

### 3-Boyutlu Sismik Yöntemlerle Petrol Araması *Oil Exploration Using 3-D Seismic Methods*

Derya Durmaz<sup>1\*</sup>, Levent Gülen<sup>1</sup><sup>1</sup> *Sakarya Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 54187, Serdivan, Sakarya, TÜRKİYE*\* Sorumlu yazar: *derya-drmz@hotmail.com*

#### Özet

Türkiye’de 1970’li yıllardan beri çok yoğun iki boyutlu sismik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sayesinde petrol rezervi açısından önemli bulgulara rastlanmış ve jeolojik yapılar yorumlanmış olup, bu yapıların uzanımı, doğrultuları ve olası petrol rezervinin detaylı bir şekilde modellenmesi ve hesaplanması amacı ile üç boyutlu sismik çalışmalar yapılmasına karar verilmiştir. Bu durum göz önüne alınarak 2013 yılında Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Diyarbakır ilinin Miyadin ilçesinde Migo-Ergani petrol sahasında, TPAO’nun bünyesinde bulunan sismik araştırma ekibi ile beraber sismik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda ilk olarak bölgenin jeolojisi, tektoniği ve diğer özellikleri dikkate alınarak çalışmada kullanılacak olan parametreler ve saha tasarım özellikleri belirlenmiştir. Vibro kaynaklı üç boyutlu sismik veri toplanıp kalite kontrol işlemlerinden geçirilmiştir. Sismik yansıma verilerine çeşitli veri işlem basamakları uygulanarak sismik kesitler elde edilmiş, daha sonra elde edilen sismik kesitlerin detaylı yorumları yapılarak petrol rezervi olabilecek olası petrol kapanları belirlenmiştir. Sondaj çalışmaları neticesinde önerilen 2500m derinliğine sahip Şelmo Formasyonunda ekonomik olabilecek petrol bulgularına rastlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** 3B Sismik Yansıma, Diyarbakır Miyadin, Petrol, Rezervuar, Sismik Kesit.

#### Abstract

Since 1970, very detailed two-dimensional seismic exploration has been done in the South-Eastern Anatolia region. In the exploration studies, geological structure and their extensions were interpreted and it was found that this region is rich in oil reserves. The main purpose of three-dimensional studies is the modelling and calculation of probable oil reserves. Considering this situation in 2013 in Turkey's South-Eastern Anatolia region of Miyadin, District of Diyarbakir province Migo - Ergani oilfield, TPAO seismic research team carried out seismic studies on site. In this study, first geology, tectonics and other parameters are used to characterize the field. Using a Vibro-source three-dimensional seismic data have been collected and passed through a quality control process. Seismic sections are obtained by using various data processing steps of the seismic reflection then a detailed interpretation of the seismic sections is carried out to determine the oil trap and oil reserves. The recommended depth of Şelmo Formation is 2500m and if it is drilled for oil, the results will be economical.

**Key words:** 3D Seismic Reflection, Diyarbakır Miyadin, Petroleum, Reservoir, Seismic Section.

## 1. Giriş

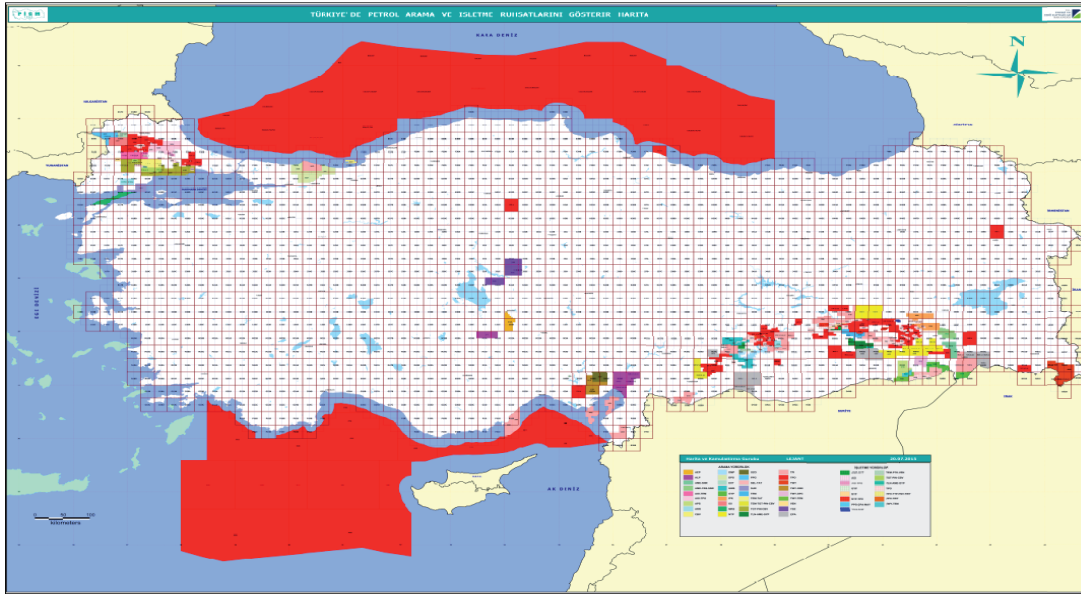
Jeofiziğin temel yöntemlerinden biri olan sismik yöntem, sismik dalgaların yayınımla ilgilenerek jeolojik verilerin yorumlanmasında geniş uygulama alanı bulmaktadır. Sismik yöntem, yer altı kaynaklarından özellikle petrol aramalarında yaygın olarak kullanılan bir jeofizik yöntemdir.

