

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**AFGAN-TACİK HAVZASI'NIN AFGANİSTAN SINIRLARI İÇERİSİNDE
KALAN BÖLÜMÜNÜN PETROL JEOLJİSİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRMESİ**

Nargis SADIQ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

22 ARALIK 2017

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFGAN-TACİK HAVZASI'NIN AFGANİSTAN SINIRLARI İÇERİSİNDE
KALAN BÖLÜMÜNÜN PETROL JEOLJİSİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRMESİ**

Nargis SADIQ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

22 ARALIK 2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AFGAN-TACİK HAVZASI'NIN AFGANİSTAN SINIRLARI İÇERİSİNDE
KALAN BÖLÜMÜNÜN PETROL JEOLJİSİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Nargis SADIQ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

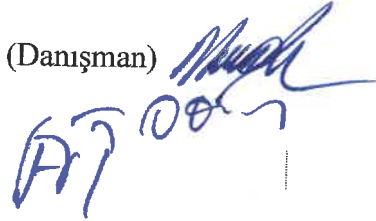
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/12/2017 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU



ÖZET

AFGAN-TACİK HAVZASI'NIN AFGANİSTAN SINIRLARI İÇERİSİNDE KALAN BÖLÜMÜNÜN PETROL JEOLJİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ

Nargis SADIQ

Yüksek Lisans Tezi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

22 Aralık 2017; 79 Sayfa

Bu çalışmada Afganistan'ın kuzeyinde yer alan Afgan-Tacik Havzası'na ait Eosen yaşlı Suzak Formasyonu'nun petrol potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Eosen yaşlı Suzak Formasyonu Afgan-Tacik Havzası'nda Buhara Formasyonu'nun üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Bu formasyon Tacikistan ve Özbekistan'da petrolün ana kayası olarak tespit edilmiştir. Ancak Afganistan'da bu formasyon üzerine araştırmalar yıllardır devam etmektedir. Dolayısıyla bu formasyonun ana kaya olabilme kapasitesini açıklamak için organik petrografik ve organik jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir.

Suzak Formasyonu'na ait yüzey örneklerinin ortalama toplam organik karbon içeriğinin ortalama %1.3'dür. Sadece iki örneğin toplam organik madde değeri %13.9 ve 19.7 olduğu görülmüştür. Bu durum kayaların petrol üretimi için yeterli organik madde miktarına sahip olduklarını göstermektedir. Piroliz analizinden (Rock-Eval) elde edilen Tmax değerine göre Suzak Formasyonu (435-465°C) olgunlaşmamış-çok olgun arasında yorumlanabilir.

Organik madde, II. ve III. tip kerojene sahiptir. Organik madde termal olarak olgunlaşmış olup birimin petrol üretim alanında olduğu görülmektedir.

Piroliz analizleri Suzak Formasyonu çamurtaşları, yüzey örneklerinin doğal gaz eğimli ve III. tip kerojen içerdiğini göstermektedir. Ancak karot örnekleri ve birkaç yüzey örneğinin, petrole eğimli ve II. tip kerojen içerdiklerini kanıtlamaktadır.

Suzak Formasyonu'ndan alınan yüzey ve karot örnekleri organik petrografik ve organik jeokimya analizleri için kullanılmıştır. Örneklerin çoğunda vitrinit yansıma değerlerinin %0.9-1.5 arasında ve petrol üretim penceresinde olduğu görülmektedir. İki örneğin vitrinit yansıma değerinin %2 olduğu ve gaz üretim penceresinde olduğu görülmüştür. Bir örneğin vitrinit yansıma değeri ise %5.6 olarak bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Afgan-Tacik, Organik Madde, Rock-Eval, Suzak Formasyonu, Toplam Organik Karbon, Vitrinit Yansıma.

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

ABSTRACT

PETROLEUM GEOLOGY EVALUATION OF THE DIVIDED AFGHAN-TAJIK BASIN WITH THE AFGHANISTAN BORDER

Nargis SADIQ

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

22 December 2017; 79 pages

In this study, the source rock potential of the Organic-rich Eocene-age Suzak Formation was investigated. This Formation belongs is located in Afghan-Tajik basin in the northern Afghanistan.

Suzak Formation conformably overlies the Bukhara Formations. In Tajikistan and Uzbekistan this formation has proven to be petroleum source rock, but in Afghanistan geologists have been investigating the Organic-rich Eocene-age Suzak (also called Givar) mudstone for many years in order to prove its potential of the bed rock. To understand the capacity of this formation organic petrographic and organic geochemical analyses of the bed rock was carried.

During the organic petrographic and organic geochemical analysis many samples of crude oil, natural gas, and source rock were collected from wells, fields, and outcrops in northern Afghanistan to correlate with crude oil and natural gas of postulated source rocks.

The Total Organic Carbon (TOC) content of Suzak mudstone outcrop samples is generally low, averaging approximately 0.4 weight percent. Only two outcrop samples contain total organic carbon greater than 1 weight percent, both approximately 1.3 weight percent. Two Suzak mudstone core samples have total organic matter contents of 13.9 and 19.7 weight percent, indicating that these rocks are capable of generating petroleum.

Results from pyrolysis analysis (Rock-Eval) indicate that T_{max} is between 435-465 degrees C, in which organic matter shows it takes place between immature-post mature.

Pyrolysis analysis of the Suzak mudstone also indicates that most of the samples of the outcrop contain natural gas-prone type III kerogen. But core samples and a few outcrop samples contain crude oil-prone type II kerogen.

Most of the samples have mean vitrinite reflectance values between 0.9 and 1.5 percent, indicating that the organic matter is thermally mature and within the realm of crude oil generation. Two samples have vitrinite reflectance values of approximately

2%, capable of natural gas generation. One aberrant sample probably contains reworked (recycled) vitrinite with a reflectance value of 5.6 percent.

KEYWORDS: Afghan-Tajik, Organic Matter, Rock-Eval, Suzak Formation, Total Organic Carbon, Vitrinit Reflectence.

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU

ÖNSÖZ

Petrol günümüzde çok önemli bir madde olarak görülmektedir. Ve ülkelerin ekonomisi açısından önem arz etmektedir. Teknolojinin gelişimi ile birlikte enerji tüketimi de hızla artış göstermektedir. Dolayısıyla petrol alanında araştırmaların yapılması ve gelişmelerin yakından izlenmesi gerekmektedir. Dünyada orta asya büyük petrol rezervuarlarını içermektedir. Orta asya ülkeleri arasında Afganistan önemli petrol ve doğal gaz rezervuarlarına sahiptir. Organik petrografik ve organik jeokimyasal analizleri petrol aramacılığında ana kaya potansiyelini tespit etmek için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Suzak Formasyonu'nun petrol jeolojisi açısından özellikle ortaya koymak için günümüze kadar yapılan çalışmalar ve analizler değerlendirilmiştir.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup, yüksek lisans çalışmam sırasında bana göstermiş olduğu destek ve yardımlarından dolayı ve tezim süresince yorumlarını, deneysel çalışmaların sırasında yardımlarının esirgemeyen Danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY'e (Akdeniz Üniversitesi) teşekkürlerimi sunarım. Derslerim süresince destek ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK'e (Akdeniz Üniversitesi) teşekkür ederim. Jeofizik Bölümü'nde bana yardımcı olan çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Günay BEYHAN'a (Sakarya Üniversitesi) teşekkür ederim.

Yazım çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Khalil Rahman ALİZADA'ya, maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme, tez çalışmam süresince göstermiş oldukları her türlü anlayış ve yardımlarından dolayı Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGE DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	4
2.1. Petrol Kavramı ve Oluşumu	4
2.2. Kerojen.....	4
2.3. Organik Madde Türleri	5
2.4. Organik Maddenin Olgunlaşması ve Petrol Oluşumu	6
2.5. Organik Jeokimyasal ve Organik Petrografi Analizler.....	8
2.5.1. Toplam Organik Karbon ve Rock – Eval piroliz Analizi.....	8
2.5.2. Vitrit Yansıma Ölçümü	9
3. MATERYAL VE METOT	10
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	11
4.1. Bölgesel Jeoloji.....	11
4.2. Önceki Çalışmalar.....	13
4.3. Afgan-Tacik Havzası'nın Litostratigrafisi.....	16
4.3.1. Kanonin Formasyonu	18
4.3.2. Gissar Formasyonu.....	18
4.3.3. Gaurdak Formasyonu	19
4.3.4. Karabil Formasyonu	19
4.3.5. Almurad Formasyonu.....	20
4.3.6. Kızıltaş Formasyonu.....	20
4.3.7. Barremiyen Formasyonu	20
4.3.8. Okuzbulak Formasyonu	21
4.3.9. Kaligrek Formasyonu	21
4.3.10. Aulat Formasyonu.....	21

4.3.11	Gori Formasyonu	21
4.3.12.	Buhara Formasyonu (Paleosen).....	22
4.3.13.	Suzak Formasyonu:.....	23
4.3.14.	Alay Formasyonu (Eosen)	23
4.3.15.	Türkistan Formasyonu	23
4.3.16.	Talikan Formasyonu	24
4.3.17.	Sumsar Formasyonu (Oligosen)	24
4.3.18.	Şursay Formasyonu.....	24
4.3.19.	Balzuan Formasyonu	24
4.3.20.	Kingou and Tavildara Formasyonları	24
4.3.21.	Karanak Formasyonu (Paliosen).....	25
4.4.	Afgan-Tacik Havzasının Yapısal Gelişimi ve Petrol Sistemleri	25
4.4.1.	Afgan-Tacik Havzasının Yapısal Çatısı	25
4.4.2.	Afgan-Tacik Havzası'nın Petrol Sistemleri	27
4.4.3.	Afgan-Tacik Jura Petrol Sistemi	27
4.4.4.	Afgan-Tacik Havzası'nın Paleojen Petrol Sistemi	30
4.5.	Eosen Yaşlı Formasyonu'nun Petrol Jeolojisi Özellikleri.....	32
4.5.1.	Suzak Formasyonu'nda yapılan Toplam Organik Karbon (TOC), Rock-Eval Piropliz ve Vitrinit Yansıması Analizleri	34
4.6.	Jeofizik Araştırmalar.....	41
4.6.1.	Mavi Sismik Çizgisi ve Jura Tuz Tabakasının Yorumu	42
4.6.2.	Yeşil Sismik Çizgisi	45
4.6.3.	Kırmızı Sismik Çizgisi	48
4.6.4.	Siyah Sismik Çizgisi	55
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	59
6.	KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ		

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “AFGAN-TACİK HAVZASI'NIN AFGANİSTAN SINIRLARI İÇERİSİNDE KALAN BÖLÜMÜNÜN PETROL JEOLJİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir; bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/12/2017

Nargis SADIQ



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	:Yüzde
°C	:Santimetre
C	:Karbon
CH ₃	:Metil Grubu
Cm	:Santimetre
Cm ³	:Santimetre Küp
COOH	:Karboksil Grubu
Gr	:Gram
H	:Hidrojen
Kg	:Kilo Gram
Km	:Kilometre
N	:Azot
OH	:Hidroksil Grubu
Ro	:Vitrinit Yansıması

Kısaltmalar

2B	:İki Boyutlu
AGS	:Afghanistan Geological Survey
BDT	:Bağımsız Devletler Topluluğu
BP	:British Petroleum
CNPC	:China National Petroleum Corporation
IHS	:Information Handling Services
MOM	:Ministry of Mines and Petroleum
TOC	:Total Organic Carbon
USGS	:United States Geological Survey

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.** Afgan-Tacik ve Amu Darya Havzalarının'ın lokasyonu. Yeşil renk; petrol sahaları, Kırmızı renk; doğal gaz sahaları, Turuncu renk; her ikisinin içeren sahaların lokasyonunu gösteren harita (IHS Energy 2005).....2
- Şekil 2.** Afgan-Tacik Havzası'nın Lokasyon Haritası (CNPC 2013). 11
- Şekil 3.** Afgan-Tacik ve Amu – Darya Havzaları'nın genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Klett T. R. Vd. 2006'den değiştirilerek alınmıştır)..... 17
- Şekil 4.** Afgan-Tacik havzasının enine kesiti (CNPC 2013).25
- Şekil 5.** Afgan-Tacik Havzası'nda hidrokarbonların dağılımı ve yapısal birimleri (CNPC 2013).....26
- Şekil 6.** Afgan-Tacik Havzası'nda petrol ve gaz birikim modeli (CNPC 2013).28
- Şekil 7.** Afgan-Tacik Havzası'nda Jura Petrol Sistemi. Bu petrol sisteminde Alt-Orta ve Üst Jura kaynak kayaları, Jura-Kretase rezervuar kayaları ve Üst Jura-Kretase çamurtaşı örtü kayaları oluşturmuştur. Geç Kretase döneminde petrol oluşumu ve göçü başlamıştır. Kapanlar ise çoğunlukla Paleojen ve Neojen döneminde gelişmiştir (USGS ve MOM-Afganistan 2006).30
- Şekil 8.** Kuzey Afganistan ve çevresindeki alanların bugünkü yapısal unsurları gösteren harita; Jeofizik yöntemlerle haritalandırılan yapılar, değerlendirme birimlerinin sınırları. petrol ve doğal gaz sahaların lokasyonları, kesitleri, toplanan numuneler ve petrol üretim modelleri için kullanılan profiller. (VNIGNI 2005a, VNIGNI 2005b, Bratash vd. 1964, Clarke ve Kleshchev 1992, Gustavson Associates 2004, Ivanov ve Didura 1978, Ivanov vd. 1978, Klochko ve Slobodyanyuk 1984, Les'kiv 1991, Melekhin 1973, Melikhov vd. 1997, Tulyaganov 1972, Ulmishak 2004, VZG 2004).33
- Şekil 9.** Suzak Formasyonu'ndan görüntüler. Mostra örnekleri aşırı derecede aşınmıştır. A) ve B) Kholum şehrine yakını, C) Garavoty şehri 15 km güneyindedir.....34

Şekil 10. Grafikler Suzak Formasyonu'n örneklerinin organik jeokimyasal analizlerini göstermektedir. A) Toplam organik madde içeriklerinin dağılımı. B) Van Krevelen diyagramına göre kerojen tipleri. C) Ortalama vitrinit yansıma değerlerinin dağılımı. D) Hidrojen indeksi-Tmax grafiği (USGS ve MOM-Afganistan 2006).	35
Şekil 11. Afganistan ve Tacikistan ham petroleri ve özüt analizleri (USGS ve MOM-Afganistan 2016).	37
Şekil 12. Afganistan ve Tacikistan'ın ham petroleri ve özüt analizleri (USGS ve MOM-Afganistan 2006).	38
Şekil 13. Afganistan ve Tacikistan ham petroleri ve özüt analizleri (USGS ve MOM-Afganistan 2006).	39
Şekil 14. Paleojen Petrol Sistemi. Bu petrol sistemi Eosen kaynak kayaları, Üst Kretase ve Paleojen rezervuar kayaları, Paleojen çamurtaşı örtü kayaları ile karakterize edilir. Neojen zamanında petrol oluşumu, göçü ve birikimi meydana gelmiş. Kapanlar da Neojen zamanında gelişmiştir (USGS ve MOM-Afganistan 2006).	40
Şekil 15. Bölgesel sismik kayıtlar (USGS ve MOM-Afganistan 2006).	41
Şekil 16. Mavi sismik çizgisi (Terraseis, Samit ve USGS 2013).	42
Şekil 17. Yeşil sismik çizgisi: Nihai Derinlik ve Jura Tuz Tabakasını, Yorumu (Terraseis, Samit ve USGS 2013).	45
Şekil 18. Kırmızı sismik çizgisi: Nihai Derinlik Bölümü ve Jura Tuz Tabakasının Yorumu (Terraseis, Samit ve USGS 2013).	48
Şekil 19. Siyah sismik çizgisi: Son Derinlik Bölümü (Terraseis, Samit ve USGS 2013).	55

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1. Afgan-Tacik Havzasının rezervuar özellikleri (CNPC 2013).	40
--	----

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji hammaddelerine ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır ve en önemli ve gözde enerji maddelerinden biri de petroldür.

