). Bu çalışmada sadece ara hızlardan elde edilen göç kesiti değil, bu hız değerlerinden hesaplanan ortalama ve karekök ortalama (RMS) hız değerleri için de göç kesitleri türetilmiştir. Burada hızlar ara hızlara göre daha düşük olarak hesaplanmıştır ve değerleri ekler kısmında programa ait çıktılarda verilmiştir.

Şekil 4.13' de ortalama hız değerleri sonucu elde edilen yorumlanmış göç kesiti görülmektedir. Burada toplam 24 adet CDP noktası için hız-zaman değerleri tanıtılmıştır. Grabenin kuzeyine doğru yapılar biraz daha karmaşık bir hal aldığı için kuzey tarafında ve güneydeki ana faya paralel yer alan sentetik fayın olduğu yerlerde daha sık aralıklarla CDP noktası seçilerek, pseudo-hız analizi yapılması tercih edilmiştir. Ara hızlarla elde edilen göç kesiti ile karşılaştırıldığında eğimli olaylara ait değişimler, özellikle formasyonlara ait yansılarda belirgin olarak görülmektedir. Bir diğer dikkat çeken fark ise, kuzey sınır fayı ile metamorfik temelin arayüzeyinin kesiştiği antitetik faylanmanın yerinin ve eğiminin değişiklik göstermesidir (Şekil 4.13). Aynı zamanda derinlere doğru metamorfik temele ait arayüzeyin ondülasyonlu yapısının bozulmaya başladığı görülmektedir. Kuzey sınır fayının güneydeki ana fayla kesiştiği yerde yansımaların rahatlıkla fark edilemediği ve yapının genel olarak derinlere doğru bozulduğu sonucu elde edilmiştir.

Şekil 4.15' de ise RMS hızları kullanılarak elde edilen göç kesitinde sadece yapının derinlere doğru değil, yüzeye doğru yer alan sedimanter örtü kayaçlarına ait yansımaların da gerçek şeklinden uzaklaştığı görülmektedir. Ayrıca formasyonları kesen sentetik faylanmanın keskin köşe noktalarında saçılmalar belirgin olarak görülmektedir. Özellikle metamorfik temele ait arayüzeyin fark edilmesi oldukça zorlaşmıştır. Kuzey kenarını sınırlayan fay ile antitetik fay düzlemleri hem belirginliklerini kaybetmişlerdir hem de eğimleri oldukça değişmiştir (Şekil 4.13). Bu sonuç nedeniyle özellikle kuzey kenarında yapının biraz daha karmaşık olmasından ötürü daha fazla CDP noktası belirlenerek, toplamda 31 adet farklı CDP noktası için hız-zaman değerleri göç işlemine tanıtılmıştır. Ancak sık aralıklı bu hız bilgilerine rağmen yapının kuzey kısmını toparlayamadığı gözlenmiştir. Arahızlara nazaran daha düşük hızların kullanılması sonucunda düşük göç sonuçlarının elde

edildiği yorumu yapılabilmektedir. Bu çalışmada farklı sismik hız değerlerinin test edilmesinin bir önemi de gerçek veriler üzerinde uygulanan sismik hız analizinin yansıma kesitlerini ne derecede etkilediğini vurgulamaktır. Sismik veriden hız analizi farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Hız spektrumu yöntemiyle CDP grupları üzerinde hız hesaplama yöntemi, genel olarak en fazla tercih edilen yöntemlerin başında gelmektedir. Sismik veriden elde edilen hız bilgileri yığma ve sismik göç için gerekli olmaktadır. Veri işlem sırasında Normal kayma düzeltmesi (NMO) ve yığma işlemi için doğru hız bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Normal kayma herhangi bir ofsetteki seyahat zamanı ile sıfır ofsetteki varış zamanı arasındaki farktır. Bu etkinin giderilmesini normal kayma hızı belirlemektedir. NMO düzeltmesinin uygulanması ile veri ofsetli halinden sıfır ofset-yığma hızı ortamına geçmiş olmaktadır. Hız analizinde CDP genlikleri toplanarak, yatay eksen kullanılan hız değerleri ve düşey eksen varış zamanı olmak üzere kontur haritası hazırlanır ve bu harita üzerinden gerçek yansımalarla denk gelen varış zamanlarında elde edilen maksimum kapanım hız değerlerinden o yansımaların RMS hız bilgileri elde edilir (Dondurur, 2009). RMS hızları, veri işlem aşamasında hız analizinden sonraki adımlarda bütün olarak veriyi etkilemektedirler. Burada TPAO tarafından Alaşehir-1 sondaj kuyusundan doğrudan elde edilen sismik ara hız bilgileri, model için doğruya en yakın göç kesitinin oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Ara hızlardan türetilen RMS hızları daha düşük hızlara karşılık geldiği için modele ait göç kesitinin genel olarak bozulduğu görülmektedir. Sismik veri üzerinden hız analizi yapılmasında bölgeye ait hız bilgisinin en doğru şekilde tanımlanması, doğru yığma ve göç kesitlerinin elde edilmesinde ayrı bir önem teşkil etmektedir. Bu durum aynı zamanda veri işlem sonrasında, kesitlerin doğru yorumlanmasını da etkilemektedir. Şekil 4.16a' da öngörülen derinlik modeli ile modelleme sonucu elde edilen gürültülü ve gürültüsüz yapay sismik göç kesitleri (Şekil 4.16b ve 4.16c) görülmektedir. Derinlik modeli içerisindeki jeolojik yapılar ve olaylar dikkate alındığında doğruya en yakın olan sonuç kesitinin, sismik ara hızlarla türetilen kesit olduğu görülmüştür. Burada modelde yer alan antitetik ve sintetik faylanmalar doğru yerlerinde ve gerçek eğimlerinde görülmektedirler. Aynı zamanda yansıma yüzeyleri daha net olarak fark edilebilmektedir. Faylanmalarda gözlenen atımlar da daha belirgin iken, gürültülü kesitte saçılma enerjilerinin düşük genliklerde gürültünün altında saklandığı görülmüştür.