Hidrokarbon aramalarında yer içinin kesitinin çıkarılması, yer altı katmanlarının durumunun saptanması, yerin altına haritalanması ve açılacak kuyunun yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden sismik yansıma ve sismik kırılma çalışmaları yapılmaktadır. Sismik yöntemin uygulanması, veri toplama, veri işleme ve veri yorumu olmak üzere üç ana bölüme ayrılır. Sismik veriyi yorumlayan yerbilimcinin yeterli veri toplama ve veri işlem bilgi ve deneyimine sahip olması gerekmektedir (Şahin, 2011).

## 2. Önceki Yapılan Çalışmalar

### 2.1. Türkiye’de Yapılan Petrol Arama Faaliyetleri

Ülkemizin kendi içerisindeki petrol arama çalışmaları Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yoğunlaşmıştır. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde PERENCO (Fransa) ve MADISON (ABD) ile, Adana-Hatay Bölgesi’nde EL-PASO (ABD) ile, Trakya Bölgesi’nde ise AMITY OIL (Avustralya) şirketleri ile ortak olarak arama çalışmalarını yürütmektedir (Şekil 1).



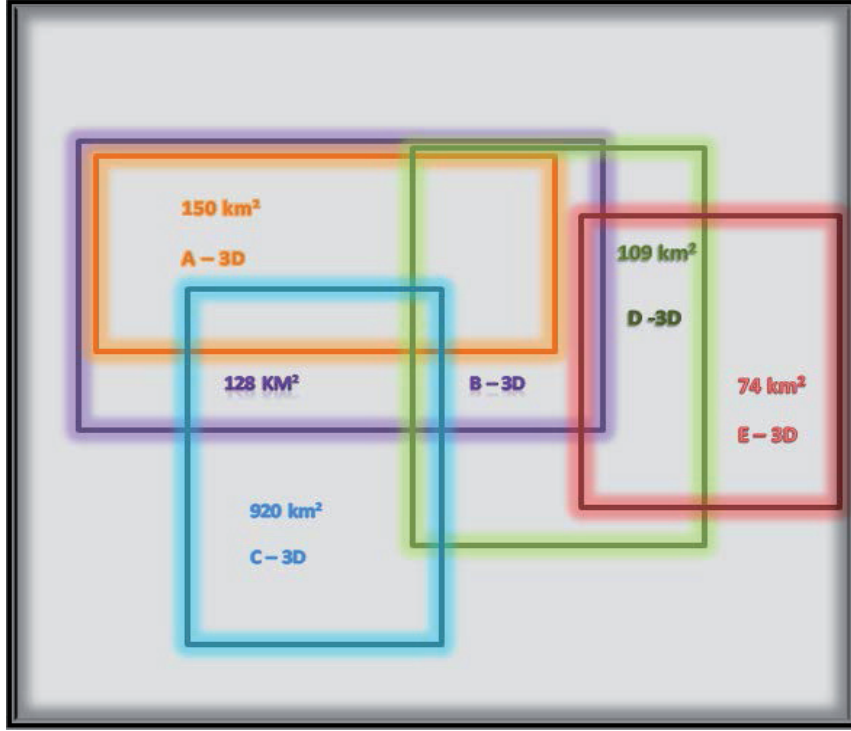
Şekil 1. Türkiye’deki petrol bölgelerine göre ruhsatların dağılımı (www.pigm.gov.tr)