Sanayi Devrimi döneminden itibaren dünyanın gündemine giren petrol ilk olarak 1860'larda ABD'nin Kaliforniya Eyalet'nde bulunmuştur. Ardından İngiltere'de petrol bulunca bu iki devlet petrolü dünya gündemine sokmuştur.

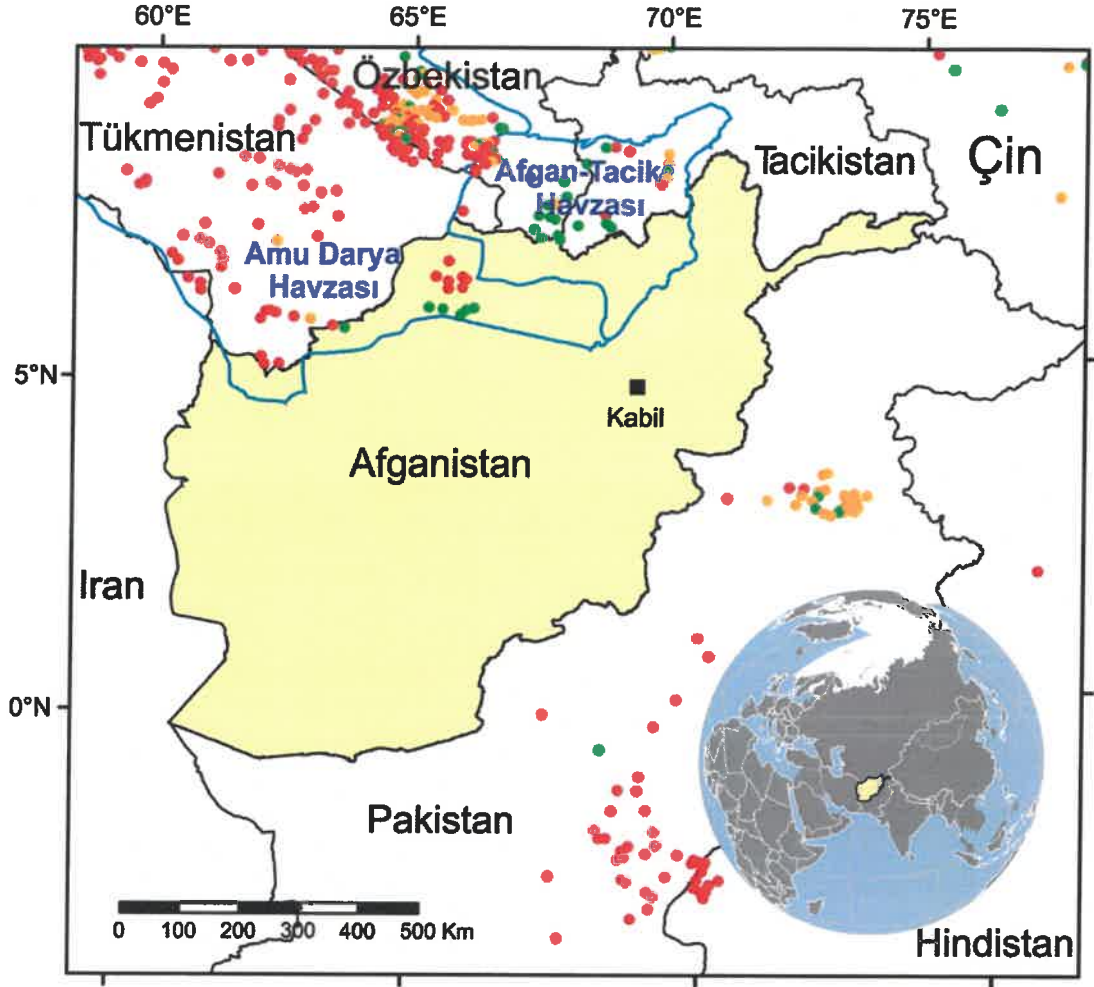
Aslında daha 1842 yılındayken Rusya'nın yönetiminde olan Apsheron yarımadasında ilk petrol sondajı yapılmıştı. Ama literatürde ilk olarak Kaliforniya olarak geçmektedir. Çünkü iki yerde de petrol bulunması yaklaşık olarak aynı dönemlerde olmuştur. Bu yüzden Batılı kaynaklarda daha çok Kaliforniya kabul edilmektedir. 1863 yılına gelindiğinde Azerbayca'nın başkenti Bakü'de ilk rafinerinin kurulmuş olduğu görülmektedir. 1877-1878 yıllarında Apsheron petrol bölgesinden Bakü'ye ilk petrol hattı döşenmiştir.

19. yüzyılın sonlarına kadar önemli bir enerji kaynağı olmayan petrole, değişen dünya ile birlikte bağımlılık artmıştır. Çünkü Sanayi Devrimi'nin gerçekleşmiş olması teknolojik gelişmelere neden olmuştur ve dolayısıyla da enerji ihtiyacını doğurmuştur. Bu yüzden petrol enerji açığını kapatmak için kullanılan en öncelikli hammadde olmuştur.

Petrol konusunda Ortadoğu özel bir yere sahiptir. Çünkü petrol kalitesinin ve petrol rezervlerinin en yüksek olduğu bölge Ortadoğu'dur. Ayrıca arama, çıkarma, taşıma gibi yönlerden kolaylığa sahip olduğu için Ortadoğu bu anlamda bir cazibe merkezidir. Zira dünyada petrol rezervlerine bakıldığında rezervlerin 102 milyar tonu (%57) Orta Doğu Ülkelerinde, 16,7 milyar tonu (%9) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) ülkelerinde, 16,9 milyar tonu Afrika'da (%10) yer almaktadır. Ancak günümüzde dünyada bulunan enerjikaynaklarına, ispatlanmış rezervleri ve yıllık üretim oranları çerçevesinde bakılırsa, rezerv ömrünün; petrol için 44 yıl olacağı tahmin edilmektedir.

Orta Asya'da yer alan Afganistan'nın hem kıymetli madenler ve hem de petrol ve doğalgaz bakımından önemli potansiyele sahip bir ülke olduğu anlaşılmaktadır. Afganistan'da beş (5) büyük ve 1 küçük sedimenter havza bulunmaktadır (Şekil). Petrol arama ve geliştirme faaliyetlerinin neredeyse tamamı, Arnu Darya ve Afgan-Tacik havzalarının bulunduğu Kuzey Afganistan ile sınırlandırılmıştır. 1957-1989 yıllarında toplam yedi petrol ve sekiz gaz sahası keşfedilmiştir.

Kaynak kayalar, Alt ve Orta Jura kıtasal ve denizel klastik kayalar ve kömürlerdir. Üst Jura (esas olarak Oxfordiyen) anoksik basenel siyah çamurtaşları içermekte olup toplam organik karbon içeriği %2.5, Tip III kerojen ve ince kömür tabakalarına sahiptir.



Şekil 1. Afgan-Tacik ve Amu Darya Havzalarının lokasyonu. Yeşil renk; petrol sahaları, Kırmızı renk; doğal gaz sahaları, Turuncu renk; her ikisinin içeren sahaların lokasyonunu gösteren harita (IHS Energy 2005).

Bununla birlikte, USGS-AGS tarafından yapılan son değerlendirmeler, Afganistan'ın keşfedilmemiş önemli bir petrol potansiyeline sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. USGS-AGS bu ülkede 1,6 milyar varil (0,2 milyar metrik ton) ham petrol, 16 trilyon kübik feet doğal gaz (0,4 trilyon metre küp doğal gaz) ve 0,5 milyar varil (0,8 milyar metrik ton) kondanse bulunduğunu tahmin etmişlerdir. Genel olarak ham petrol kaynaklarının çoğunluğu Afgan-Tacik Havzası'nda ve doğal gaz kaynağının büyük kısmı ise Amu Darya Havzası'nda bulunmaktadır (USGS 2006).

Petrol, Afganistan'ın kalkınmasını ve ekonomik gelişimini etkileyen en önemli sektörlerden biridir. Bu durumda ülkenin petrol potansiyelinin artmasına ihtiyacı vardır. Bu kapsamda petrol oluşturabilecek formasyonlara ait jeolojik, organik jeokimyasal ve sismik bilgilerini değerlendirilerek yeni alanların ortaya çıkarılmasına yardımcı olacaktır. Bu çalışmanın sonunda elde edilecek veriler Afganistan'da yada dünyanın

birçok bölgesinde gelecekte yapılacak olan yeni araştırmalar için bir bilgi kaynağı olabilecektir.

a) İncelemenin Amacı

Bu çalışma kapsamında Afgan-Tacik Havzası'nda şimdiye kadar yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler derlenerek havzanın petrol jeolojisi açasından değerlendirmesi yapılmıştır. Hem Afganistan sınırları içerisinde yapılan ve hem de komşu ũlkelerde yapılan yũzey jeolojisi, sondaj bilgileri, organik jeokimya ve jeofizik verilerden yararlanılarak Afgan-Tacik Havzası'nın ana kaya ũzellikleri, organik jeokimya ve petrol jeolojisi ũzellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Özellikle Suzak Formasyonu'nda yapılan organik jeokimyasal analizler değerlendirilerek bölgenin petrol jeolojisi aydınlatılmıştır.

Bu çalışmadan beklenen en Önemli yarar daha Őnceden detaylı bir şekilde çalışılmamış bu havzanın petrol potansiyeli açasından değerlendirmesi ve petrolũn oluştuğu ana kayaların organik jeokimyasal ũzelliklerini değerlendirmek olmuştur.

b) İnceleme Alanının Konumu ve Morfolojisi

Afgan-Tacik Havzası Tũrkmenistan'ın çöl ve yarı çöl bölgelerinde, Özbekistan'ın gũney batısı, Tacikistan'ın gũney doğu ve Afganistan'ın kuzey ve kuzey doğusunda yer almaktadır. Bu havza genel olarak 12×10^4 km²'lik bir alanı kapsamakta ama Afganistan sınırlarında bulunan bŐlũm 30 km²'lik alanı içermektedir (USGS 2011).

Afgan-Tacik çŐkũntũsũ yoğun negatif anomalilerinin bulunduğu bir bölgede yer almaktadır (VNIGNI 2005a). Yerkabuğunun kalınlığı bu çŐkũntũde, çoğunda 45 km doğu kenarında 55 ila 60 kilometre arasında değişmektedir (VNIGNI 2005a). Afgan-Tacik depresyonu, jeofiziksel yöntemlerle belirlendiği ũzere, taban derinliği 10 ila 15 kilometre veya daha fazla derinlikte olduğu sŐylenmektedir. Kullanılan jeofiziksel yŐntemlerin zayıf çŐzũnũrlũđu nedeniyle taban haritası çizilememektedir (VNIGNI 2005a).

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Petrol Kavramı ve Oluşumu

Sözcük olarak “taşyağı” anlamına gelen petrol, doğada kompleks hidrokarbonlar karışımı olarak gaz, sıvı ve katı fazlarda gözlenebilmektedir. Gaz halinde bulunan perole “doğal gaz” veya “petrol gazı”, sıvı hale bulunan petrole de “ham petrol” veya sadece “petrol” denir. Genel bileşiminde %85 karbon, %13 hidrojen ve %0.1-1.5 oksijen-azot-kükürt bulunduran petrol, jeoloji biliminde “hidrokarbon” olarak da adlandırılmaktadır.

Petrole kaynak olabilecek organizmalar iki grupta toplanabilir;

- a) **Bitkiler:** Deniz yosunları, diyatomlar, mantarlar, algal sporlar, bakteri ve dinoflagellatlar.
- b) **Hayvanlar:** Foraminiferler, radyolaryalar, süngerler, mercanlar, kurtlar, bryozoalar, mollusklar ve omurgalılar.

Petrol için en önemli kaynak deniz yosunlarıdır. İkinci derecede önemli olanlar ise diyatomlar ve planktonlardır. Karalardan taşınan organik maddelerden de petrol oluşabilmekte ise de bunların miktar olarak oranı denizel canlılara göre oldukça düşüktür. Petrole kayanak olan organizmaların yumuşak kısımlarında protein, karbonhidrat, yağ ve yağ asitleri gibi C ve H’ce zengin moleküller bulunmaktadır. Canlı organizma öldüğünde bu yumuşak kısımları kil, marn, silt gibi ince taneli sedimanlar ile birlikte deniz tabanındaki çamur içinde birikir. Yüksek düzeyde organize olmuş polimer haldeki bu maddeler indergen ortamlarda bir dizi kimyasal-biyokimyasal reaksiyonlarda önce daha basit monomerlere dönüşürler. Çözünürlükleri daha fazla olan bu monomerler kendi alanlarda yeniden birleşerek fülvik asit, hümik asit ve hümin gibi kolloidal jeopolimerleri oluştururlar. Jeopolimerlerin inorganik mineraller ile birlikte birikmesi ve katılaşması ile kerojen denilen organik maddece zengin kayaçları oluştururlar.

2.2. Kerojen

Kerojen, bakterilerle değiştirilmiş bitki ve hayvan katıntılarından oluşmuş, organik çözücü veya asitle çözülmeyen ve tortullar içerisinde dağınık halde bulunan koyu renkli bir maddedir. Kerojenin kimyası değişken olup, isim olarak bir bileşik olmasından başka artık maddeler dizisini sembolize eder. Molekül ağırlığı 3000 civarındadır. Temel yapısı azot, kükürt ve oksijen atomlarından oluşan aromatik halka levhalarının kümelenmesinden oluşur. Levhaların kenarlarına normal parafinler içeren çeşitli organik bileşikler bağlanmıştır. Tarmal parçalanma, ana kerojen moleküllerinden bunları ayırır ve duyarlı parafin bileşiklerini oluşturur.

Kerojenlar genel olarak, kimyasal özelliklerine göre üç ana bölümde incelenmektedir.

I. Tip kerojen: Özellikle denizel kökenli basit yapılı Botryococcus ve Tasmanites gibi yosunlardan türeyen 1. tip kerojenlerin kimyasal yapısında alifatik zincirler ile birlikte az oranda aromatik bileşikler bulunmaktadır. Bu tür kerojenler, ısı etkisinin artışıyla bünyelerindeki H/C oranı yüksek olan uzun zincirli alifatik bileşiklerin kopmasıyla petrol moleküllerini oluştururlar.