Şekil 4.16 : a) Sismik ara hızlar kullanılarak elde edilen gürültüsüz göç kesiti b) Sismik ara hızlar kullanılarak elde edilen gürültülü göç kesiti. c) Öngörülen derinlik modeli.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez kapsamında Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modeli dikkate alınarak sismik modellemede düz çözüm yöntemiyle grabeni temsil eden yapay sismik yansıma kesitleri oluşturulmuştur.

Alaşehir Grabeni özellikle sahip olduğu jeotermal potansiyeli nedeniyle son yıllarda birçok araştırmacı tarafından detaylı olarak çalışılan bir bölgedir. Grabende yer alan birimler ve grabenin tektonik yapısı ile ilgili farklı öngörülerin sunulduğu çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu tez kapsamında Alaşehir Grabeni'ne ait derinlik modelinin oluşturulmasında en güncel sonuçların elde edildiği kaynakların kullanılması tercih edilmiştir. Sismik hız bilgileri için D. Demircioğlu-Kolenoğlu (2009) tarafından yazılan yüksek lisans tezinde yer alan ve bölgede TPAO tarafından açılan Alaşehir-1 sondaj kuyusunda yapılan kuyu atışlarından (check-shot) elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Burada derinliklere karşılık, elde edilen sismik ara hız değerleri Çizelge 4.1' de detaylı olarak gösterilmiştir. Formasyon birimleri, formasyonların kalınlıkları, grabeni oluşturan ana yapıların (MGBF, Kuzey sınır fayı, antitetik ve sintetik faylanmalar gibi) geometrik özellikleri, grabeni dolduran birimlerin evrimi gibi graben hakkında detaylı bilgiler ise N.B.Çiftçi (2007) yılında yazılan doktora tezinden, Çiftçi ve Bozkurt, 2009a-b, 2010 makalelerinden kullanılmıştır.

Kaynaklardan elde edilen bilgiler neticesinde, özellikle grabenin güney kenarını sınırlayan ana fayın (MGBF) hem "yokuş-düzlük" geometrisine sahip olduğu, hem de derinlere doğru eğim açısı düşen listrik fay karakterinde olduğu sismik kesitlerle desteklenmektedir. Bir diğer önemli yapı ise, kuzey kenarını sınırlayan ve ana fayın (MGBF) antitetik fayı olan kuzey sınır fayıdır. Aynı zamanda kaynaklarda grabeni dolduran sedimanter örtü kayaçlarının roll-over geometrisi şeklinde zamanla graben içerisinde çökeldikleri ve kalınlıklarının güneyden kuzeye doğru incelendiği belirtilmektedir. Derinlik modelinin oluşturulmasında temel alınan jeolojik yapılar, formasyonların geometrileri ve grabeni dolduran birimlerin evrimi gibi bilgilerden Bölüm 3' de detaylı olarak bahsedilmiştir. Jeofizikte düz problem çözümü ile jeolojik modele ait jeofiziksel sonuç elde edilmektedir. Sismik yöntemlerde genellikle düz