### 2.2. Diyarbakır Havzasında Yapılan Bazı Çalışmalar

Bölgede 1970’li yıllardan beri çok yoğun iki boyutlu sismik çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda bölgede petrol rezervi açısından zengin bulgulara rastlanmış ve jeolojik yapılar yorumlanmış olup, bu yapıların uzanımını, doğrultularını ve olası petrol rezervinin detaylı bir şekilde modellenmesi ve hesaplanması amacı ile üç boyutlu sismik çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

Bu durum göz önüne alınarak 2013 yılında Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Diyarbakır ilinin Miyadin ilçesinde Migo-Ergani petrol sahasında, TPAO’nun bünyesinde bulunan

sismik araştırma ekibi ile beraber sismik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Diyarbakır Havzasının petrol arama çalışmalarını içeren pek çok çalışma bulunmaktadır (Şekil 2). Bu çalışmalardan sahamızda ve yakın çevresinde yapılmış olanlarını aşağıdaki şekilde görebiliriz.



Şekil 2. İlgili sahada yapılan çalışmalar (TPAO arşivinden değiştirilerek alınmıştır)

Sarı dikdörtgen içerisindeki çalışma alanı Diyarbakır ilinin D havzasında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından 109 km<sup>2</sup> lik bir alanda 3 boyutlu sismik yansıma çalışması olarak yapılmıştır (Beşevli, 2013).

Turuncu dikdörtgen içerisindeki çalışma alanı Diyarbakır ilinin E havzasında TPAO tarafından 74 km<sup>2</sup> lik bir alanda 3 boyutlu sismik yansıma çalışması olarak yapılmıştır. Mavi dikdörtgen içerisindeki çalışma alanı Diyarbakır ilinin C havzasında TPAO tarafından 90 km<sup>2</sup> lik bir alanda 3 boyutlu sismik yansıma çalışması olarak yapılmıştır. Yeşil dikdörtgen içerisindeki çalışma alanı 1991 yılında Diyarbakır ilinin A havzasında Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından 150 km<sup>2</sup> 'lik bir alanda 3 boyutlu sismik yansıma çalışması olarak yapılmıştır. Bizim çalışma alanımız 1991 yılında yapılmış olan A 3 boyutlu sismik yansıma çalışmasındaki alanla hemen hemen aynı yerde olup Miyadin havzası olarak adlandırılan 150 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadır.

## 2.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

### 2.3.1. Şelmo Formasyonu

Çakıltaşı, kumtaşı, şeyl ve çamurtaşı ardalanmalı akarsu çökelleri ile kumtaşı, çakıllı marn, şeyl ve tüfitli göl çökellerinden oluşan bu birim, Yoldemir (1987) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon, kumtaşı, kiltası, çamurtaşı, silttaşı ile bunların arasında yer alan çakıltaşlarından; bazı bölümleri ise kumtaşı, çakıllı marn ve şeyl, tüfit ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3).



### 3. Materyal ve Metod

#### 3.1. Sismik Yöntemler

Sismik yöntemler yeryüzünden yer küresinin merkezine kadar inceleme ve araştırma yapabilen jeofizik mühendisliğinin en kapsamlı ve en yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir. Sismik yöntemlerin prensibi herhangi bir noktada doğal oluşan veya yapay oluşturulan dalganın yayılma başlangıç zamanını ve diğer birçok noktalara titreşim dalgasının varış zamanları arasındaki yol-zaman ilişkisinden dalga yayılım hızının saptanarak geçtiği ortamının özelliklerinin açığa çıkarılması esasına dayanır. Jeofizik Mühendisi yeraltı jeolojik yapılarının sismik hız ve katman kalıntılarının modellerini elde etmek için bilgisayar ile değerlendirmesini yapar ve yorumlar (Keçeli, 2009). Sismik yöntemler uygulama şekillerine göre sismik yansıma (reflection) ve sismik kırılma (refraction) olmak üzere ikiye ayrılırlar.