II. Tip kerojen: Bu tip kerojen genellikle denizel ve karasal kökenli organik maddelerin birlikte bulunduğu yerlerde oluşmaktadır. Kimyasal yapısındaki aromatik bileşikler I. tip kerojenlere göre daha fazladır. Moleküller yapısında H/C oranı düşük O/C oranı ise yüksektir. Bu nedenle petrol oluşturma yeteneği I. tip kerojene göre daha azdır.

III. Tip kerojen: Bu tip kerojenler, karasal kökenli maddelerden türemişlerdir. Özellikle yüksek karasak bikilerin yapısında aromatik bileşiklerin çoğunlukta olması nedeniyle petrol üretme yeteneği az olup, kömür ve gaz oluşumu için önemlidir.

Kerojenler mikroskopik özelliklerine göre de iki bölümde incelenmektedir. Bunlar:

Amorf kerojen: Yosunlardan türemiş, belirgin bir dış yapısı olmayan ilksel rengi siyah veya turuncu olan organik maddelerdir. Amorf kerojenlerden önemli ölçüde sıvı hidrokarbon türeyebilmektedir. Bu tip kerojenlerin genel olarak I. tip kerojenin eş değeri olduğu kabul edilebilir.

Hümit kerojen: Başlıca selüloz, lignin ve karbonhidratlardan türemiş belirgin bir dış yapıya sahip organik maddelerdir. Özellikle karasal bitki kökenli olan bu tip kerojenlerin petrol üretme yeteneği zayıf olup, gaz ve kömür oluşumu için önemlidir. Genel olarak III. tip kerojenin eşdeğeridir.

2.3. Organik Madde Türleri

Kayaçlar içerisinde depolanan karasal ve denizel organik maddeler petrol üretme yeteneklerine göre alttan aydınlatmalı mikroskopta dört, üstten aydınlatmalı mikroskopta ise üç ana gruba ayrılırlar. Alttan aydınlatmalı mikroskopta organik madde türleri:

Amorf organik maddeler: belirgin bir şekli olmayan sarı-turuncu veya gri renkli organik maddelerdir. Denizel kökenli amorf organik maddelerin petrol üretme yeteneği çok yüksektir. Ancak bakteri etkisiyle bozunmuş karasal amorf organik maddelerin petrol üretme yetenekleri çok düşüktür.

Otsu organik maddeler: karasal kökenli spor-polen ve kütikülden oluşan organik maddelerdir. Kimyasal yapılarında H/C oranı düşük, O/H oranı ise yüksektir. Bunlar denizel kökenli amorf organik maddelerden daha az petrol üretirler.

Odunsu organik maddeler: Bitkilerin selüloz, lignin gibi odunsu kısımlarından oluşur. Petrol üretme yetenekleri az olup genellikle gaz üretirler.

Kömürsü organik maddeler: Biyokimyasal etki ile bozunmuş veya aşırı ısı etkisinde kalmış organik maddelerdir. Petrol ve gaz üretme yetenekleri çok azdır.

Üstten aydınlatmalı mikroskopta saptanan organik madde türleri için yapılan sınıflamada maseral adlı verilen organik bileşenler fiziksel, kimyasal ve optik özelliklerine göre üç ana gruba ayrılırlar.

Liptinit grubu: Spor, polen, kütin, reçine ve balmumu ile krabonhidratların bakteri etkisine uğramış kısımlardan oluşmaktadır. Spor ve kütin dışındakilerin belirgin bir dış yapıları yoktur. Mikroskopta ışığı en az yansıtan gruptur.

Vitrinit grubu: Genel olarak, yüksek karasal bitkilerin hücre duvarlarını oluşturan lignin ve selülozlardan türemiştir. Kimyasal yapılarında alifatik gruplar tarafından çevrelenmiş aromatik çekirdeler ana çatıyı oluşturur. Isı etkisiyle aromatik yapının uçlarındaki moleküller (OH, COOH, CH₃) koparak uzaklaşır. Bu moleküllerin uzaklaşması vitrinitlerin optik özelliklerinin düzenli değişmesine neden olur. Küçük moleküllerin kopmasıyla vitrinitlerde aromatik bileşikler çoğalır ve sıkı bir aromatik bir yapı ortaya çıkar. Aromatik yapının artmasıyla gelişen kristal yapısından ötürü, vitrinitlerin mikroskopta ışığı yansıtma derecesi de düzenli olarak artar.

İnertinit grubu: Biyokimyasal süreçlerle parçalanmış ve yeniden depolanmış bitki kalıntularından oluşur. Bakteri etkisi ve jeokimyasal süreçlerle alifatik bağlar kopar ve aromatik yapılar çoğalır. Mikroskopta ışığı yansıtma dereceleri çok düşüktür.

2.4. Organik Maddenin Olgunlaşması ve Petrol Oluşumu

Kayaçlar içinde depolanan organik maddelerin kimyasal ve fiziksel yapıları, ısı artışı karşısında duraysızdır. Organik maddelerin büneyelerindeki moleküllerin ısı arışı ile parçalanarak petrol ve gaz moleküllerini oluşturması olayına “organik olgunlaşma” denir.

Bir havzadaki petrol oluşumu şu faktörlere bağlıdır:

Organik madde topluluğu: Oluşacak petrolün tipi ve miktarı çökelen organik maddenin tipi ve miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Yeterli oranda petrol oluşabilmesi için şeyl türü kaynak kayacın içinde en az %0.5, karbonatlarda ise en az %0.3 organik karbon bulunması gerekir (Tissot ve Welte 1978).

Sıcaklık: Petrol oluşumunda rol oynayan en önemli fiziksel faktördür. Sedimanter organik maddelerden sıvı ve gaz hidrokarbonların koparılması için ısıya gereksinim vardır. Bu enerjiyi yer çekirdeğinden yayılan ısı sağlamaktadır. Derinlere inildikçe artan bu sıcaklık uzun zaman süreci içinde organik maddeler üzerinde etkili olmaktadır. Petrol oluşumunun başlaması için en az 60 °C'ye gereksinim vardır. Bu düzeyden itibaren uzun zaman süreci içinde oluşan petrol yavaş yavaş oluştuğu ana kaya dışına atılır ve göç yoluyla hazne kayaçta toplanır.

Petrolü oluşturan sıvı hidrokarbonların korunabileceği en yüksek sıcaklık 150°C'dir. Daha yüksek sıcaklıklarda sıvı hidrokarbonlar parçalanarak gaz moleküllerini oluştururlar.

Zaman: Sıcaklık ve zaman petrol oluşumunda birbirini tamamlayan iki unsurdur. Düşük sıcaklıklarda petrol oluşumu için uygun zamana gereksinim vardır. Yüksek sıcaklıklarda ise hızlı gelişen reaksiyonlar sonucunda kısa zamanda petrol oluşabilmektedir. Bu nedenle genç fakat yüksek jeotermal gradyana sahip sıcak basenlerde petrole rastlamak olasıdır.

Basınç: Bıncın petrol oluşumuna bir etkisi olmadığı ve petrol oluşumunu geciktirdiğini bir çok araştırmacı, yaptıkları çalışmalar sonucunda ortaya koymuşlar.

Yukarıda açıklanan koşullar altında sedimanlar içinde dağınık halde bulunan organik maddeler dört ayrı başkalaşım evresi geçirirler (Tissot ve Welte 1978). Bu evreler sırasıyla şunlardır;

Diyajenetik evre: Yeni çökelmiş sedimanlar içinde bol miktarda gözenek suyu, büyük miktarlarda mineral, cansız organik madde ve canlı organizma bulunmaktadır. Çökelme havzasında organik maddelerle birlikte bulunan sedimanlar gerek kendi basınçları gerekse üzerindeki su kütlelerinin basıncıyla suyunu kaybederek taşlaşma evresine geçerler. Gömülmenin ilerlemesiyle sediman içindeki organik maddeler yeni ortam koşullarına göre sağlamaya çalışırlar. Sedimanların pekişmesine, sıkışmasına, gömülmesine neden olan ve sığ derinliklerde gözlenen bu değişimlerin tümüne "diyajenez" bu evreye de "diyajenetik evre" denir. Sıcaklık ve basınç artışının az olduğu bu evrede derinlik bir kaç yüz metre dolayındadır. Bazı durumlarda 2000 metereye varır.

Katajenetik evre: Sedimantasyonun ilerlemesi ve eski sedimanların birkaç kilometre derine gömülmesi ile önemli bir sıcaklık ve basınç artışı meydana gelmektedir. Tektonik olaylarda bu artışta etkin rol oynamaktadır. Bu evrede ortamın sıcaklığı 50 °C-150 °C, basınç 300-1500 bar arasındadır. Bu artışlar sonuncu sistem dengesizliğe itilmekte ve yeni değişimler olmaktadır.

Mineral bileşimlerinde önemli bir değişiklik olmamasına rağmen kayaç sıkıştığı için gözeneklilik azalmakta, gözenekler arasında kalan su ise tuzluluk açısından aşırı

hale gelmektedir. Organik maddelerde de önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Kerojenin termal parçalanmaya başlaması ile önemli oranda sıvı petrol ve gaz oluşmaktadır. Katajenetik evre kerojen içindeki alifatik karbon zincirlerinin kayboluşuna kadar devam eder. Arta kalan organik maddeler antrasite dönüşerek düzenli yapılar oluşturmaya başlarlar. Bu evrenin sonunda vitrinit yansıması %2 dolayındadır.

Metajenetik evre: Katajenetik evrede organik maddenin önemli miktarda petrol ve gaz oluşmuş, evrenin sonunda gaz üretimi devam etmesine rağmen sistem yeniden dengeye ulaşmıştır. Sedimanların gömülmesi devam ettikçe, kıvrımlar geliştikçe, hidrotermal etkinlikler arttikça metamorfizma koşullarına yaklaşmaktadır. Bu evrede kömürler bünyelerindeki son metan gazını dışarı atarak kristalin bir yapı kazanırlar ve antrasite dönüşürler. İnorganik maddeler için ise metajenetik evre denir. Bu evrenin sonunda vitrinit yansıması %4'dür.

Metamorfik evre: İnorganik maddeler için gereçek metamorfizma yeşil şist fasyesinin gelişimi ile başlar, amfibolit ile gelişir. Bu evrede kömürler meta-antrasite, kerojen artıkları ise grafitte dönüşür.

2.5. Organik Jeokimyasal ve Organik Petrografi Analizler

Kayaçlar içerisindeki katı organik maddenin fiziksel ve optik özelliklerinin incelenmesi amacıyla organik petrografi analizleri yapılır.

İndirgen anaerobik ortamda çökelmiş ince tane organik maddece zengin kayaçlara petrolün ana kayası denir. Petrolün kayanak kayaları, basenlerde indirgen koşullarda depolanan siyah renkli şeyler, mikritik kireçtaşları ve marnlardır. Bu kayaçlar organik maddenin biriktiği ve organik maddenin uygun koşullar altında toplandığı bir yer olarak görülebilir. Bunların içinde biriken ve toplanan organik madde petrolün ana maddesini oluşturur. Toplam organik karbon (TOC) ve piroliz petrol kaynak kayası potansiyelini açığa çıkarmak için kullanılan organik jeokimyasal analiz yöntemleridir.

2.5.1. Toplam Organik Karbon ve Rock – Eval piroliz Analizi

Kaynak kayaların ekonomik miktarda petrol türetebilmeleri için belirli miktarlarda organik madde içermeleri gerekmektedir. Organik madde miktarının belirlenmesi kaya içerisindeki toplam organik karbon miktarının ortaya çıkarılması ile belirlenebilmektedir. Toplam karbon kayacın içindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbona ait karbonların toplamıdır (Durand vd. 1972, Jonathan vd. 1976). Toplam organik karbon (TOC) analizi kaya örnekleri içerisindeki toplam organik karbon miktarının ölçüldüğü bir analiz tekniğidir.

Toplam organik karbon (TOC) analizi diğer aşamalarda yapılacak olan analizlerin devamı için gerekli bir kriterdir. Çünkü TOC değeri düşük olan kayaçların potansiyel kaynak kaya olabilme özelliği yoktur. Bu tür kayalar içinde bir miktar petrol oluşsa bile bu petrol kaynak kaya dışına atılmamaktadır, atılsa bile gittiği yerde önemli bir birikim sağlayamamaktadır.

Genellikle ağırlık yüzdesi cinsinden %0.5'den fazla miktarda organik karbon içeren kayalar ana kaya olabilirler (Tissot vd. 1987).

Rock-Eval analizi, sedimanter kayalar içindeki organik madde tipini ve olgunlaşma derecesini ölçmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Tissot ve Welte 1978).

TOC verileri Rock-Eval piroliz işlemi ile edilmektedir ve bu yöntem ile organik madde miktarının yanı sıra tipi de belirlenerek kaynak kaya potansiyeli yorumlanabilmektedir (Espitalie vd. 1977).

2.5.2. Vitrinit Yansıma Ölçümü

Vitrinit yansıma ölçümü günümüzde petrol aramacılığında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Kömür içindeki maseral gruplarından birini oluşturan vitrinitler, bitkilerin gövde kısımlarından oluşmaktadır.

Vitrinit yansıması analizi tekniği, vitrinit grubu maserallerin gömülme artışına bağlı olarak artan oranlarda ışığı yansıtmaya özelliğine dayanmaktadır. Işık yansımasının artma sebebi, vitrinit masralinin ısı artışına paralel olarak aromatik yapılarının artması ve düzenlenmesi ile bağlantılıdır. Bu yöntemde vitrinitin kullanılma sebebi, söz konusu ışık yansıma artışının diğer maseral gruplarına oranla daha düzenli olarak gerçekleşmesidir.

Organik maddece zengin sedimanter kayaçlar bileşimlerinde belirli oranda vitrinit bulundurlar. Belirli işlemler yapıldıktan sonra vitrinitler parlatılmış yüzeyler haline getirilir ve bu yüzeylerin yansımaları ölçülerek bir fotometre aracılığı ile sayısal değerlere dönüştürülmektedir. Dolayısıyla ana kayanın olgunluk derecesi hakkında kesin sonuçlar elde edilmektedir (Tissot ve Welte 1978).

3. MATERYAL VE METOT

Afgan-Tacik Havzası'nda çalışmalarına devam kurum ve kuruluşlardan yasal izin dahilinde elde edilen bilgiler bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Havzanın diğer ülke sınırları içinde kalan bölümlerinde petrol üretimi yapılmaktadır. Literatürden bu bilgilerde sağlanmış ve havzanın değerlendirilmesi açısından dikkate alınmıştır.

İnceleme alanı ve çevresiyle ilgili detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Genel kapsamda araştırmalar hem Afganistan'da ve hem de Akdeniz Üniversitesi bünyesinde yürütülmüştür. Afganistan'daki çalışmalarda bölgede araştırma yapan kurum ve kuruluşlardan hem yayınlanmış bilgiler ve hem de yayınlanmamış ham veriler yasal izinler dahilinde elde edilmiştir.