problem çözümü kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında da amaç, Alaşehir Grabeni'ni temsil eden derinlik modelinin (Şekil 3.13) yapay sismik yansıma kesitleri şeklinde sunulmasıdır. Disco/Focus (v.5.0) sismik veri işlem paketindeki ilgili modüller kullanılarak yapay yığma ve göç kesitleri elde edilmiştir. Yığma kesiti ara hız değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen yığma kesitine rastgele gürültü ilave edilerek gürültülü yığma kesitine göç veri işlemi uygulanmıştır. Göç kesitlerinde ise ara hız ve ara hızlardan hesaplanan ortalama ve RMS hız değerleri kullanılarak, farklı sismik hız bilgileri için göç veri işleminin testi yapılmıştır. Yapay yığma kesitinde MGBF (ana fay) ile formasyonların kesiştiği köşe noktalarda, kuzey sınır fayı ile ana fayın kesiştikleri kabul edilen bölgede, antitetik ve sintetik faylanmaların olduğu arayüzeylerde saçılma enerjisi baskın olarak görülmektedir. Bu nedenle fayların ve formasyonlara ait arayüzeylerin yerleri ve eğimleri hakkında kesin bir yorum yapılamamaktadır. Özellikle metamorfik temele uzanan kuzey sınır fayının yansıma kesitinde fark edilebilmesi için verilen düşük hız farkı ile ana fayın kuzey sınır fayı ile kesiştiği yansıma yüzeyi, yığma kesitinde metamorfik temele ait yansıma yüzeyine çok yakın, fay düzlemi sanki yukarıya doğru çekilmiş gibi bir sonuç sunmaktadır. Hızdaki bu ani artış, zaman ortamında çift-yol seyahat zamanlarının birbirlerine çok yakın yansıma yüzeyleri oluşturmaya neden olmaktadır. Ayrıca yığma kesitinde grabenin en tabanında yer alan Alaşehir formasyonu daha dar görülmektedir. Göç veri işlemi ile bu etkiler giderilerek, eğimli yansımalar gerçek yerlerine taşınmış ve saçılma enerjisi ortadan kaldırılmıştır. Genel olarak yapay veriye gürültü eklenmesi ile saçılma enerjilerinin düşük genlikli kısımlarının belirginlikleri gürültünün alt kısmında kalmıştır. Bu nedenle gürültüsüz veride saçılma enerjileri düşük genlikleri ile daha baskındır.

Farklı sismik hızlar kullanılarak üç adet yapay göç kesiti elde edilmiştir. Bu kesitler karşılaştırıldığında derinlik modeline en uygun sonucu, kuyu atışlarından elde edilen sismik ara hızlar kullanılarak oluşturulan göç kesitinin sunduğu görülmüştür. Bu çalışmada yığma ve göç kesiti için gerekli olan hız analizi pseudo-hız analizi olarak yapılmıştır. Yığma kesiti oluşturulurken formasyonlara ait hız değerleri ara hızlar kullanılarak tanımlanmıştır. Bu nedenle göç veri işleminde ara hızın en uygun sonucu üretmesi beklenmektedir. Sismik veri üzerinden yapılan hız analizinde yığma ve göç işlemi için en doğru hız değerlerinin veri işlem adımında seçilmesi, özellikle göç kesitlerinin elde edilmesinde ve yorumlama aşamasında önem teşkil etmektedir.

Göç veri işleminin uygulanması ile oluşturulan yığma kesitinin jeolojik kesite benzer hale getirildiği sonucu, bu yapay veri üzerinden de elde edilmiştir. Sismik modelleme de düz çözüm yöntemiyle oluşturulan zaman ortamı yansıma kesitlerinde hız çekmesi gibi sismik tuzak etkilerinin yer alması, fay gibi jeolojik yapıların gerçek yerlerinde görülmemeleri, eğimli olayların farklı eğimlerde elde edilmesi, saçılma enerjisinin baskın olması gibi nedenlerinden dolayı göç veri işlemi uygulanmış ve bu etkilerin büyük kısmı giderilmiştir. Alaşehir Grabeni'ndeki yapıların daha doğru yorumu ise ancak uygun olarak seçilen sismik hızlar ile derinlik ortamında göç işleminin yapılması ile mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

- Bozkurt, E. ve Sözbilir, H.** (2004). Tectonic evolution of the Gediz Graben : field evidence for an episodic, two stage extension in western Turkey. *Geol. Mag.*, **141**, 63-19.
- Canitez, N.** (1997). Jeofizikte Modelleme, *Literatür Yayıncılık*, İstanbul.
- Çiftçi, N. B.** (2007). Geological evolution of the Gediz Graben, SW Turkey : temporal and spatial variation of the graben, Master Thesis, ODTÜ, Ankara.
- Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E.** (2009a). Pattern of normal faulting in the Gediz Graben, SW Turkey. *Tectonophysics*, **473**, 234-260.
- Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E.** (2009b). Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben. *Sedimentary Geology*, **216**, 49-79.
- Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E.** (2010). Structural evolution of the Gediz Graben, SW Turkey : temporal and spatial variation of the graben basin. *Basin Research*, **22**, 846-873.
- Demircioğlu-Kolenoğlu, D.** (2009). Alaşehir Grabenine ait sismik kesitlerin yapısal yorumu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Demircioğlu, D., Ecevitoglu, B., Seyitoğlu G.** (2010). Evidence of a rolling hinge mechanism in the seismic records of the hydrocarbon-bearing Alasehir graben, western Turkey. *Petroleum Geoscience*, **16**, 155-160.
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C.** (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, **90**, 84-92.
- Disco/Focus (v.5.0)** . Paradigm Geophysical firmasını geliştirdiği sismik veri işlem paketi. İ.T.Ü, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü.
- Dondurur, D.** (2009). Deniz Sismiğinde Veri İşlem. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları*. Ankara.
- Ediger, V.Ş., Batı Z. ve Yazman, M.** (1996). Paleopalynology of possible hydrocarbon source rocks of the Alaşehir-Turgutlu area in the Gediz Graben (western Anatolia). *Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **8**, 94-112.
- Emre, T.** (1996). Gediz Grabeni'nin tektonik evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **39**, 1-18.
- Fagin, S. W.** (1991). Seismic Modeling of Geological Structures: Applications to Exploration Problems. Geophysical Development No:2. *Society of Exploration Geophysicists*. Tulsa, USA.