#### 3.2. Sismik Yansıma Yöntemi

Sismik yansıma pratikte arazi çalışması nispeten basit olmakla beraber çeşitli gürültülü sismik sinyali ayırt etme, veri işlem ve yorumda sismik kırılma yöntemine göre daha fazla akademik bilgi birikimi ve deneyimi gerektirmektedir. Yüksek kaliteli sığ sismik yansıma verileri elde edilmesi, deneyimle geliştirilen bir nevi sanat olarak bilinmektedir. Bu neden kırılma yöntemine göre yansıma yöntemi daha pahalı bir yöntem olmaktadır. Bu açıklanan sebeplerden dolayı sığ sismik yansıma yöntemi mühendislik jeofiziği uygulamalarında sismik kırılma yöntemi kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır (Keçeli, 2009).

#### 3.3. 3 Boyutlu (3B) Sismik Veri Toplama Yöntemi

Hidrokarbon aramalarında ilgilenilen yer altı yapısının doğası üç boyutludur (Örn: Tuz domları, ters fay kuşakları, riftler, deltayık kumtaşları ve düzensiz tabakalı stratigrafik yapılar). İki boyutlu (2B) bir sismik kesit üç boyutlu (3B) sismik cevabın enine kesitini sergiler. Çünkü 2B kesit yer altında düzlem dışı dahil bütün yönlerden gelen bilgileri içermektedir (Küçük, 2006).

Söz edildiği gibi 2B ve 3B sismik çalışmalar arasında birçok fark bulunmaktadır. Bu farklar Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. 2B migrasyon ile 3B migrasyon arasındaki farklar görülmektedir.

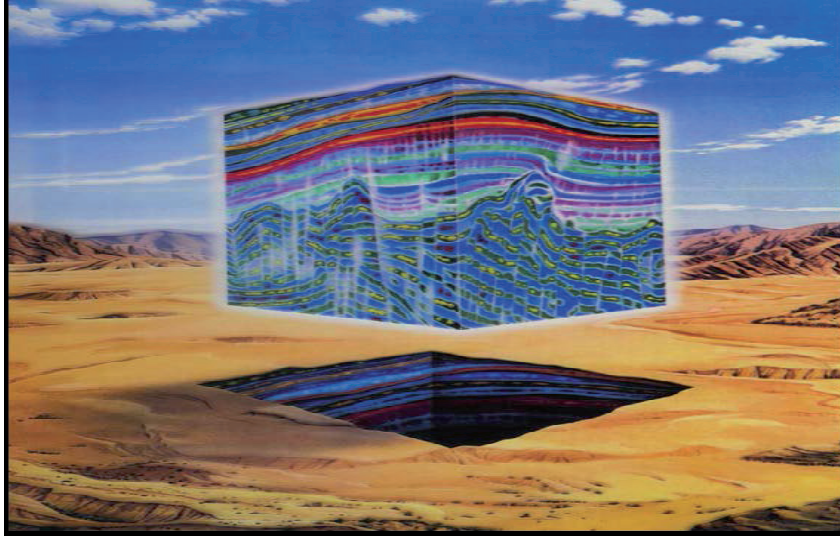
2 BOYUTLU SİSMİK	3 BOYUTLU SİSMİK
DOĞRUSAL SİSMİK PROFİL, KANAL SAYISI 360 VEYA 400	ALANSAL PROFİL, KANAL SAYISI MİNİMUM 1200
KAYNAK VE ALICI (IN-LINE) AYNI PROFİL ÜZERİNDE	KAYNAK HATTI ALICI HATTINA DIK (ORTOGONAL)
JEOFON SERİMİ DOĞRUSAL	JEOFON SERİMİ ALANSAL
YERALTI BİLGİSİ NOKTASAL (CDP)	YERALTI BİLGİSİ ALANSAL (BİN)
İZLER AYNI AÇI İLE GELİYOR	İZLER FARKLI AÇILARDAN GELİYOR (AZIMUTH)
ETKİSİZ MİGRASYON (3. BOYUT ETKİLERİ)	ETKİLİ MİGRASYON
SADECE PROFİL BOYUNCA GÖRÜNTÜLEME	IN-LINE CROSS-LINE VE TIME SLICE BOYUNCA GÖRÜNTÜLEME
SADECE IN-LINE HIZ ANALİZİ	HEM IN-LINE HEM CROSS-LINE HIZ ANALİZİ
KATLAMA SAYISI 80-100	KATLAMA SAYISI 30-50
ORTALAMA VİBRO KM <sup>2</sup> MALİYET 3000-5000	ORTALAMA VİBRO KM <sup>2</sup> MALİYET 6000-8000