Büro çalışmaları aşamasında Afgan-Tacik Havzası hakkında güncel mevcut jeolojik kaynakların incelemesi, çalışma alanı jeolojik haritasının çizilmesi, konu ile diğer harita ve grafiklerin çizilmesi ve tez yazımı yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı olan Afgan-Tacik Havzası, Gissar ve Pamir dağ aralıklarında bulunan ve yaklaşık olarak 12×10^4 km² alana sahip bölgede yer alan dağ arası bir çöküntü havzasıdır. Afgan-Tacik Havzası Türkmenistan'ın çöl ve yarı çöl bölgelerinde, Özbekistan'ın güney batısı, Tacikistan'ın güney doğu ve Afganistan'ın kuzey ve kuzey doğusunda yer almaktadır (Şekil 2).

Havza sınırları, Paleozoyik yaşlı metamorfik ve magmatik kayalardan oluşan bir yükselimden oluşmuştur. Kuzeyde 5 km yüksekliğe kadar Gissar silsilesi tarafından sınırlanmaktadır. Doğu'da ise 6-7 km yüksekliğinde Darvaza silsilesi güney-doğu'da 4-7 km yüksekliğinde Hindu-Kush dağları tarafından sınırlanmaktadır. Batıda, havza sınırları Gissar silsilesinin güney batı kıyıları tarafından oluşturulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Afgan-Tacik Havzası'nın Lokasyon Haritası (CNPC 2013).

Afgan-Tacik Havzası petrol ve doğal gaz kaynakları bakımından zengin bir havzadır. Petrol arama çalışmaları 1933 yılında başlamış ve 1934 yılında üretim zonu Paleosen Haudak olan ilk petrol sahası bulunmuştur. 1935 yılında çalışmalar daha da gelişmiştir. Jura ve Kretase yaşlı petrol ve gaz sahaları 1960 yılında keşfedilmiştir. Havzanın güney kısmı derin olduğu için daha az arama yapılmış, ama havzanın kuzey kısmı daha sığ olduğu için araştırmalar daha çok yapılmış ve genellikle petrol ve doğal

gaz sahaları havzanın kuzey kısımlarında bulunmuştur. Jura ve Kretase sistemleri özellikle doğal gaz rezervuarları ve Tersiyer sistemi ise petrol rezervuarları bakımından zengindir. Jura ve Kretase sistemlerinde 25 gaz sahası bulunmuştur. Tersiyer sisteminde ise 28 petrol sahası keşfedilmiştir.

Afgan-Tacik havzası genellikle Afganistan sınırları içinde iki kısma ayrılmıştır; kuzey'de bulunan Tacik-Uzabek kısmı ve güney'de bulunan Afgan kısmıdır. Havzanın bu bölümleri Amu-Darya tarafından ayrılmıştır. Bu havzanın küçük bir bölümü Türkmenistan'ın topraklarında bulunmaktadır.

Afganistan sınırları içerisinde bulunan Afgan-Tacik Havzası 31000 km² alana sahip ve Türkmenistan ile yaklaşık 36 kilometre ortak sınırı vardır. Bu havza kuzeyden Tianşan, doğudan Pamir ve Hindistan, güneyden ise orta Pamir ve Tirband Türkistan dağlarıyla sınırlanmaktadır.

Afgan-Tacik Havzası orojenik tip havzalarından olup tabanı Triyas ve Paleozoyik, örtü kayası ise Mesozoik ve Senozoyik sedimanlarından oluşmaktadır. Mesozoik ve Senozoyik sedimanlarının kaynağı kıyıtlı denizel kayalardır ve bu sedimanlar ana kaya, rezervuar kaya ve örtü kayaları oluşturmaktadır. Yapılan jeoloji, jeokimya ve sondaj araştırmalarına göre bu havzada Alt ve Üst Jura sedimanları ana kaya özelliği ve Paleojen sedimanları ise rezervuar kaya özelliğine sahiptirler (VNIGIN 2005a).

Bu havza içerisinde Mesozoik ve Senozoik tabakaların kalınlığı 10 kilometreden daha fazladır. Petrol üretimi havzanın kenar kısımlarda Üst Jura ve Kretase yaşlı rezervuarlarından ve havzanın orta kısımlarında ise Paleojen yaşlı rezervuarlarından sağlanmaktadır. Bulunan petrol 0.94-0.97 gr/cm³ yoğunluğa sahiptir. Tacikistan'da petrol Senozoyik yaşlı rezervuarlardan, gaz ise daha yaşlı rezervuarlardan üretilmektedir (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific 1995).

Rezervuar kayaçların üst kısmında yer alan örtü kayaçların litolojileri kireçtaşı, tuz, anhidrat ve kumtaşları şeklindedir. Sedimenter örtüsünün kalınlığı genellikle 2-12 kilometre arasında değişmekte ancak senklinal olan yerlerde 6-12 kilometreden daha fazla kalınlığa sahiptirler (Jessica vd. 2015)

Yapısal unsurlara göre bu havza aşağıdaki bölgelere ayrılmaktadır:

- i. Kulab
- ii. Abi-garam
- iii. Dushanba
- iv. Vakhash
- v. Kafarniagan

- vi. Surkhan
- vii. Bayus

Afgan, Rus ve Amerikalı araştırmacılar tarafından yapılan jeolojik ve tektonik araştırmaların sonucunda bu havzanın kuzey kısımlarında 15 petrol ve gaz sahası tespit edilmiştir. Bütün bu sahalarda petrol ve gaz rezervuarları genel olarak Jura, Kretase ve Paleojen katmanlarında bulunmaktadır. Gaz yatakları Dushanba-Basiton çöküntüsü içerisindeki kireçtaşları ve dolomitlerden oluşan Üst Jura yaşlı Gissar Formasyonu'nda, Kulab, Vakhsh ve Surkhan kısımlarında ise Üst Kretase ve Paleojen yaşlı Buhara Kireçtaşları'na aittir (USGS ve MOM-Afganistan 2006)

Petrol kapanlarının Kretase ve Paleojen katmanlarında senklinallerde olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni senklinal alanlarının antiklinallere göre daha iyi korunduğu şeklinde açıklanmıştır (USGS ve MOM-Afganistan 2006). Petrol ve gaz yatakları Afgan-Tacik Havzası'nın kuzey bölümlerinde genel olarak Afgan-Tacik Havzası'nda araştırılan ve bulunan başlıca kapanlar türleri antiklinaller, faylı antiklinaller ve kompleks faylı bloklardır (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

Afgan-Tacik Havzası'nda Afganistan kısmında şimdiye kadar petrol ve gaz üretimi yapılmamıştır. Ancak bu havzanın Özbekistan ve Tacikistan'da olan kısımlarından üretim yapılmaktadır. Ham petrolün kaynak kayası tespit edilmemiş fakat USGS (United States Geological Survey) tarafından 2006 yılında yaptığı jeokimyasal analiz ve araştırmalarına göre Suzak çamurtaşlarının petrolün kaynak kayası olabileceği açıklanmıştır.

4.2. Önceki Çalışmalar

Kuzey Afganistan'ın jeoloji, petrol ve doğal gaz kaynaklarını belirlemeye yönelik daha önce çalışmış olan araştırmacılar şu sonuçlara ulaşmışlardır:

Midikat (1880) İlk kez Afganistan'ın kuzey bölgelerini araştırarak jeolojik yapısı hakkında temel bilgileri ortaya koymuştur.

Gerisbah (1886) Afganistan topraklarında araştırmalarını Kabil'den başlayıp, Pulhumri, Kakar-Dodkaş ve Şebergan İllerine kadar devam ettirmiş ve bu bölgelerin stratigrafisi hakkında bilgi vermiştir.

Haydan (1911) Gerisbah'ın yaptığı araştırmaları daha da geliştirerek Kuzey Afganistan'ın stratigrafisini tamamlamıştır.

S.V.Tromp ve Sultan Ahmet Popal (1950) Afganistan Kuzey bölgesinin genel şematik haritasını yapmıştır. Bu araştırmacılar "Afganistan'ın Kuzey bölgesinin

stratigrafisi ve yapıları” başlıklı çalışmalarında Saripul (Kaşkari), Yetimtağ, Hocagogirdak, alanlarını petrol ve doğal gaz bakımından değerlendirmişler.

V.İ. Şirkof (1958-1959) Kuzey Afganistan’ın 1:200000 ölçekli jeolojik haritasını hazırlamış ayrıca ilk kez Kuzey Afganistan’ın stratigrafisini tespit edip Orta Asya ile karşılaştırmıştır.

A.M. Maknof (1964) Kuzey Afghanistan’ın 1:50000 ölçekli Jeolojik haritasını hazırlamış ve stratigrafi çalışmaları yaparak Kretase, Paleojen ve Neojen çökelleri üzerinde araştırmalar gerçekleştirmiştir.

The U.S. Geological Survey (USGS) (1980 -1990). U. S. Geological Survey Kuzeybatı Afganistan’da geniş bölgesel petrol ve doğal gaz kaynakları değerlendirmeleri yapmışlardır. Afganistan’daki mevcut petrol ve doğal gaz projesinin bir parçası olarak Afgan araştırmacılarla birlikte ülkenin petrol jeolojisini doğru bir şekilde ortaya koymak için mevcut tüm jeokimyasal, jeolojik, sismik, tektonik ve petrol arama ve üretim verilerini kullanılarak çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. USGS, Afganistan Maden ve petrol Bakanlığı (AMMI) ile işbirliği içinde, Afganistan’ın enerji alt yapısının yeniden inşası ve geliştirilmesi için gerekli verileri sağlamak için öncelikli olarak Kuzey bölgesinde bulunan keşfedilmemiş petrol ve doğal gaz kaynaklarının kapsamlı bir değerlendirmesini yapmışlardır.

Michael E. Brookfield ve Ajruddin Hashmat (2001) Afganistan kuzeyi ve ona yakın olan alanların jeolojisi ve petrol potansiyelini araştırmışlardır. Bu bölgelerde mevcut yapısal kapanlardaki hidrokarbonların birikimi muhtemelen tamamen Neojen’de gerçekleştiğini açıklamışlardır. Egemen olan Alt Jura kaynak kayaları termal gaz penceresinde bulunsada erken Tersiyer döneminde Üst Jura kapan yokluğunda hakim Alt Kretase rezervuarlarına göç etmeleri için yeterli zaman olduğunu ortaya koymuşlardır. Güneye doğru hidrokarbon göçüne yardımcı olan hiç bir bölgesel yapının var olduğunu ve kapanların tamamen yapısal ve küçük olduğunu açıklamışlardır. Bu nedenle, platform üzerinde büyük petrol alanları keşfetmek için az şans olduğunu söylemişlerdir. Öte yandan, petrolün oluşumunun çoğunun Erken Tersiyer ve petrol birikimini Geç Tersiyer’e ait kalın Sinorojenik klastikler altındaki kapanlarda yüzeyde kaybolmuş olabileceğini açıklamışlardır.

The U.S. Geological Survey (USGS) (2006) United States Geological Survey ve Afganistan Maden ve petrol Bakanlığı Ortak Petrol ve Doğal Gaz Kaynak Değerlendirme Ekibi ile iş birliği içinde, jeolojiye dayalı bir değerlendirme metodolojisini kullanarak Kuzey Afganistan’da keşfedilmemiş petrolün rezarvarını tahmin etmişler; Sonuçta 1.596 milyon varil ham petrol, 15.687 milyar fit küp doğal gaz ve 562 milyon varil doğal gazın var olduğunu ortaya koymuşlardır. Keşfedilmemiş ham petrolün çoğu Afgan-Tacik Havzası’nda, keşfedilmemiş doğal gazın büyük kısmının Amu Darya Havzası’nda yer aldığını açıklamışlardır.

The U.S. Geological Survey (USGS) (2011) Amu Darya ile Afgan-Tacik Havzaları'nda keşfedilmemiş, teknik olarak geri kazanılabilir, konvensiyonel petrol ve doğalgaz kaynaklarının rezarvarını Afganistan, İran, Tacikistan, Türkmenistan ve Özbekistan'da araştırmışlardır. Amu Darya Havzası için keşfedilmemiş, teknik olarak geri kazanılabilir konvensiyonel petrol ve gaz kaynaklarının tahmini ortalama rezarvarını yaklaşık 962 milyar varil MMB ham petrol, 52.025 milyar kübik feet (BCF) doğal gaz ve 582 MMB kondanse olarak açıklamışlardır. Afgan-Tacik Havzası için keşfedilmemiş teknik olarak geri kazanılabilir, konvensiyonel petrol ve gaz kaynaklarının tahmini ortalama rezarvarlarını yaklaşık 946 MMB ham petrol, 7,072 BCF doğal gaz (225 BCF bağlı ve çözülmüş doğal gaz ve 6.847 BCF ilişkisiz doğal gaz) ve 85 MMB kondanse (petrol birikimlerinde 4 MMB doğal gaz ve ilişkili olmayan gaz birikimlerinde 81 MMB toplam sıvı) olarak açıklamışlardır.

CNPC (China National Petroleum Corporation) (2013) Afgan-Tacik Havzası'nın hidrokarbon özelliklerini ve kaynak potansiyelleri üzerine çalışmışlardır. Havzanın paralik sedimanter çevreye ait olduğunu ve 3 sedimanter bölüm (Jura, Kretase ve Tersiyer) geliştirdiğini ve bununla birlikte bu havza, Jura yaşlı kırıntılı kayaçlar, Kretase yaşlı karbonat kayaçları ve Eosen yaşlı çamurtaşı kayaçları dahil olmak üzere 3 ana kaynak kayaya sahip olduğunu açıklamışlardır. Afgan-Tacik Havzası esas olarak gaz taşıyan bir havzadır ve 3 yapısal evrim aşaması yaşadığını açıklamışlardır. Bu evreler: yay gerisi havza, faylı çöküntü evresi, yay önü havzası oluşumu içerdiği, petrol üretimi, göç ve birikim ile yakından ilişkili olduğunu açıklamışlardır.

Terraseis, Samit, U.S. Geological Survey (USGS) (2013): Bu üç şirket Afganistan Maden ve petrol Bakanlığı yardımıyla Afgan-Tacik Havzası'nda 2B sismik araştırmaları gerçekleştirip bu araştırmada verilerin kaydı TERRASEIS ve bu verilerin işlenmesi SAMIT, verilerin yorumlanması USGS tarafından yapılmıştır. Yapılan gravite ve manyetik araştırmalar sonucunda alanda 25 petrol içeren yapı keşif edilmiştir.