- Fossen, H.** (2010). Structural Geology. *Cambridge University Press*. New York, USA.
- Gibbs, A. D.** (1984). Structural evolution of extensional basin margins. *Journal of Geological Society*, **141**, 609-620.
- İztan, H., Yazman, M.** (1990). Geological and hydrocarbon potential of the Alaşehir (Manisa) area, western Turkey. Proceedings of International Earth Sciences Congress, Aegean Region, 327-333, İzmir.
- Ketin, İ., Canitez N.** (1972). Yapısal Jeoloji. *İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası Gümüşsuyu*. İstanbul.
- Khan, M.A, Mussett, A.E.** (2002). Looking Into The Earth : An Introduction to Geological Geophysics. *Cambridge University Press*. USA.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu H. ve Bozkurt, E.** (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. *Journal of Geological Society London*, **156**, 605-616.
- Kurt, H.** (2011). Sismik yorumlama ders notları. *İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü*. İstanbul.
- Kurtuluş, C.** (2002). Sismik Arama Teori ve Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Yayınları-Yayın No: 55*. Kocaeli.
- McKenzie, D. P.** (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys.J. R. Astron. Soc.*, **30**, 109-185.
- Oruç, B.** (2012). Teori ve Örneklerle Jeofizikte Modelleme. *Umuttepe Yayınları*. Kocaeli.
- Seyitoğlu, G., Scott B.C.** (1996). Age of the Alaşehir Graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geological Journal*, **90**, 84-92.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş. ve Işık, V.** (2002). The role of the flexural rotation/rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. *Geol. Mag.*, **139**, 15-26.
- Sözbilir, H.** (2002). Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, western Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, **15**, 277-288.
- Şan, Ö.** (1998). Ahmetli (Manisa) güneyinde Menderes Masifi ve Tersiyer örtü kayalarının jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz Y.** (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics*, **75**, 181-241.
- Yıldırım, M., Gökaşan E.** (2007). Mühendisler için Jeoloji Bilgileri. *Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi*, İstanbul.
- Yılmaz, Ö.** (1987). Seismic Data Processing. Investigations in Geophysics vol. No: 2, *Society of Exploration Geophysicists*, Tulsa, USA.
- Yılmaz, Y., Genç S. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz K., Karacık Z., Altunkaynak, S., ve Elmas A.** (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop?. *Geological Society, London, Special Publications*, **173**, 353-384.

Url-1 <<https://nothingnerdy.wikispaces.com/4.5+WAVE+PROPERTIES>>, alındığı tarih: 01.09.2013.

Url-2 <http://www.aapg.org/slide_resources/schroeder/8/index.cfm>, alındığı tarih: 02.10.2012.

EKLER

EK A: Modellemede Kullanılan Program Çıktıları

Çizelge A.1 : Veri işlem paketinde kullanılan modüller.

Kullanılan Modüller
JOB
VELMOD
MODRAY
FILTER
DEFINE
MIGRATX

Çizelge A.2 : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
	*job	modelg	line3	gozde	yenimdl	
	*call	velmod	hiz11	cdp		
	HORIZON	surface				
	2	0.0	1839.0			
	608	0.0				
	HORIZON	Surface2				
	608	0.0	5000.0			
	612	0.0				
	HORIZON	hor1				
	2	0.0	5000.0			
	6	50.0				
2D	8	110.0				
Hız/derinlik	HORIZON	hor2				
modeli	8	110.0	2324.0			
tanımlaması	10	100.0				
	15	90.0				
	20	75.0				
	25	65.0				
	HORIZON	hor3				
	25	65.0	1839.0			
	24	50.0				
	23	35.0				
	22	25.0				
	20	0.0				
	HORIZON	hor4				
	25	65.0	2324.0			
	26	75.0				
	27	90.0				
	28	100.0				
	HORIZON	hor5				
	28	100.0	2324.0			
	32	90.0				
	36	75.0				
	38	60.0				
	42	45.0				
	45	50.0				