## 4. Araştırma Ve Bulgular

### 4.1. 3B Sismik Veri İşlem Aşamaları

Çok kanallı sismik yansıma verilerinden taban altının görüntüsünün elde edilebilmesi için, toplanan verinin birtakım karmaşık veri işlem aşamalarından geçmesi gerekir. Ardışık olarak uygulanan bir dizi matematik işlemden oluşan ve sismik verilerin bulunduğu formdan başka bir forma geçirilmesi için uygulanan işlemler bütününe “sismik veri işlem (seismic data processing)” adı verilir (Şekil 4). Temel amaç basittir: Sinyal/Gürültü oranını (S/G) ve Sismik Rezolüsyonu arttırmak.



Şekil 4. Kütlelinin üç boyutlu görünümü (Gürel, Başar, Seymen, 2005)

Veri işlem aşamaları aşağıdaki şekilde yazılabilir (Özer, 2009):

a) Örnek Düzenleme, b) Veri Yükleme, c) Geometri Tanımlama, d) Statik Düzeltmeler, e) Kazanç Uygulama, f) İz Ayıklama, g) F-K Eğim Filtresi, h) Deconvolüsyon, ı) Bantgeçişli Filtre, j) Hız Analizi, k) Normal Kayma Zamanı Düzeltmesi, l) Yığma (Stack)

Örnek düzenleme (Demultiplex), veri işlemin ilk aşaması olup verinin fiziksel özelliğini değiştirmeden veriye bir konum değişikliği yapmaktır. TPAO'da artık bu işlem yapılmamaktadır. Çünkü gelişen teknoloji ile birlikte veriler araziden itibaren düzenli bir şekilde alınıp kayıt edildiğinden bu işleme gerek duyulmamaktadır. Bizim çalışmamızda demultiplex haricinde yukarıda belirtilen tüm veri işlem aşamaları sismik verimize uygulanmıştır.

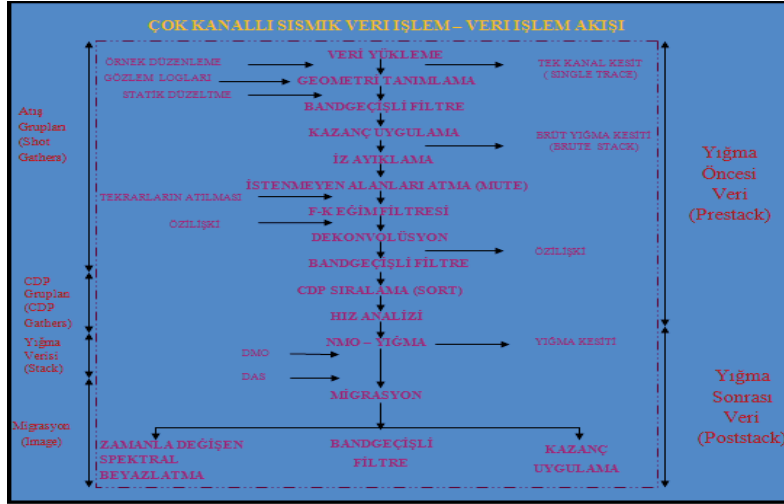
### 4.2. Sismik Yorumlama

Sismik verinin işlenmesi ve sismik kesitin elde edilmesinden sonra, sıra bu kesitin yorumlanmasına gelir. Sismik yorumun esasını, sismik kesitlerde izlenen yansıyan sinyallerin oluşturduğu geometrik yüzeyler ve sinyallerdeki karakter değişimleri teşkil eder. Sismik verilerin yorumu başlıca; a) Yapısal yorum (structural interpretation), b) Stratigrafik yorum, c) Litolojik yorum adları altında üç gruba ayrılır. Yapısal yorum, sismik kesitlerdeki kaynak dalgacıklarının oluşturduğu kesit yüzeyleri geometrilerinin kullanılmasına dayanır. Stratigrafik yorumlar, çoğunlukla yapısal özelliklerden dolayı, varış zamanlarına doğrudan bağlı olmayan işlemleri kapsar ve genlik ile faz bilgilerinin yanı sıra, hız fonksiyonlarının da kullanılmasını gerektirir. Matematiksel dönüşümlerle sismik izlerden akustik parametrelere geçilir. Litolojik yorum ise, modeli oluşturan tabakaların elastik özelliklerinin ince-