Paul C. Hackley ve John R. SanFilipo (2016): Bu çalışma Afganistan'ın jeoloji ve doğal kaynaklarının daha kapsamlı incelemesinin bir parçasını oluşturmaktadır. Bu çalışmanın asıl amacı Suzak marnlarının çökeltme ortamını değerlendirmek ve kaynak kaya potansiyelini ortaya çıkarmaktır. Afganistan ve Özbekistan'daki Suzak petrol şeylllerine odaklanan eski çalışmalar (Schmitz ve Weippert 1966) ve (Bondar vd. 1990). Bu çalışmanın ikinci amacı, Suzak bitümlü marnlar için organik jeokimyasal ve diğer verileri modern teknikler kullanarak daha geniş bir kitleye sunması oluşturmıştır. Sınırlı sayıda örnek kullanmış olmalarına rağmen ve ilgili bölgede güvenlik sorunları olması dolayısıyla önemli ve kritik bilgiler elde etmişlerdir.

kömür kaynaklarının da araştırılması için yapılan bu çalışmada arazi incelemesi, kısa gözlemlerle elde edilmiştir. Afganistanın kuzeyindeki Madr köyü yakınlarındaki Suzakian (Eosen) Formasyonuna ait bitümlü marn örneklerinin organik jeokimyası ve

petrolojisi karakterize edilmiştir. Suzak petrol şeylleri Afgan-Tacik Havzası'nda etkili kaynak kayaları oluşturduğu ve güneybatı Tacikistan'da Paleojen yaşlı ağır petrol birikimlerini içerdiği düşünülmüştür. Petrografik ve jeokimyasal sonuçlar marnların petrol üretimi için olgunlaşmadığını ve tip II kerojen içerdiğini göstermiştir.

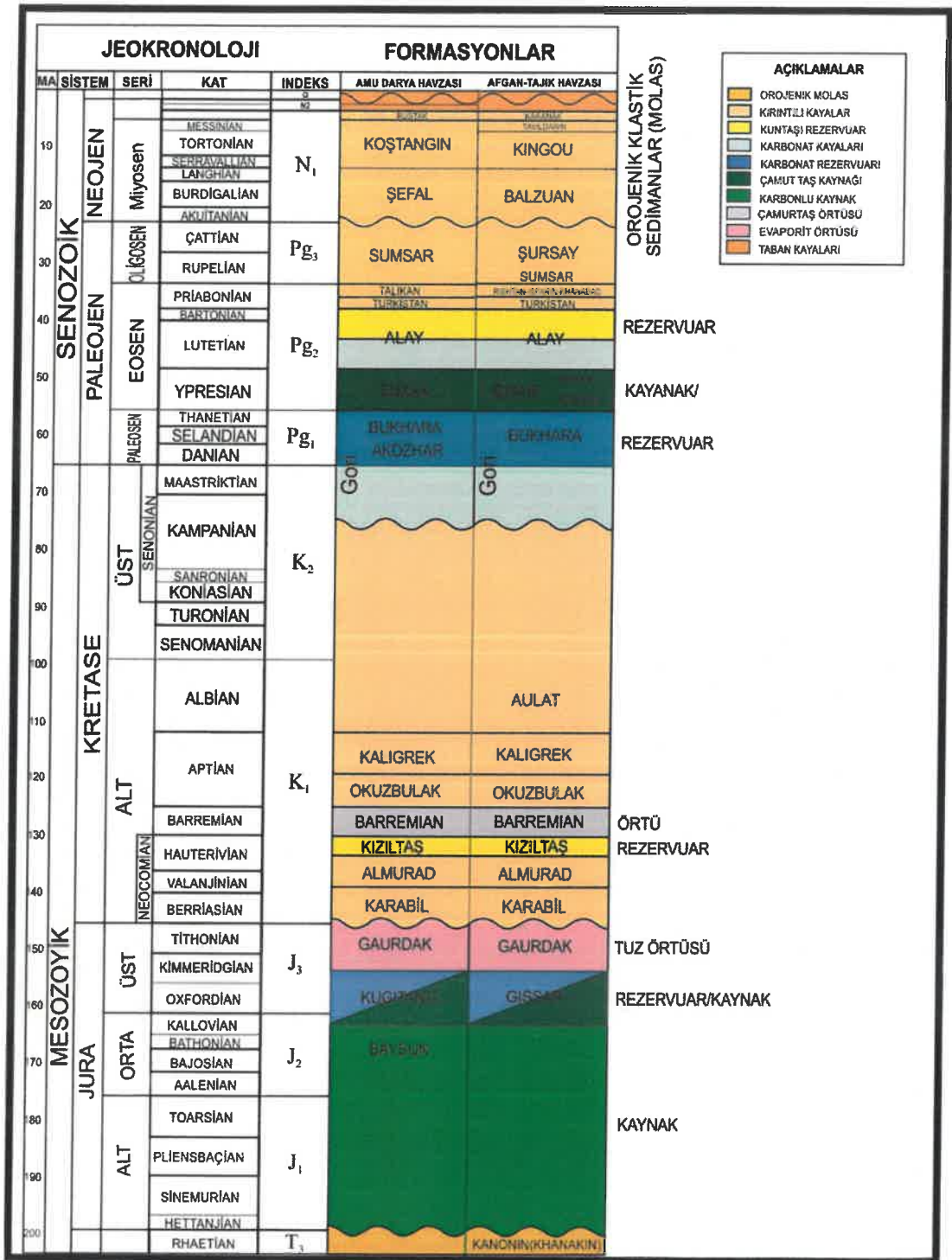
4.3. Afgan-Tacik Havzası'nın Litostratigrafisi

Hint ve Avrasya Plakaların çarpışması, havzanın kuzey bölümünün yükselmesine ve güney kısmının ise Amu Darya ve Afgan-Tacik Havzaları olarak ikiye bölmesine neden olmuştur. Afgan-Tacik ve Amu Darya Havzalarının Neojen öncesine ait olan jeoloji tarihi ve stratigrafisi aşağıdaki gibidir;

1. Paleozoyik - Triyas yaşlı taban kompleksi
2. Jura - Paleojen sedimanter örtü
3. Neojen- Holosen yaşlı orojenik klastikler

Bölgedeki çoğu formasyonların adı komşu ülkeler olan Özbekistan, Türkmenistan ve Tacikistan'daki aynı özelliklere sahip bölgelerden alınmıştır. Şekil 3'te gösterilen litostratigrafik sütun, Amu Darya ve Afgan-Tacik Havzaları'nın stratigrafisini özetlemektedir. Taban kayalar, Tian Şan ve Pamir bölgelerinde bulunan Paleozoyik ve Triyas kayalarının kompleksini oluşturmaktadır. Bu kayalar şistler, kuvarsitler, Orta Paleozoyik marnları ve Üst Paleozoik volkanojenik killi kayalarını içerir (VNIGNI 2005a). Kuzey Afganistan'da en yaşlı birim Paleozoyik yaşlı Perma Formasyonu'dur.

Triyas yaşlı kayalar genellikle Afgan-Tacik ve Amu Darya Havzaları'nda deforme olmuş ve kısmen metamorfizmaya uğramıştır. Jura - Senozoyik çökellerinin altında bulunanları ise deformasyona uğramamışlardır. Bu kayalar petrol üretimi açısından aşırı olgunlaşmış ve petrol üretimi için ekonomik bir taban olarak düşünülmektedir.



Şekil 3. Afgan-Tacik ve Amu – Darya Havzaları'nın genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Klett T. R. Vd. 2006'den değiştirilerek alınmıştır).

4.3.1. Kanonin Formasyonu

Üst Permian'den Triyas'a kadar olan rift dolgu çökelleri depolanmıştır. Sedimanter havzanın tabanını oluşturmakta olup denizel klastik kayaları, derecelenmiş kırmızı renkli orojenik klastik tortuları, karbonatlı kayaları, volkanik kayalar ve bazı yerlerde de kırmızı renkli diğer tortuları içermektedir. (Loziyev 1976, VNIGNI 2005a).

Kuzey Afganistan'daki Alt Triyas bölümü yaklaşık 1000 metre kalınlığa sahip olup dolomit, silttaşı, kumtaşı, volkanik kayalar ve tüflerle kaplı konglomeraları içermektedir (Dastyar vd. 1990). Doab bölgesinin yakınlarında, Alt Triyas kayaların kalınlığı 400 m'nin üzerindedir ve konglomera, koyu renkli çamurtaşı, silttaşı, kumtaşı, volkanik kayalar ve tüflerle uyumsuz olarak örtülen ince kireçtaşı tabakalarından oluşmaktadır (Dastyar vd. 1990).

Orta Triyas yaklaşık 1000 metre kalınlıkta çamurtaşı, kireçtaşı ve kumtaşı litolojisinden oluşmuştur. Hindu Kush kuşağının yakınında Orta Triyas kayaları daha kalın olup 4700 metredir. Asidik volkanik kayalar ve tüf tabakaları şeklindedir (Dastyar vd. 1990).

Üst Triyas bölümü, bazı volkanik kayalarla birlikte kumtaşı, çakıltı, çamurtaşı ve silttaşı içermektedir. Deforme olmuş, metamorfizmaya uğramış bu kayalar Hindu Kush ve Parapamiz aralıklarının yamaçlarında erken Jura yaşlı granitik sokulumlarla kesilmiştir (Dastyar vd. 1990).

Triyas bölümü, Afgan-Tacik Havzası'nın iki bölümünde tanımlanmıştır, bunlardan biri Güney Tian Shan bölgesi diğeri ise Pamir aralığının batı bölgelerinde bulunmaktadır (Dzhalilov vd. 1982). Güney Tian Shan bölümü, aşınmış üst Triyas kayalarından oluşmuş ve bu kayalar Paleozoyik kayaların üstüne uyumsuz olarak yerleşmiştir (Dzhalilov vd. 1982). Bu bölgenin güneyi de, Hanakin Formasyonu'na ait olan iri taneli kırmızı renkli çökellere sahip olduğu açıklanmıştır (Dzhalilov vd. 1982). Hanakin Formasyonu muhtemelen güneye doğru devam edip Kafirniyan Megantiklinali ve Vakhsh megasenklinal alanları boyunca genç kayaların altında bulunmaktadır (Dzhalilov vd. 1982). Pamir aralığında yer alan Triyas, kuzey Afganistan'da yer alan bölgelere benzerlik göstermektedir (Dzhalilov vd. 1982). Bu bölüm 1,5 kilometre kalınlıkta, Vasmikkh grubuna ait olan konglomera ve kumtaşları, Alikagar formasyonun denizel ve orta Triyas'ın kıtasal konglomeralarını içermektedir. Üst Triyas kayaları bu alanda tanımlanmamıştır (Dzhalilov vd. 1982).

4.3.2. Gissar Formasyonu

Gissar Formasyonu komşu ülke Tacikistan dağlarında Gissar bölgesinden alınmış, Afganistan'ın kuzey petrol bölgelerinde Gissar Formasyon olarak adlandırılmıştır. Gissar Formasyonu Kuzey Afganistan petrol alanları Kaşkari ve Angot

bölgelerinde yüzeyde görülmemiş ancak sondajlarla kesilmiştir. Alttaki Baysun Formasyonu ve üstteki Gaurdak Formasyonu ile uyumlu olarak görülmüştür. Gissar Formasyonu altta, orta-ince tabakalı kireçtaşı yeşilimsi renkte, çamurtaşı, dolomit olarak izlenmiştir. Bu formasyonun kireçtaşı kayaları Kuzey Afganistan'da doğal gaz hazne kayasıdır. Gissar Formasyonu Jura yaşında olup Oxfordiyen, Kimmericiyen katlarından oluşmuştur. Formasyon gri renkli kireçtaşı, dolomit ve çamurtaşından oluşmuştur. Bu formasyon Kuzey Afganistan'da yüzeyde görülmemiş sadece Aksay petrol alanında 1 numaralı kuyuda 18 m kalınlıkta kesilmiştir. Diğer alanlarda 700 metreye kadar kalınlıklar ölçülmüştür (Dzhalilov vd. 1982, VNIGNI 2005a).

4.3.3. Gaurdak Formasyonu

Gaurdak Formasyonu yüzeyde komşu ülke Türkmenistan'da görülmüştür. Gaurdak çökelleri, Kogitang Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer almakta anhidrit ve tuzlardan oluşmaktadır. Bu formasyonun alt kısımlarında anhidrit, orta kısımlarında tuz ve üst kısımlarında ise anhidrit bulunmaktadır. Bu bölümün toplam kalınlığı 55-240 metre arasındadır (Melekhin vd. 1973).

Gaurdak Formasyonu'na ait evaporitlerin dağılımı Kuzey Afganistan ve Maimana bölgeleri ile havzanın kuzeybatı kenarlarında görülmektedir (VZG 2004). Şeberghan şehrinin doğusunda, Afgan-Tacik Havzası'nda, Gaurdak Formasyonu 250 metreye kadar ulaşmaktadır. Gri ve kahverengi çamurtaşı ve silttaşı ile jips ve anhidrit tabakaları içermektedir (VZG 2004). Üst kısmı ise beyaz ve kırmızı renkli ve 34 km kalınlığında olan jips tabakaları içerir. Kalınlığı birkaç metre ile 70 metre arasında değişen kırmızı çamurtaşı ile örtülüdür (VZG 2004). Neokomiyen (Alt Kretase) yaşlı bir temel konglomera, Gaurdak Formasyonun üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (VZG 2004). Talikan kentinin güneydoğu kısmında, Gaurdak Formasyonun jips, anhidrit ve tuz diyapirleri olarak ortaya çıkmaktadır (VZG 2004). Bu bölgedeki formasyonun kalınlığı 150 metreden fazladır ancak diapirler de 400 metreye kadar ulaşabilmektedir (VZG 2004). Gaurdak Formasyonu Amu Darya Havzası'nda ham petrol ve doğal gaz oluşumları için bölgesel bir örtüyü oluşturmaktadır (VNIGNI 2005b).

4.3.4. Karabil Formasyonu

Karabil Formasyonu Tacikistan sınırında Karabil bölgesinde görülmüştür. Bu formasyona Kuzey Afganistan'da yapılan petrol sondajlarında rastlanmıştır. Üst sınırı Kızıltaş Formasyonu ile uyumludur. Gaurdak Formasyonu'nun üstünde ise uyumsuz olarak yer almaktadır.

Bu formasyon lagünel ve kıtasal sedimentlerden oluşmuştur (VZG 2004). Formasyon iki bölümde incelenebilir. Alt kısmı kırmızı renkli killer ve üst kısmı ise kırmızı renkli kumtaşı ve konglomera tabakalarını kapsamaktadır (Dastyar vd. 1990,

VZG 2004, VNIGNI 2005b). Karabil Formasyonu'nun yaşı Berriasiyen'den Valanjiniyen'e (VZG 2004) veya Berriasiyen'e kadardır (VNIGNI 2005b). Alt kısmın kalınlığı batı ve kuzeybatıya doğru Huca Goger Dak bölgesinde 17 metreye, Kortamash'ta 140 metreye, Jangali Kalan Sahasında maksimum 485 metreye kadar artmaktadır (VZG 2004).

Afgan-Tacik Havzası'nda, Karabil Formasyonu kırmızı çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşı ile temsil edilir. Daha az oranda tatlısu faunasını içerir ve 300 metre kalınlıkta bulunur (Dzhalilov vd. 1982). Karabil Formasyonu, Afgan-Tacik Havzası'nın kuzey kısmında, konglomeralardan oluşmuş ve Güney Gissar (Tian Shan) bölgesinde çökelmiştir (Dzhalilov vd. 1982). Darvaz bölgesinde, Karabil Formasyonu iyi derecelenen mor ve kırmızı kumtaşlarından oluşmuştur (Luchnikov 1973).