Çizelge A.2 (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	HORIZON	hor6				
	45	50.0	1839.0			
	44	35.0				
	43	15.0				
	42	0.0				
	HORIZON	hor7				
	8	110.0	5000.0			
	10	140.0				
	12	160.0				
	14	190.0				
	16	220.0				
	18	250.0				
	HORIZON	hor8				
	18	250.0	2966.0			
	20	240.0				
	23	230.0				
	26	220.0				
	29	200.0				
	33	180.0				
	HORIZON	hor9				
	33	180.0	2324.0			
	32	160.0				
	30	130.0				
	28	100.0				
	HORIZON	hor10				
	33	180.0	2966.0			
	35	190.0				
	36	200.0				
	HORIZON	hor11				
	36	200.0	2966.0			
	40	190.0				
	44	170.0				
	48	150.0				
	52	140.0				
	HORIZON	hor12				
	52	140.0	2324.0			
	50	125.0				
	48	100.0				
	46	75.0				
	45	50.0				
	HORIZON	hor13				
	18	250.0	5000.0			
	20	275.0				
	30	320.0				
	40	400.0				
	50	440.0				
	60	450.0				

Çizelge A.2 (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
	70	465.0				
	80	480.0				
	90	485.0				
	98	490.0				
	HORIZON	hor14				
	36	200.0	2966.0			
	40	250.0				
	45	275.0				
	50	290.0				
	55	315.0				
	60	330.0				
	65	365.0				
	70	400.0				
	75	440.0				
	80	480.0				
	98	490.0				
	HORIZON	hor15				
	52	140.0	2966.0			
	54	170.0				
	58	190.0				
	60	210.0				
	62	240.0				
	64	270.0				
	66	290.0				
	68	310.0				
	70	325.0				
	72	340.0				
	74	355.0				
	78	385.0				
	80	480.0				
	90	485.0				
	98	490.0				
	HORIZON	hor16				
	98	490.0	5000.0			
	100	500.0				
	105	515.0				
	110	550.0				
	HORIZON	hor17				
	110	550.0	2324.0			
	170	525.0				
	200	500.0				
	HORIZON	hor18				
	200	500.0	1839.0			
	195	250.0				
	190	150.0				

Çizelge A.2 (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	185	0.0				
	HORIZON	hor19				
	200	500.0	2324.0			
	205	550.0				
	215	600.0				
	HORIZON	hor20				
	215	600.0	2324.0			
	240	550.0				
	260	500.0				
	290	450.0				
	300	400.0				
	320	350.0				
	330	325.0				
	340	300.0				
	350	275.0				
	360	250.0				
	370	225.0				
	380	200.0				
	390	175.0				
	400	150.0				
	410	125.0				
	450	100.0				
	490	90.0				
	571	90.0				
	HORIZON	hor21				
	571	90.0	2324.0			
	572	60.0				
	HORIZON	hor22				
	572	60.0	1839.0			
	573	0.0				
	HORIZON	hor23				
	572	60.0	2324.0			
	604	40.0				
	HORIZON	hor24				
	604	40.0	5000.0			
	606	20.0				
	HORIZON	hor25				
	110	550.0	5000.0			
	120	600.0				
	122	630.0				
	124	660.0				
	126	690.0				
	128	720.0				
	130	750.0				
	135	800.0				
	140	850.0				

Çizelge A.2 (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	142	875.0				
	145	900.0				
	148	950.0				
	150	1000.0				
	HORIZON	hor26				
	150	1000.0	2966.0			
	160	980.0				
	170	960.0				
	190	940.0				
	230	900.0				
	HORIZON	hor27				
	230	900.0	2324.0			
	225	800.0				
	220	700.0				
	218	650.0				
	215	600.0				
	HORIZON	hor28				
	230	900.0	2966.0			
	236	1000.0				
	HORIZON	hor29				
	236	1000.0	2966.0			
	245	975.0				
	250	950.0				
	260	925.0				
	270	900.0				
	280	850.0				
	290	775.0				
	300	700.0				
	320	650.0				
	330	600.0				
	340	550.0				
	350	500.0				
	370	450.0				
	380	400.0				
	400	375.0				
	420	350.0				
	450	323.0				
	500	323.0				
	HORIZON	hor30				
	500	323.0	2966.0			
	502	305.0				
	504	280.0				
	HORIZON	hor31				
	505	275.0	2966.0			
	540	250.0				
	569	225.0				