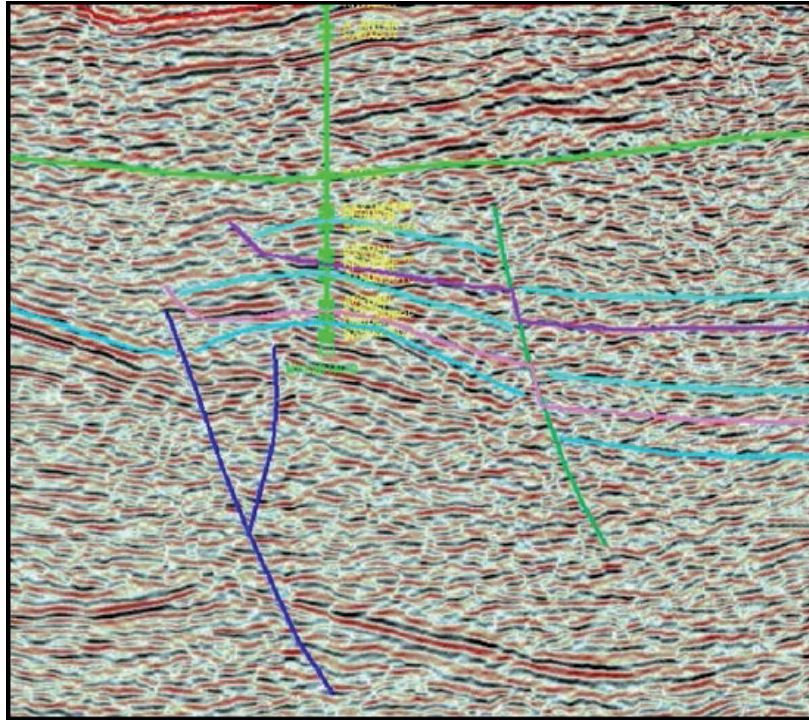
lenmesini içerir. Boyuna dalgaların yansıma genliğinin, boyuna ve enine hızlarla birlikte yoğunluk ve kaynak-alıcı arasındaki uzaklığa bağlılığından yararlanarak yapılan sismik litolojik çalışmalar, birleştirme öncesi verilerin kullanılmasını ve özel veri işlemleri gerektirir (Gülen, 2012)

## 5. Tartışma ve Yorum

Şekil 5'te, jeolojik yapıya ait modellenmiş olan final kesit görülmektedir. Buna göre yukardan aşağıya düz açık yeşil renkli 2500 metre derinliğine kadar inen kuyu, hattımızın üzerinde bulunan sondaj kuyusudur. Sondaj kuyusunun altı jeolojik yapının hemen hemen üst kısımlarına denk gelmektedir. Burada görülen petrol emaresinin içerisinde bulunan jeolojik yapının, etrafında farklı faylanmalara neden olduğu görülmektedir. Mor çizgiyle çizilmiş olan kısım



Şekil 5. Çok kanallı sismikte veri işlem akışı



Şekil 6. Sismik çalışmalar sonucunda ortaya çıkan final kesit

bindirme fay zonunu, hemen altında pembe çizgiyle ayrılmış olan kısım ters faylanmayı, yukarıdan aşağı inmekte olan koyu yeşil çizgi doğrultu atımlı fayı, sol taraftaki çiçeksi yapı ise normal (listrik) faylanmayı temsil etmektedir. Kuyunun sol tarafındaki listrik faylanmadan dolayı meydana gelen genişleme, kesitin diğer tarafında bir sıkışma bölgesinin oluşmasına neden olmuştur. Sıkışma bölgesinde yukarıda bindirme fayı, aşağıda ise ters faylanma meydana gelmiştir. Sonuç olarak sismik kesite de görüldüğü gibi bu tektonik oluşumlar sonucu meydana gelen jeolojik yapı antiklinaldir. Burada genişleme ve sıkışma bölgesi arasında kalan kısımda petrol emaresine rastlanıp, 2500m derinliğinde sondaj kuyusu açıldığı ve üretime başlandığı bilinmektedir.

## **6. Sonuç ve Öneriler**

Diyarbakır ilinin Ergani ilçesinde yer alan Miyadin inceleme alanında yapılan bu çalışma; petrol aramacılığında seçilen parametrelerin önemini, sismik verilerin doğru bir şekilde elde edilmesini ve değerlendirilmesini kapsamaktadır. Yapılan bu çalışmada daha iyi verim ve daha net sonuçlar elde etmek için jeofon aralıkları ve dizilimleri, örnekleme aralıkları ve sismik kaynak parametreleri önceki yapılan çalışmalardan farklı olarak seçilmiş ve uygulanmıştır.