4.3.5. Almurad Formasyonu

Bu formasyon Karabil Formasyonu'nun üzerinde yer alıp kıtasal, lagünel ve daha az oranda da denizel sedimanlardan oluşmaktadır (Kariev 1978, VZG 2004). Almurad Formasyonu; kırmızı çamurtaşı, silttaşı, kumtaşı, jips, anhidrit, kireçtaşı ve dolomitik kayalar içerir (Dastyar vd. 1990). Kalınlığı 120 metreye kadar ulaşmakta ve bu kalınlık kuzeye doğru incelmektedir.

4.3.6. Kızıltaş Formasyonu

Kızıltaş Formasyonu Özbekistan'da Kızıltaş bölgesinde ve Kuzey Afganistan petrol alanlarında yapılan sondajlarda rastlanmıştır. Ayrıca, Kuzey Afganistan'da Samangan ili Taşkorgan ilçesinin yakınında yüzeyde görülmektedir.

Kızıltaş Formasyonu Alt Kretase (Hotriviyen) çökellerinden oluşmaktadır. Bu formasyon alttaki Karabil Formasyonu'nun üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (VZG 2004). Kuzey Afganistan ve komşu ülkeler Özbekistan ve Tacikistan içerisinde Kızıltaş Formasyonu kıtasal tortuları, kırmızı ve yeşil renkli silttaşı ve çamurtaşı ile konglomeralardan oluşmuştur (Egamberdyev ve Mayvandi 1992, VZG 2004). Formasyonun alt bölümü daha ince tanelidir, oysa üst bölümler kaba taneli ve daha kalındır. Formasyonun tüm kalınlığı 200 metreye ulaşmaktadır (VZG 2004).

4.3.7. Barremiyen Formasyonu

Bu formasyon Kuzey Afganistan'da petrol alanlarında yüzeyden görülmemektedir fakat sondajlarda rastlanmıştır. Barremiyen Formasyonu litolojik özelliklerine göre iki kısımdan oluşur. Alt kısmı gri renkli kireçtaşı, dolomit, kırmızı renkli anhidrit (10-15metre kalınlıkta) ve üst kısmı ince tabakalı gri renkli çamurtaşı ve anhidritten oluşmuştur. Barremiyen Formasyonun kalınlığı toplam 170 metredir ve Kuzey Afganistan'da Kaşkari petrol alanında 76 metre, Angot petrol alanında 170 metre

olarak ölçülmüştür. Bu formasyon Barremiyen (Alt Kretase) yaşlıdır. Kızıltaş Formasyonu üstünde uyumlu olarak yer alır (Dzhalilov vd. 1982, Dastyar vd. 1990).

4.3.8. Okuzbulak Formasyonu

Okuzbulak Formasyonu Özbekistan'da Okuzbulak bölgesinden adını almıştır. Okuzbulak Formasyonu Barremiyen Formasyonun üstünde uyumlu olarak yer alır. Üstünde de Kaligrek Formasyonu ile uyumludur. Bu Formasyon kireçtaşı ve marnlardan oluşmuştur. Üst bölümleri killi evaporitleri içermektedir. Kuzey Afganistan petrol alanlarında farklı kalınlıklarda (170-200 metre arasında) görülmüştür.

Afghan-Tacik Havzası'nda, Okuzbulak Formasyonu lagünel–denizel çamurtaşı, jips, ve alt kısımda yer alan lagünel jips ve kırmızı çamurtaşları da derecelenmiştir (Dzhalilov vd. 1982, Dastyar vd. 1990). Formasyonun denizel bölümü doğuya doğru inceliyor yerini büyük masif kumtaşlardan oluşan daha proksimal yataklarla değiştirir ve üzeri 250 metre kalınlığa kadar çıkan kırmızı çamurtaşı ve silttaşı ile örtülmüştür (Dzhalilov vd. 1982).

4.3.9. Kaligrek Formasyonu

Kaligrek Formasyonu Türkmenistan içerisinde Kaligrek bölgesinde görülmüştür. Kuzey Afganistan petrol sahalarında yapılan sondajlarda rastlanmıştır. Bu formasyonun alt kısımları yeşilimsi çamurtaşı, gri renkli kumtaşı, orta kısımları kireçtaşı, marn ve üst kısımları da kireçtaşından oluşmuştur. Kalınlığı 50-100 metre arasında değişmektedir.

Afghan-Tacik Havzası'nda Kaligrek Formasyonu 60 metre kalınlıkta, denizel kumtaşı, çamur ve kireçtaşlarından oluşmaktadır (Dzhalilov vd. 1982).

4.3.10. Aulat Formasyonu

Aulat Formasyonu Afgan-Tacik Havzası'nın Albiyen bölümüne verilen addır (VNIGNI 2005a). Albiyen bölümün litolojisi çamurtaşı, silttaşı, kumtaşı ve kireçtaşıdır. Üst Apsiyen'in üst kısmından Albiyen'in alt kısmına doğru bu bölüm Kuzey Afganistan'da kireçli kumtaşı ve çamurtaşı, koyu gri ile siyah çamurtaşını içermektedir (Dastyar vd. 1990).

4.3.11. Gori Formasyonu

Gori Formasyonu Kuzey Afganistan'da Bağlan ilinin batı kısımları Gori Köyü dolaylarında görüldüğünden dolayı bu formasyona Gori adı verilmiştir. Gori Formasyonun Üst Kretase çökellerinin litolojik bileşimi ince tabakalı gri ve mavimsi kireçtaşı ve marnıdır. Paleosen yaşlı çökeller ince tabakalı marn üstüne ince tabakalı mavi renkli kireçtaşlarından oluşmuştur. Bu formasyon Kaligrek Formasyonu üstünde

uyumsuz olarak yer alır. Üzerinde uyumlu olarak Suzak Formasyonu bulunur. Gori Formasyonu Üst Kretase-Paleosen yaşlıdır (Bratash 1969).

4.3.12. Buhara Formasyonu (Paleosen)

Paleosen kayaları, Afganistan'ın kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerinde eksiksiz olarak çökelmiştir (VZG 2004). Bu çökeller lagünel ve denizel koşulları yansıtır. Bunların kalınlığı kuzeydoğudan güneybatıya doğru 150 metreden 650 metreye kadar ulaşmaktadır. Ayrıca havzanın kenar kısımlarında 40 metreden havzanın merkezi bölgelerine doğru 350 metreye kadar yükselir. Afgan-Tacik Havzası'nda, Buhara Formasyonu açık ve koyu-gri kireçtaşı ve anhidrit'ten oluşmuş, kalınlığı 150-200 metre arasında değişmektedir (VNIGNI 2005a).

Buhara Formasyonu, bazı alanlarda Gori Formasyon'un masif kireçtaşlarına karşılık gelir (VZG 2004). Afgan-Tacik ve Amu Darya Havzaları'nda Buhara Formasyonu üç bölüme ayrılır. Bunlar; Alt Tabakçin veya Akdzhar, (karbonatlar), OrtaAruktau veya Shiram (anhidrit) ve üst Karatag (karbonatlar ve klastikler) (Kreydenkov ve Ashurov 1971, VZG 2004, VNIGNI 2005a).

Akdzhar bölümü Gori Formasyonu'nun orta kısımlarında görülmüştür ve litolojik bileşimi ise ince tabakalı kireçtaşıdır (VZG 2004). Afgan-Tacik Havzası'nda bu bölüm 100-200 metre kalınlıkta, beyaz ve kırmızı renkli anhidrit, çamurtaşı ve dolomit tabakalarından oluşmuştur (VNIGNI 2005a). Afgan-Tacik Havzası'nda, Akdzhar, jips, dolomit ve kırmızı çamurtaşı ile bazı bölgelerde kalınlığı 10-250 metrede bulunan ve sadece bazı alanlar dışında bölgenin her tarafında uyumlu bir şekilde Maastrichtiyen kireçtaşını örten kırmızı kumtaşı ve siltaşı tabakalarından oluşmaktadır (Dzhalilov vd. 1982). Afgan-Tacik Havzası'nın Tabakçin bölümü, kireçtaşı, az miktarda dolomit ve jips litolojilerinden meydana gelmiştir (Dzhalilov vd. 1982). Havzanın güney-orta bölümünde bulunan Tabakçin, normal denizel fosillerini ve birçok nummulitli düzeyleri içerir. Bunlar bölümün üst kısmında yer alan kaya gruplarının önemli bir bölümünü oluştururlar (Kreydenkov ve Ashurov 1971).

Aruktau Bölümü: Afgan-Tacik Havzası'nda, gri kalkerli çamurtaşı ve marndan oluşmaktadır (Dzhalilov vd. 1982).

Karatag Bölümü: Afgan-Tacik Havzası'nda, gri marn ve killi kireç taşı ile kireçli çamurtaşından oluşmaktadır (Dzhalilov vd. 1982).

Eosen Formasyonu: Dört bölüme (Suzak, Alay, Türkistan ve Talikan) ayrılmıştır (Dastyar vd. 1990, VZG 2004, VNIGNI 2005b).

4.3.13. Suzak Formasyonu:

Bu formasyon yaş olarak geç Eosen'e aittir. Suzak Formasyonu Afgan-Tacik Havzası'nda eksiksiz bir şekilde bulunmaktadır. Bu formasyonun bileşimi grimsi yeşil çamurtaşı, kum ve silt içeren proksimal yataklarından ibarettir (Babkov vd. 1972, Dzhililov vd. 1982). Suzak çamurtaşı, illit ve montmorillonit bakımından zengindir ve kalınlığı 10-180 metre arasında değişip doğu ve kuzeydoğu'ya doğru incelmektedir (Pokryshkin 1981). Doğru ve kuzeydoğu'ya doğru çamurtaşı daha kalkerli hale gelir ve kumtaşı ve karbonat kaya tabakaları ortaya çıkar. Çamurtaşı yatakları güneye doğru kumtaşına geçer (Buzurukov vd. 1978). Buhara Formasyonu'ndan Suzak çamurtaşına geçiş, havzanın derinleşmesinden kaynaklanmaktadır (Kreydenkov ve Ashurov 1971).

4.3.14. Alay Formasyonu (Eosen)

Yaş olarak Orta Eosen'dir ve kireçtaşı, marn, yeşil çamurtaşı ve kumtaşı içerir (Dastyar vd. 1990, VZG 2004). Kalınlığı 130 metreye kadar ulaşır. Afgan-Tacik Havzası'nda Alay bölümü 30-200 metre kalınlıkta gri, koyu-gri kireçtaşı ve kırmızımsı çamurtaşı içermektedir (VNIGNI 2005a). Havzanın orta kısımlarında bu formasyonun litolojisi lagünel kireçtaşı, çamurtaşı, kumtaşı ve jips şeklinde görülmektedir (VNIGNI 2005a, Dzhililov vd. 1982) Afgan-Tacik Havzası'nın Alt Eosen stratigrafisi Jukar ve Beşkent olarak iki ayrı horizona ayrılmıştır. Jukar'ın litolojik bileşimi havzanın batı kısımlarında renkli kireçli çamurtaşı, marn, kireçtaşı, kumtaşı ile dolomit ve jips tabakalarıdır. Havzanın batı bölgelerinde ise kırmızı çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşı içerir (Dzhililov vd. 1982). Bu horizon'un Alay bölümüne eşdeğer olduğu düşünülmektedir.

Beshkent Horizon'u Gandzhin tabakalarından oluşmuştur ve Türkistan Formasyonu örtmektedir (Dzhililov vd. 1982).

4.3.15. Türkistan Formasyonu

Bu formasyon Üst Eosen yaşlıdır (VZG 2004). Türkistan Formasyonu, Kuzey Afganistan'ın birçok bölümünde aşınmıştır. Ancak Kunduz ve Kholm kasabalarına yakın olan Afgan-Tacik ve Maimana Havzaları'nda korunmuştur. Afgan-Tacik Havzası'nda bu bölüm 80-120 metre kalınlıkta renkli kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı litolojilerinden oluşmuştur (Dastyar vd. 1990, VZG 2004). Maimana'da bu formasyon çok farklıdır. Yaklaşık 160 metre kalınlıkta çamurtaşı, marn, bazalt ve tüflü kumtaşından oluşmuştur (Dastyar vd. 1990, VZG 2004).

Afgan-Tacik Havzası'nda, Türkistan formasyonu, 50-140 metre kalınlığında, yeşilimsi-gri çamurtaşından oluşmaktadır (Dzhililov vd. 1982, VNIGNI 2005a).

4.3.16. Talikan Formasyonu

Talikan Formasyonu Kuzey Afganistan'ın Talikan şehrinde görüldüğü için bu şekilde adlandırılmıştır. Bu formasyon yaş açısından Üst Eosen'i göstermektedir ve litolojik bileşimi ise renkli çamurtaşı, kumtaşı ve kireçtaşıdır (VZG 2004). Afgan-Tacik Havzası'nda bu formasyon Riştan, İsfarin ve Hanabad bölümlerine ayrılır (VZG 2004).

Afgan-Tacik Havzası'nda Riştan, İsfarin ve Hanabad bölümleri sadece havzanın orta kısımlarında görülmekte olup genel olarak çamurtaşı, kumtaşı ve kireçtaşlarını içerir. Riştan bölümünün kalınlığı 80-200 metre ve bileşimi ise çamurtaşı ve beyaz renkli anhidrittir (VNIGNI 2005a). İsfarin ve Hanabad bölümleri, 100 metre kalınlıkta yeşilimsi ve mavimsi-gri çamurtaşından oluşmaktadır (VNIGNI 2005a).

4.3.17. Sumsar Formasyonu (Oligosen)

Sumsar Formasyonu Oligosen yaşındadır ve Türkistan Formasyonu'nu uyumsuz olarak örter (VZG 2004). Denizel ve kıtasal kumtaşı ve siltli killi kayalardan oluşmuştur. 30 ile 74 metre kalınlığındadır (VZG 2004, VNIGNI 2005b).

Bu formasyon, kırmızı renkli jipsli çamurtaşı, kumtaşı ve silttaşından oluşan ve 200-250 metre kalınlığındaki Şurysay Formasyonu ile örtülmektedir (VNIGNI 2005a).

4.3.18. Şursay Formasyonu

Afgan-Tacik Havzası'ndaki Şurysay Formasyonu, Sanglak Formasyonunun üstünde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Dzhalilov vd. 1982). 190 metre kalınlığa olan Şursay Formasyonu, kahverengi ve kırmızı çamurtaşı, kumtaşı ve jipsli siltlerden oluşmaktadır (Dzhalilov vd. 1982).

4.3.19. Balzuan Formasyonu

Alt Miyosen yaşlı Balzuan Formasyonu, Afgan-Tacik Havzası'nda Kamoli ve Çildara olmak üzere iki alt bölüme ayrılır (Dzhalilov vd. 1982). Kamoli bölümü, Şurysay ve Hissarak kayalarının üstünde uyumsuz olarak bulunur ve kaba- ince taneli kumtaşı ile çamurtaşı ve konglomera litolojilerini içerir. Kalınlıkları da 180 ve 310 metre arasında değişir (Dzhalilov vd. 1982). Çildara bölümü 175-800 metre kalınlıkta kumtaşı ve silttaşından oluşmuştur (Dzhalilov vd. 1982).