Çizelge A.2 (devam): İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	HORIZON	hor32				
	569	225.0	2966.0			
	570	175.0				
	HORIZON	hor33				
	570	175.0	2324.0			
	571	90.0				
	HORIZON	hor34				
	570	175.0	2966.0			
	575	165.0				
	585	155.0				
	598	150.0				
	HORIZON	hor35				
	598	150.0	5000.0			
	601	100.0				
	604	40.0				
	HORIZON	hor36				
	150	980.0	5000.0			
	170	1400.0				
	185	1600.0				
	HORIZON	hor37				
	185	1600.0	3048.0			
	195	1650.0				
	200	1600.0				
	220	1550.0				
	230	1500.0				
	240	1450.0				
	250	1425.0				
	260	1375.0				
	265	1350.0				
	HORIZON	hor38				
	265	1350.0	2966.0			
	260	1250.0				
	250	1150.0				
	240	1050.0				
	236	1000.0				
	HORIZON	hor39				
	265	1350.0	3048.0			
	273	1450.0				
	HORIZON	hor40				
	273	1450.0	3048.0			
	280	1425.0				
	290	1400.0				
	300	1350.0				
	310	1300.0				
	315	1250.0				
	320	1200.0				

Çizelge A.2 (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	330	1100.0				
	335	1050.0				
	340	1000.0				
	345	985.0				
	350	925.0				
	360	850.0				
	370	800.0				
	380	750.0				
	390	700.0				
	400	675.0				
	410	650.0				
	420	620.0				
	430	600.0				
	440	575.0				
	460	555.0				
	480	550.0				
	495	540.0				
	HORIZON	hor41				
	495	540.0	3048.0			
	496	500.0				
	498	475.0				
	HORIZON	hor42				
	498	475.0	2966.0			
	499	380.0				
	500	323.0				
	HORIZON	hor43				
	498	475.0	3048.0			
	525	465.0				
	567	450.0				
	HORIZON	hor44				
	567	450.0	3048.0			
	568	400.0				
	HORIZON	hor45				
	568	400.0	2966.0			
	569	225.0				
	HORIZON	hor46				
	568	400.0	3048.0			
	575	375.0				
	588	350.0				
	HORIZON	hor47				
	588	350.0	5000.0			
	595	250.0				
	598	150.0				
	HORIZON	hor48				
	568	400.0	3048.0			

Çizelge A.2 (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	200	1800.0				
	215	1950.0				
	225	2075.0				
	HORIZON	hor49				
	225	2075.0	3553.0			
	250	2100.0				
	270	2025.0				
	280	1985.0				
	300	1925.0				
	310	1850.0				
	320	1800.0				
	330	1750.0				
	340	1680.0				
	350	1600.0				
	360	1525.0				
	370	1450.0				
	380	1375.0				
	390	1275.0				
	400	1225.0				
	410	1150.0				
	420	1075.0				
	430	1000.0				
	440	950.0				
	450	875.0				
	460	840.0				
	470	800.0				
	480	760.0				
	490	725.0				
	502	700.0				
	510	675.0				
	520	665.0				
	530	655.0				
	565	650.0				
	HORIZON	hor50				
	565	650.0	3553.0			
	566	600.0				
	HORIZON	hor51				
	566	600.0	3048.0			
	567	450.0				
	HORIZON	hor52				
	566	600.0	3553.0			
	575	550.0				
	582	525.0				
	HORIZON	hor53				
	582	525.0	5000.0			
	588	350.0				

Çizelge A.2. (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	HORIZON	hor54				
	225	2075.0	5000.0			
	240	2125.0				
	250	2175.0				
	270	2250.0				
	280	2270.0				
	300	2300.0				
	350	2325.0				
	390	2375.0				
	HORIZON	hor55				
	390	2375.0	4500.0			
	400	2300.0				
	410	2250.0				
	420	2200.0				
	430	2100.0				
	440	2000.0				
	450	1900.0				
	453	1800.0				
	455	1750.0				
	458	1700.0				
	460	1675.0				
	470	1600.0				
	480	1550.0				
	490	1475.0				
	500	1350.0				
	510	1250.0				
	520	1125.0				
	530	1025.0				
	540	950.0				
	550	900.0				
	563	875.0				
	HORIZON	hor56				
	563	875.0	3553.0			
	565	650.0				
	HORIZON	hor57				
	563	875.0	5000.0			
	575	700.0				
	582	525.0				
	HORIZON	hor58				
	390	2375.0	5000.0			
	410	2370.0				
	430	2400.0				
	450	2420.0				
	470	2440.0				
	500	2450.0				
	HORIZON	hor59				

Çizelge A.2. (devam) : İki boyutlu hız/derinlik modelinin tanımlanmasına ait adımlar.