Gerçekleştirilen saha parametreleri; atış aralığı 50m, grup aralığı 50m, atış hattı aralığı 300m, alıcı hattı aralığı 250m, kanal sayısı 84, toplam kanal sayısı 504, atış hattı sayısı 22, alıcı hattı sayısı 78, toplam alıcı sayısı 10374 ve toplam atış sayısı 8559 şeklindedir.

Petrol arama amaçlı yapılan bu çalışmada ilk olarak, amaca uygun sismik veri toplama programını belirlemektir. Miyadin çalışma sahası için önerilecek sismik program, mevcut jeolojik ve jeofizik veriler dikkate alınarak önerilmiştir. Jeolojik ve jeofizik veriler korele edilerek önerilen sismik program ile daha doğru yer altı bilgisine ulaşılmıştır.

Miyadin çalışma sahasında sismik lokasyon haritası üzerindeki sismik hatlar, tektonik trendler ve yüzey formasyonları dikkate alınarak belirlenmiştir. Sismik yansıma kesitlerinin daha kaliteli olması için jeofonların frekans aralıkları arttırılmalı ve böylece yüksek frekanslı jeofon ile yüksek frekanstaki sinyaller daha iyi kaydedilecektir.

Çalışma sahasında enerji kaynağı olarak vibroseis kullanılmıştır. Böylelikle istenilen frekans aralıklarında yere sinyaller gönderilmesi ve kaliteli bir şekilde sinyaller kaydedilebilmiştir.

Miyadin çalışma sahasında ve çevresindeki bölgelerde açılan kuyuların büyük bir kısmında petrol emarelerine rastlanmış, havzada bugüne kadar kaynak kaya özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar, bu havzada hidrokarbon oluşumunun gerçekleştiğini göstermektedir. Bu durumun sonucu olarak da Diyarbakır Havzası'nda bu tür çalışmalara devam edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Final sismik kesitte elde edilen faylar, bölgedeki (mesela miyosen)birimleri etkilemiş olduğunu düşündürmektedir. Miyadin çalışma sahasında, bu çalışma sonrasında 2500 metre derinliğinde sondaj açılıp, petrol alınması önerilmektedir.



## Kaynaklar

Aytünür, O., Güreli, O., Çetinkaya, Ö., 2005. Sismik yansıma yöntemiyle 2D-3D veri toplaması ve saha uygulamaları. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Grubu, Jeofizik Operasyonlar Müdürlüğü, Ankara.

Beşevli, D.T., 2013. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, kurs notları, Ankara.

Gülen, L., 2012. Sakarya Üniversitesi, Yer Fiziği Anabilim Dalı, ders notları, Sakarya.

Güreli, O., Başar, H.S., Seymen, T., 2005. 3 boyutlu sismik veri toplama yöntemi. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Grubu, Jeofizik Operasyonlar Müdürlüğü, Gölbaşı, Ankara.

Güreli, O., 2008. Sismik yansıma yöntemi ile 2B-3B veri toplama teknikleri, veri işlem ve spektral analiz, North African Geophysical Exploration Company, Libya.

Kaşlılılar, A., 2009. Sismik yansıma yöntemi ve veri işlem. İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Keçeli, A., 2009. Uygulamalı Jeofizik kitabı, Ankara.

Küçük, Z., Ekim 2006. İki boyutlu ve üç boyutlu sismik veri toplama ve test atışlarının önemi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi, Trabzon.

Öztürk, K., 1993. Prospeksiyon Jeofiziği (Sismik). İstanbul Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Özer, D., 2009. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, kurs notları, Antalya.

Özçep, F.; Akkaryan, Ş., Eylül, 2001. Doğal kaynakların araştırılması. Jeofizik Bülteni, 38, 93-94.

Sakallıoğlu, Y., 1992. Vibrosismik tekniğinde sweep sinyali seçimi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, yüksek lisans tezi, Ankara.

Şahin, A., 2011. Sıraseki (Adana) sahasında sismik yansıma yöntemi ile hidrokarbon araştırılmasında sismik veri toplama ve parametre seçimi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.