4.3.20. Kingou and Tavildara Formasyonları

Afgan-Tacik Havzası'nda Üst Miyosen Kingou ve Tavildara olarak iki formasyona ayrılır (Dzhalilov vd. 1982). Kingou Formasyonu sadece havzanın doğu bölgelerinde görülmüştür. Gri ve kırmızı-kahverengi kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ile kaba taneli kumtaşı mercekleri ve konglomeraları içerir. Kalınlığı ise 230 ve 1500 metre

arasında değişir (Dzhalilov vd. 1982). Tavildara Formasyonu 2500 metre kalınlıkta, kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşur (Dzhalilov vd. 1982).

4.3.21. Karanak Formasyonu (Paliosen)

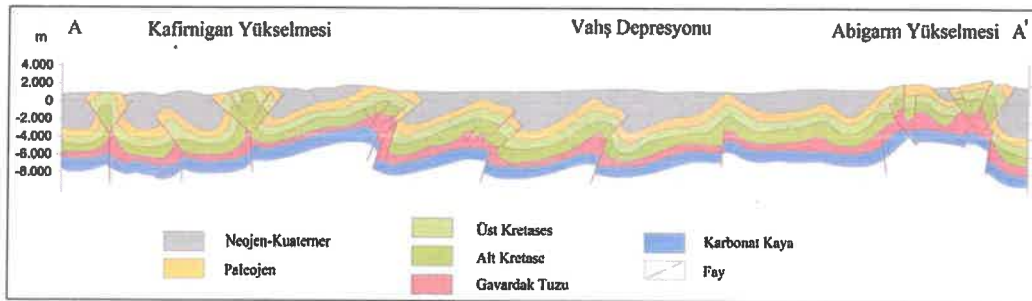
Afgan-Tacik Havza'sında yer alan Karanak Formasyonu kırmızı-kahverengi ve açık-kahverengi silttaşı, killi kumtaşı, konglomera ve bazen de jips tabakaları içerir. Kalınlıkları 30-1130 metre arasında değişir (Dzhalilov vd. 1982). Konglomera içeriği havza'nın kenar kısımlarına doğru artar.

4.4. Afgan-Tacik Havzasının Yapısal Gelişimi ve Petrol Sistemleri

4.4.1. Afgan-Tacik Havzasının Yapısal Çatısı

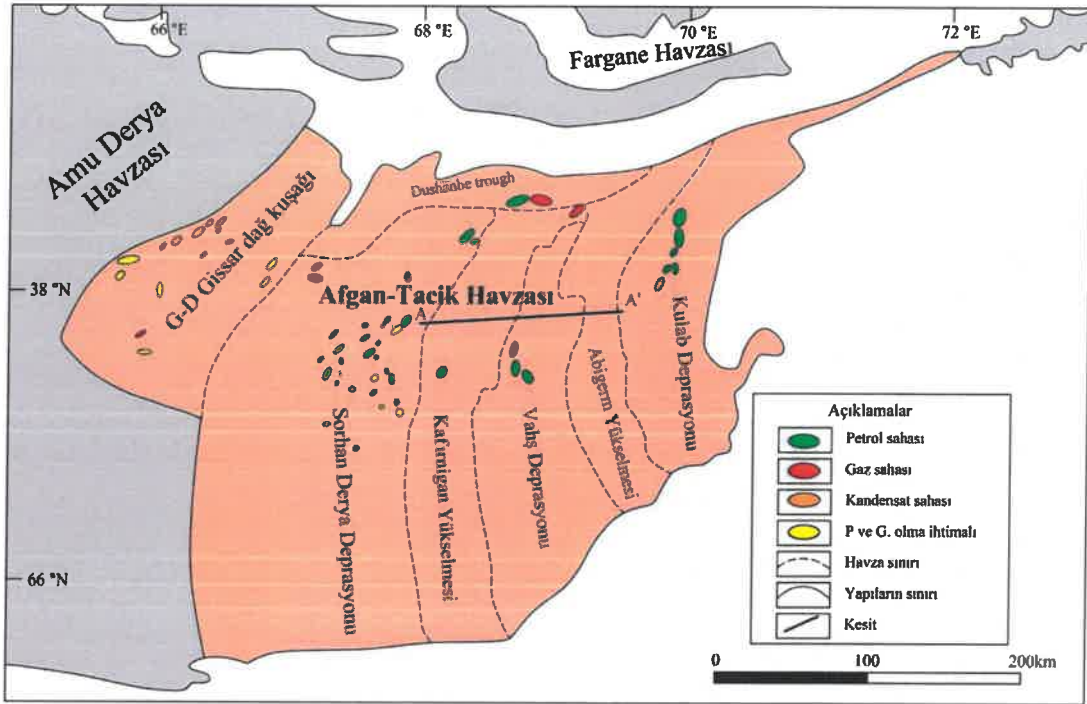
Afgan-Tacik Havzası'nın yapısal gelişimi güney Paleotetis Okyanusu ve onu çevreleyen orojenik kuşak ile ilişkilidir. Orojenik kuşakların etkisiyle sıkışması büyük ölçekli bindirme faylar ve kıvrımlar gelişmesine neden olmuştur. Bindirme fayları yalnızca havzanın yapısal çerçevesini etkilemekle kalmamış aynı zamanda petrol birikmesinde de önemli rol oynamıştır (CNPC 2013).

Afgan-Tacik Havzası 3 yapısal evrim aşamasını yaşamıştır: (1) Permiyen-Triyas'da gelişen yay gerisi basen evresidir. Bu evrede Paleotetis okyanusu kapanmış, havzayı sıkıştırmış, bindirme fayları ve kıvrımları oluşturmuş olup Jura ile Triyas sistemi arasındaki uyumsuzluk ilişkisini yaratmıştır. Oluşan tabakalar 100-2200 metre kalınlıkta olan kırmızı kıtasal kırıntılı kayaçlar ve volkanik kayaçları içerir. (2) Jura-Eosen'e ait fay-depresyon evresidir. Bu evrede havza, orojenez dönemin sonrasında platform evresine geçmiş olup bir dizi kıtasal molas formasyonu oluşturmuştur. Bu dönemde Afgan-Tacik Havzası 3 büyük ölçekli çarpışmaya maruz kalmış, batıdan doğuya 3 transgresyon ve 3 kıtasal-denizel sedimanter devinimini oluşturmuştur. (3) Oligosen'den şimdiye kadar dağ kuşaklarındaki havzanın oluşma evresidir. Neojen evresinde Hindistan Plakası ve Avrasya Plakası çarpışmaya başlamıştır. Miyosen'de Afgan-Tacik Havzası kuvvetli sıkıştırmaya maruz kalıp bir dizi itme fayları ve ilgili kıvrımları geliştirmiştir (CNPC 2013) (Şekil 4).



Şekil 4. Afgan-Tacik havzasının enine kesiti (CNPC 2013).

Yapısal olarak, kuzey-güney doğrultula havzalarda bir dizi çöküntü ve yükselme bölgeleri oluşmuştur. Bunlar doğudan batıya; Kulyab Depresyonu, Obigarm Yükseltisi, Vahş Depresyonu, Kafirnigan Yükselimi, Surhandarya Depresyonu ve Güney-Batı Gissar yükselimleridir. Havzanın kuzeyinde yer alan Duşanbe depresyonu istisnai olarak kuzey-güney doğrultusuna uzanmaktadır. Havzadaki en derin yapı Kulyab depresyonudur ve bu yapı Pamir Kuşağı'nda Foreland Havzası'nı göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Afgan-Tacik Havzası'nda hidrokarbonların dağılımı ve yapısal birimleri (CNPC 2013).

Afgan-Tacik Havzası'nın tabanını Pre-Kambriyen ve Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturur. Bu kayalar çevredeki Tiyan Şan ve Pamir aralıklarında da görülmektedir. Bunların üzerine ise yay gerisi birimler, platform birimleri ve çarpışma birimleri olmak üzere üç birim gelmektedir. Platform birimleri petrol üretimi, göçü ve birikimi ile yakından ilgilidir. Dolayısıyla bu birim petrol aramalarında oldukça önemlidir (CNPC 2013).

Genel olarak petrol ve doğal gaz birikimine dayanarak Afgan-Tacik Havzası iki gruba ayrılır. Bunlar Jura-Kretase ve Tersiyer birimleridir (Jeff Wynn vd. 2010).

Jura-Kretase Grubu: Afgan-Tacik Havzası'nın kuzey-batı kesiminde yer alır ve genel olarak doğal gaz ve kondense ürünler açısından zengindir. Kondense gaz alanları esas olarak Güney-Batı Gissar antiklinal kuşaklarında bulunur. Gaz sahaları ise,

Güney-Batı Gissar antiklinal kuşakları, Surhandarya çöküntüsü, Duşanbe çukuru ve Kafirnigan yükselim bölgelerinde bulunmaktadır. Rezervuarların %80'den fazlası Jura-Kretase bölümüne aittir (CNPC 2013).

Tersiyer Grubu: Bu bölüm havzanın orta kısmında yer alıp Surhandarya çöküntüsü, Kafirnigan yükseltisi, Vahş çöküntüsü, Kulyab çöküntüsü ve Duşanbe çukurunu içerir. Tersiyer bölümü petrol açısından oldukça zengindir (Şekil 5).

4.4.2. Afgan-Tacik Havzası'nın Petrol Sistemleri

Afgan-Tacik Havzası hidrokarbonlar açısından zengin petrol ve gaz sahalarına sahiptir. Genel olarak hidrokarbon rezervuarları Mesozoyik ve Senozoyik sedimanlarında bulunur (Jianguo vd. 2013). Bu havza iki petrol sistemini içerir. Bunlar;

- Jura Petrol Sistemi
- Paleojen Petrol Sistemi

Paleojen petrol sistemi Jura sistemini örter. Jura ve Paleojen petrol sistemleri kalın Jura yaşlı tuz tabakaları ile birbirinden ayrılır. Genel olarak Jura petrol sisteminin gaz eğimli ve Paleojen petrol sistemi'nin ise petrol eğimli olduğu tespit edilmiştir (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

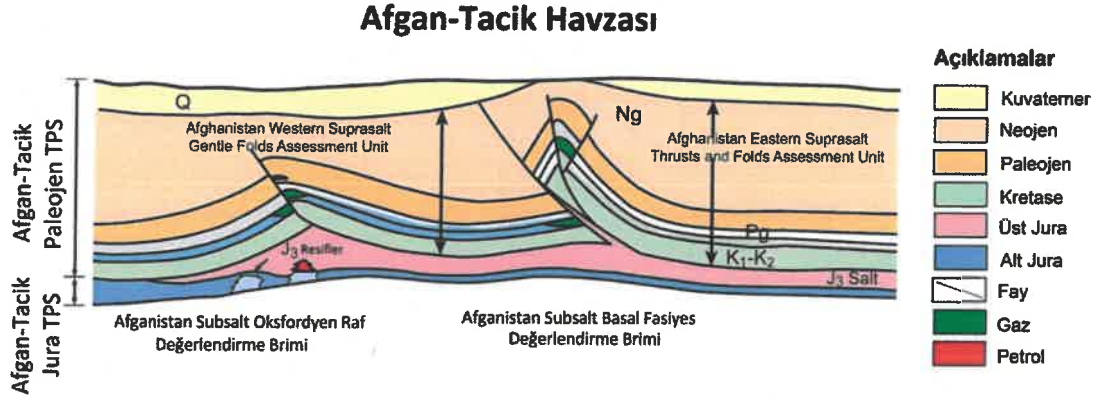
4.4.3. Afgan-Tacik Jura Petrol Sistemi

Afgan-Tacik Havzası'nın Afganistan'da yer alan kısmında şimdiye kadar sadece 21 kuyu açılmış ancak hiçbir kuyuda Jura tabakalarının altına inilememiştir. Aynı şekilde Tacikistan'da da hiçbir kuyuda Jura tabakalarının altına geçilememiştir. Üst Jura tuz tabakaları Duşanba ve güneybatı Gissar havzanın kenarlarına doğru yok olmaktadır.

Neojen'deki sıkışmalar sonucunda Jura karbonatlı kayaları bu havzada genel olarak doğal gaz birikimine eğilimli oldukları tespit edilmiştir (Orudzheva ve Kornenko, 1991). Yapılan araştırmalara göre büyük ihtimale bu sistemdeki yataklar resif oluşumlarına bağlıdır. Jura kayanak kayalardan türeyen petrolün oluşumu Albiyen ve Senomaniyen zamanında başlayıp derinlik ve basınç artması nedeniyle petrolden doğal gaza geçtiği tespit edilmiştir (Orudzheva ve Kornenko 1991).

Afgan-Tacik Havzası'nın Afganistan'da olan kısmında hiçbir petrol keşfi yapılmamış olmasına rağmen bu havzanın Özbekistan'da olan Gadzhak bölgesinde günümüzde petrol üretilmektedir. Bu durum petrol sistemi hakkında bize olumlu bilgiler vermektedir. Gadzhak bölgesinde hidrokarbonlar Üst Jura karbonat ve karabil Formasyonu'nun kumtaşlarından üretilir (Grinenko 1982). 8 nolu kuyu petrolün tespiti amacıyla açılmış ve gazın Alt Gaurdak anhidritlerinde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen ıslak gazın az miktarda kükürt ve CO₂, %14.9 hidrojen içerdiği belirlenmiştir. Doğal

gazın muhtemelen Alt ve Orta Jura'dan üretildiği açıklanmıştır. Afgan-Tacik Havzası'nın petrol sistemi Şekil 6 ve Şekil 7'de görülmektedir (CNPC 2013).



Şekil 6. Afgan-Tacik Havzası'nda petrol ve gaz birikim modeli (CNPC 2013).

Ana kayalar

Afgan-Tacik Havzası'nda kaynak kayalar; Alt ve Orta Jura yaşlı kırıntılı ve kömürlü kayalar ile Üst Jura yaşlı anoksik siyah kiltaşlarıdır. Alt ve Orta Jura'nın kalınlığı havzanın orta kısımlarında 600-700 metre olduğu ifade edilmektedir (Safranov 1988).

Bu havzada Alt ve Orta Jura'ya ait kömürler, vitrinit, yarı füzinit ve liptinit bileşenlerini içermekte olup tip III kerojene sahiptirler. Alt ve Orta Jura'da toplam organik karbon miktarı yaklaşık % 2'dir (Safranov 1988).

Güneybatı Gissar'da Alt ve Orta Jura'ya ait kömürlü kayalar sondaj yardımıyla incelenmiştir. 800-1200 m derinliklerde toplam organik karbon miktarının % 4'e kadar çıktığı saptanmıştır (Akram khodzhaev 1982). Tüm kayalarda ikincil oluşumlar şeklinde bitüm bulunur (Akram khodzhaev 1982). Yapılan hesaplamalara göre bir kilometre kare kömürlü sedimanter kayalarda bir milyon metrik ton doğalgaz ve 10,000 metrik tondan fazla petrol üretebileceği açıklanmıştır (Akram khodzhaev 1982). İndirgiyici koşullar altında çökelmiş Üst Jura sedimanlarının resifal çökeli mi olanlarında petrolün ana kayası olabileceği ifade edilmektedir (VNIGNI 2005a).