Sütun	1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48
2D Hız/derinlik modeli tanımlaması	500	2450.0	5000.0			
	505	2250.0				
	515	2000.0				
	520	1750.0				
	530	1500.0				
	540	1400.0				
	550	1250.0				
	560	1000.0				
	563	875.0				
	HORIZON	hor60				
	500	2450.0	5000.0			
	612	2650.0				
	*end					

Çizelge A.3 : Işın izleme modellemesi ve yığma kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56
*job	modelg	line3	gozde	yenimdl		
*call	modray	hiz11	diffract	2500	1.0	
keydef	2	612				
*call	filter	cdp				minimum
keydef	2					
band	bp	hamm	101			
		10	20	60	100	
*call	dskwrt	~/alasehir/alasehir-mod.dsk				
*end						

Çizelge A.4 : Yığma kesitine gürültünün eklenmesi ait adımları.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56
*job	modelg	line3	gozde	migmodel		
*call	dskrd	~/alasehir/alasehir-mod.dsk				
*call	gendat	1.0	1171			
*call	gendat	1.0	8280			
*call	gendat	1.0	9494			
*call	dskwrt	~/alasehir/alasehir-mod-noise.dsk				
*end						

Çizelge A.5 : Sismik ara hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
*job	modelg	line3	gozde	migmodel			
*call	dskrd	~/alasehir/alasehir-mod-noise.dsk					
*call	define	cdp			veldefn	tvint	
handvel	20						
81	1839	223	2324				
handvel	33						
92	1839	174	2324	281	2966		
handvel	100						
544	1839						
handvel	130						
589	1839	768	2324				
handvel	150						
580	1839	982	2324				
handvel	170						
571	1839	945	2324	1242	2966		
handvel	200						
544	1839	914	2324	1366	2966	1497	3048
handvel	215						
652	1839	923	2324	1368	2966	1614	3048
handvel	220						
646	1839	737.4	2324	935.4	2324	1353.4	2966
1656.4	3048						
handvel	230						
620	1839	904	2324	1308	2966	1688	3048
1695	3553						
handvel	236						
607	1839	987	2324	1338	2966	1709	3048
1724	3553						
handvel	265						
534	1839	897	2324	1192	2966	1649	3048
1754	3553						
handvel	273						
535.6	1839	873.6	2324	1254.6	2966	1623.6	3048
1706.6	3553						
handvel	340						
326	1839	541	2324	844	2966	1290	3048
1650	3553						
handvel	380						
217	1839	389	2324	625	2966	1035	3048
1591	3553						
handvel	420						
129	1839	328	2324	510	2966	808	3048
1329	3553	1511	4500				
handvel	440						
104	1839	307	2324	476	2966	722	3048
1313	3553	1495	4500				

Çizelge A.5 (devam) : Sismik ara hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
handvel	450						
103	1839	299	2324	460	2966	665	3048
1242	3553	1473	4500				
handvel	455						
102	1839	299	2324	459	2966	654	3048
1156	3553	1456	4500				
handvel	470						
78	1839	294	2324	449	2966	611	3048
1061	3553	1434	4500				
handvel	495						
97.8	1839	297.8	2324	443.8	2966	556.8	3048
950.8	3553	1410.8	4500				
handvel	500						
98	1839	298	2324	401	2966	548	3048
914	3553	1402	4500				
handvel	540						
98	1839	236	2324	386	2966	506	3048
671	3553	871	4500				
handvel	580						
59.8	1839	150	2324	288	2966	397	3048
421	3553						
*call	migratx	12.5	15	12.31	611	tvint	veldefn
list	0.0				mute	migrate	
layer							
10							
*call	dskwrt	~/alasehir/alasehir-mig.dsk					
*end							

Çizelge A.6 : Sismik ortalama hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
*job	modelg	line3	gozde	migmodel			
*call	dskrd	~/alasehir/alasehir-mod-noise.dsk					
*call	define	cdp			veldefn	tvrms	
handvel	20						
40.5	1851	111.5	2152				
handvel	33						
46	1848	87	2324	140.5	2420		
handvel	100						
272	1838						
handvel	130						
294.5	1839	384	1953				
handvel	150						
580	1839	491	2036				
handvel	170						
285.5	1839	472.5	2032	621	2254		
handvel	200						

Çizelge A.6 (devam) : Sismik ortalama hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
272	1838	457	2035	683	2342	748.5	2405
handvel	215						
326	1840	461.5	1983	684	2303	807	2416
handvel	220						
323	1838	368.7	1898	467.7	1988	676.7	2290
828.2	2460						
handvel	230						
310	1839	452	1991	654	2294	844	2464
847.5	2467						
handvel	236						
303.5	1838	493.5	2026	669	2272	854.5	2411
862	2450						
handvel	265						
267	1839	448.5	2034	596	2265	824.5	2425
877	2544						
handvel	273						
267.8	1839	436.8	2026	627.3	2311	811.8	2480
853.3	2644						
handvel	340						
163	1840	270.5	2032	422	2369	645	2605
825	2812						
handvel	380						
108.5	1843	194.5	2056	312.5	2400	517.5	2657
795.5	2969						
handvel	420						
65.5	1841	164	2134	255	2431	404	2660
664.5	3010	755.5	3190				
handvel	440						
52	1850	153.5	2163	238	2416	361	
656.5	3046	747.5	3224				
handvel	450						
51.5	1844	149.5	2160	230	2446	332.5	
578	3160	728	3689				
handvel	455						
51	1850	149.5	2160	229.5	2440	327	
578	3028	728	3689				
handvel	470						
39	1846	147	2197	224.5	2463	305.5	
530.5	3016	717	3403				
handvel	495						
48.9	1840	148.9	2170	221.9	2433	278.4	
475.4	2971	705.4	3472				
handvel	500						
49	1837	149	2168	200.5	2376	274	
457	2954	701	3495				

Çizelge A.6 (devam) : Sismik ortalama hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
handvel	540						
49	1836	118	2118	193	2451	253	2595
335.5	2832	435.5	3215	652.5	3810		
handvel	580						
30	1833	75	2133	144	2537	198.5	2680
210.5	2732	599.5	4205				
*call	migratx	12.5		15	12.31	611	trms
list	0.0					mute	veldefn
layer							
10							
*call	dskwrt	~/alasehir/alasehir-ort-mig.dsk					
*end							

Çizelge A.7 : RMS hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56
*job	modelg	line3	gozde	migmodel		
*call	dskrd	~/alasehir/alasehir-mod-noise.dsk				
*call	define	cdp			veldefn	tvrms
handvel	20					
40.5	1839	111.5	2205			
handvel	33					
46	1848	87	2168	140.5	2609	
handvel	100					
272	1839					
handvel	130					
294.5	1839	384	2127			
handvel	150					
580	1839	491	2156			
handvel	170					
285.5	1839	472.5	2154	621	2707	
handvel	200					
272	1839	457	2156	683	2727	748.5
handvel	215					3009
326	1839	461.5	2137	684	2725	807
handvel	220					3010
323	1839	368.7	2111	467.7	2324	676.7
828.2	3011					2722
handvel	230					
310	1839	452	2140	654	2722	844
847.5	3311					3012
handvel	236					
303.5	1839	493.5	2152	669	2712	854.5
862	33114					3012

Çizelge A.7 (devam) : RMS hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
handvel	265						
267	1839	448.5	2156	596	2709	824.5	3014
877	3318						
handvel	273						
267.8	1839	436.8	2153	627.3	2311	811.8	3012
853.3	3316						
handvel	340						
163	1839	270.5	2154	422	2733	645	3016
825	3341						
handvel	380						
108.5	1839	194.5	2163	312.5	2737	517.5	3017
795.5	3363						
handvel	420						
65.5	1839	164	2198	255	2733	404	3016
664.5	3371	755.5	4084				
handvel	440						
52	1839	153.5	2211	238	2643	361	2832
656.5	3176	747.5	3678				
handvel	450						
51.5	1839	149.5	2210	230	264	332.5	2825
621	3172	736.5	3688				
handvel	455						
51	1839	149.5	2211	229.5	2641	327	2824
578	3160	728	3689				
handvel	470						
39	1839	147	2231	224.5	2658	305.5	2831
530.5	3159	717	3705.1				
handvel	495						
48.9	1839	148.9	2212	221.9	2638	278.4	2808
475.4	3131.5	705.4	3705				
handvel	500						
49	1839	149	2214	200.5	2619	274	2802
457	3128	701	3714				
handvel	510						
49	1839	126.5	2199	193.5	2630	260.5	2810
422.5	3130	639	3707	685.5	4122		
handvel	520						
49	1839	124	2197	192	2629	257	2810
386.5	3116	525	3649	668.5	4106		
handvel	530						
49	1839	121	2195	190.5	2631	253.5	2810
357.5	3104	463	3614	658	4100		
handvel	540						
49	1839	118	2193	193	2636	253	2813
335.5	3095	435.5	3597	652.5	4099		
handvel	550						
49	1839	114	2189	186.5	2632	251	2812

Çizelge A.7 (devam) : RMS hızlar ile göç kesitinin elde edilmesine ait adımlar.

1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64
321 handvel	3091 560	398.5	3575	647.5	4099		
49 314.5 handvel	1839 3090 570	110.5 339	2186 3529	184.5 639.5	2633 4088	249.5	2815
49 274 handvel	1839 3092 580	85.5 622	2160 4047	158.5	2626	219	2814
30 210.5 handvel	1839 3088 590	75 599.5	2196 4073	144	2669	198.5	2843
26.5 *call layer 10 *call	1839 migratx dskwrt	71.5 12.5 ~/alasehir/alasehir- rms-mig.dsk	2203 15	128 12.31	2662 611	570 trms	4462 veldefn
*end							

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Nigar Gözde OKUT
Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul- 23/09/1986
E-Posta: ngokut@itu.edu.tr
Lisans: Kocaeli Üniversitesi/Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Yayın Listesi:

- **Okut, N.G.**, Demirbağ, E., 2013: Alaşehir Grabeni Sismik Modelleme Çalışması *Türkiye 20. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi*, Kasım 25-27, 2013 Antalya, Türkiye, Bildiri Özetleri syf 597-600.