Kaynak kayaların kalınlığı havzanın kenar kısımlarında 2-3.5 kilometre ve havzanın orta kısımlarında ise 12 kilometre'ye ulaştığı, Alt ve Üst Jura kayalarından günümüzde petrol üretildiği görülmektedir. Petrol üretimi havzanın merkezi bölgelerinde Kretase'de başlayıp Eosen'de maksimuma ulaştığı belirlenmiştir (Safranov 1988).

Rezervuar Kayalar

Afgan-Tacik Havzası'nda kayaç tipi açısından genel olarak 3 tür rezervuar gelişmiştir. Bunlar; Jura yaşlı denizel karbonatlı kayaçlar, Kretase yaşlı nehir ve göl fasiyesinde çökelmiş kumtaşı ve siltaşları, Tersiyer yaşlı denizel karbonatlı kayaçlardır (Hackly vd. 2010).

Jura sistemindeki rezervuar kayalar havzanın kenar kısımlarda bulunan karbonatlı kayaçlar ile kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Karbonatlı kayaçların rezervuar kalitesi havzanın kenarlarına doğru azalmaktadır. Bunun nedeni rezervuar kayaçların daha killi hale gelmesidir. Bitişik alanlardan elde edilen verilere dayanarak Alt ve Orta Jura yaşlı kırıntılı kayaların rezervuar kalitesi 3-3.5 kilometreden daha derinliklerde sıkışma ve diyajenez nedeniyle özelliklerini kaybetmişlerdir. Üst Jura'ya ait bir gaz alanı Surhan megasenklinali olan Baysun'da bulunmuştur.

Tacikistan'ın Duşanba bölgesinde üç küçük sahada Tithoniyen rezervuarlardan gaz üretilmektedir. Ancak bu rezervuarların kalitesi derinlik arttıkça azalmaktadır (Kingston 1990, Kingston ve Clarke 1995).

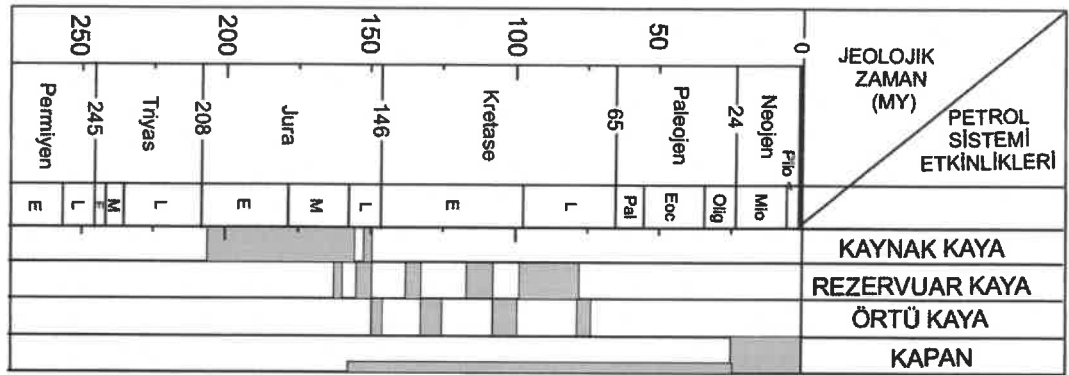
Alt Jura kumtaşları Afgan-Tacik Havzası'nda düşük prozite (%5-10) ve bir kaç millidarcy geçirgenliğe sahiptir (Egamberdyev 1987).

Kapanlar

Afgan-Tacik Havzası'nda genel olarak araştırılan ve bulunan başlıca kapan türleri antiklinaller, faylı yapılar, faylı antiklinaller ve kompleks faylı bloklardır (Makhkamov vd. 1985). Kretase ve Neojen birimlerinde keşfedilen petrol ve gaz yatakları yukarıda belirtilen kapanlarda bulunmaktadır. Bu sistemlerde yer alan kapanlar ya tuz yapılarında oluşan antiklinallerde ya da havzanın kenarlarına doğru bulunan Jura yaşlı kırıntı kayaların yer aldığı pinch-out bölgelerinde bulunan stratigrafik kapanlar şeklindedir (CNPC 2013).

Örtü kayalar:

Üst Jura yaşlı evaporitler petrol birikimleri için bölgesel bir örtü sağlamaktadır. Bu bölgesel örtü sadece havzanın batı kısmındadır. Buna karşılık killi kireçtaşı ve çamurtaşından oluşan ve havzanın doğu kısımlarında yer alan yerel örtü kayaçlarda vardır (VNIGNI 2005a).



Şekil 7. Afgan-Tacik Havzası'nda Jura Petrol Sistemi. Bu petrol sisteminde Alt-Orta ve Üst Jura kaynak kayaları, Jura-Kretase rezervuar kayaları ve Üst Jura-Kretase çamurtaşı örtü kayaları oluşturmuştur. Geç Kretase döneminde petrol oluşumu ve göçü başlamıştır. Kapanlar ise çoğunlukla Paleojen ve Neojen döneminde gelişmiştir (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

4.4.4. Afgan-Tacik Havzası'nın Paleojen Petrol Sistemi

Afgan-Tacik Havza'nın Tacikistan'da yeralan kısmında petrol bulunmuş olup günümüzde de bu petrolün üretimi devam etmektedir. Bu havzanın Afganistan'da yeralan bölümlerinde şimdiye kadar 21 inceleme kuyusu açılmasına rağmen teknik problemler nedeniyle kuyuların çoğunda hedefe ulaşmamıştır. Bu kuyulardan Gunj ve Qunduz'da açılanlarda petrolün olduğu tespit edilmiştir (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

Ana Kayaçlar

Eosen yaşlı Suzak organik killi sedimanları ana kaya özelliğine sahiptir (Knodur vd. 1992). Bu formasyon üzerinde hem Rus araştırmacılar ve hem de USGS tarafından organik petrografik ve organik jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Rus araştırmacıların yaptığı organik jeokimyasal analizlerin sonuçlarına dayanarak organikçe zengin ince tabakaların (0.5-2 metre arasında) toplam organik karbon miktarı %11-19 arasında ve bazı yerlerde ise %48'e kadar ulaştığı görülmüştür (Buzurukov vd. 1978, Ergashev 1983, Khaimov 1986, Egamberdyev and Mayvandi 1992). Afganistan ve Tacikistan'da Suzak formasyonun alt kısımları daha az miktarda toplam organik karbon (%0.5-3.5 arasında) içermektedirler ve bunlar II. tip kerojenlerden oluşmuştur (Erashev 1983, Egamberdyev and Mayvandi 1992). Organik killi kayaçlar %7.65-8.08 hidrojen, % 4.5 kükürt, %10 reçine içermekte olup bu kısımlarda karasal organik madde gözlenmemiştir (Khaimov 1986)

Koyu gri ve yeşil renkli Suzak çamurtaşları 130 metre kalınlıkta havzanın derin kısımlarında çökelmiştir. Organikçe zengin kısımları genel olarak 1.5-5 metre kalınlıkta bulunmaktadır (Khaimov 1986).

Organikçe zengin çamur sedimanları Amu-Darya ve Afgan-Tacik Havzası boyunca geniş yayımlı olmasına rağmen Gissar ve Darvaz bölgelerinde daha lokal alanlarda bulunur (Khaimov 1986).

Baysun ve güneybatı Gissar bölgelerinde Paleojen siyah çamurtaşı (Suzak formasyonu) iki senklinalde açılan kuyularda kesilmiştir. Siyah çamurtaşı iki koyuda sırasıyla 323 ve 107 metre derinlikte ve 1.2 ve 1.5 metre kalınlıkta görülmüş (Ergashev 1983). Özbekistan'ın güney kısımlarında Suzak Formasyonu organikçe zengin çamurtaşlardan ve kuzey bölgelerde ise çamurtaşı ve kumtaşlarından oluşmuştur (Atkhamor ve Kasymov 1967).

Suzak dışındaki yataklarda toplam organik karbon içeriği genellikle düşüktür, ancak Apsiyen'den Albiyen tabakalarına doğru, toplam organik karbon içeriği % 18'dir. Bu bölgede ise organik madde karasal kökenli olarak belirlenmiştir. Kesitteki diğer çamurtaşlarının toplam organik karbon içeriği ağırlıkça %0,3-3,46 arasında ve III. tip kerojenleri içermektedir (Egamberdyev ve Mayvandi 1992).

Afgan-Tacik Havzasının derin kısımlarında Paleosen kayalarının petrol üretme aşamasında olduğu yani katajenez zonunda oldukları tespit edilmiştir (Knodur vd. 1992). Senklinal yapılarda Suzak sedimanlarının Neojen döneminde de petrol üretim penceresinde yer aldıkları belirlenmiştir. Ayrıca kerojen elemental bileşime göre, Paleojen sedimanlar Surhan ve Vahış megasenklinallerinde 4-5 kilometre derinliklerde petrol penceresinde (katajenizin orta aşamaları) olduğu kanıtlanmıştır ve asıl potansiyel bindirme yapıları bulunan bölgelerin senklinal kısımlarında olduğu görülmüştür (Volos vd. 1982).

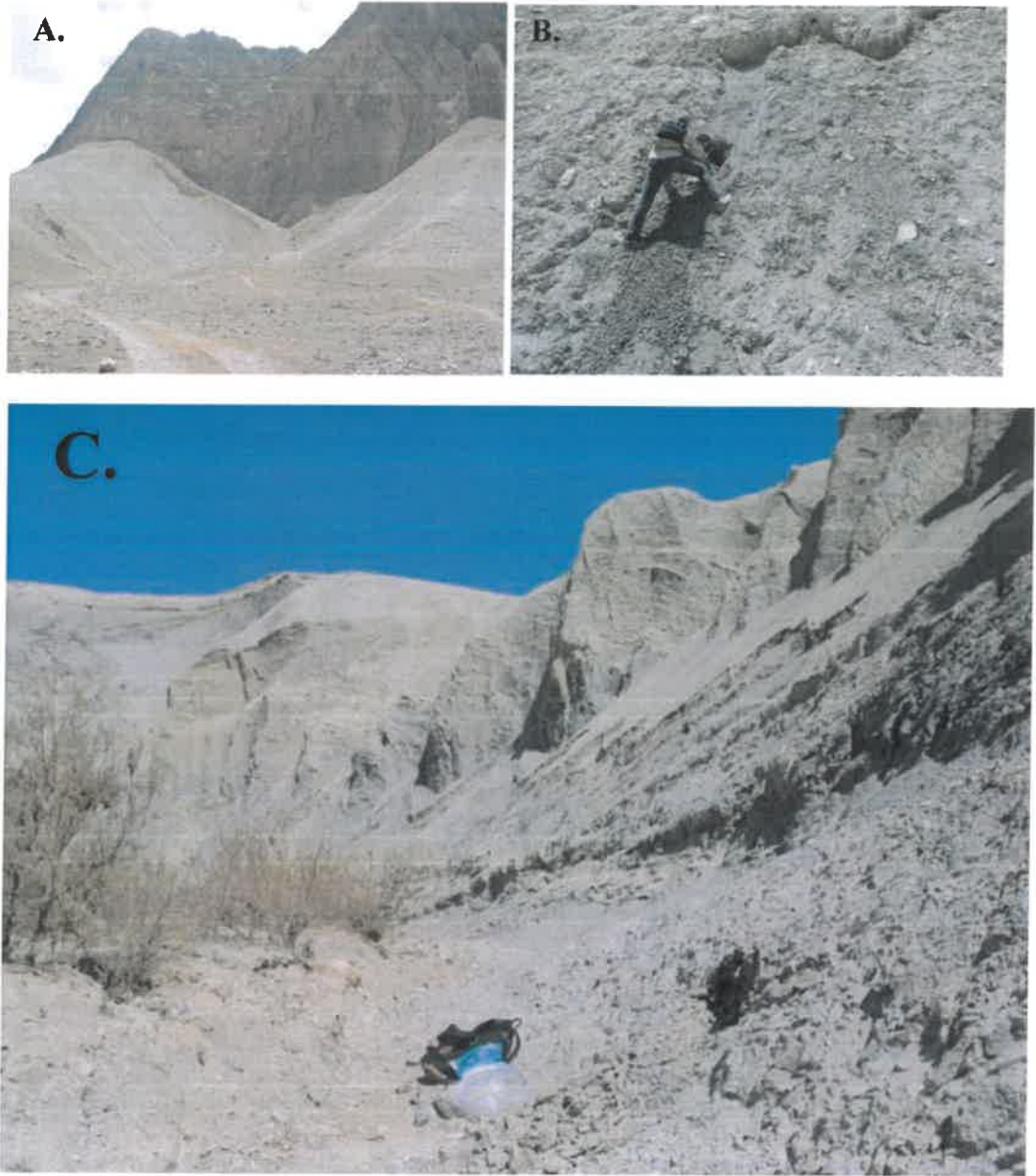
Vahış megasenklinal ve Kafirnigan antiklinallerinde ortalama jeotermal gradyan Neojen dönemi için 2.5°C/100m, Oligosen ve Eosen dönemi için 3.2°C/100m ve Paleosen dönemi için 2°C/100m bulunmuştur. Gissar megantiklinal ve Vahış megasenklinal için ise biraz daha yüksek yani 3°C /100m'ye ulaşmaktadır (Gotfilf vd. 1969). Sıcaklık 4.5 kilometre derinlikte, güney Aktau'da 110°C'den, Aktau ve kuzey Kurganch'da 130°C'ye çıkar ve 6-7 kilometre derinlikte ise sıcaklık 175°C'ye ulaşmaktadır (Krylov 1980).

Yukarıdaki sonuçlardan Afgan-Tacik Havzası'nda sadece Paleojen ve Üst Kretase petrol penceresinde ve daha yaşlı kayaların ise gaz penceresinde olduğu kanıtlanmıştır (Yokovets 1976).

4.5. Eosen Yaşlı Formasyonu'nun Petrol Jeolojisi Özellikleri

Afganistan'da Afgan-Tacik Havzası'nda petrol ve gaz şimdiye kadar üretilmemiştir. Halbuki Özbekistan ve Tacikistan'da bu havzadan günümüzde petrol üretilmektedir. Bu havzada ana kaya kesin olarak tespit edilmemiştir. Eosen yaşlı organik maddece zengin Suzak Formasyonu üzerinde yıllardır araştırmalar devam etmektedir (Hackley vd. 2016). Petrol üretim modelleri ve jeokimyasal analiz sonuçlarına dayanarak Suzak Formasyonu'nun Afgan-Tacik Havzası'nda petrolün ana kayası olması muhtemeldir. USGS verileri de Paleojen kayalarının petrol sistemi varlığını göstermektedir.

Ham petrol ve doğal gazı tahmin edilen kaynak kayalarla ilişkilendirmek için Kuzey Afganistan ve Tacikistan'daki kuyu, arazi ve mostradan birçok ham petrol, doğal gaz ve kaynak kaya örneği toplanmıştır (Şekil. 8). Buna ek olarak, Amu Darya Havzası'nın Özbekistan'da bulunan kısmında British Petroleum (BP) tarafından yapılan ve VNIGNI 2005a tarafından rapor edilen ham petrol ve kaynak kaya özütlerinin jeokimyasal analiz sonuçları karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Biyomarker, Ham petrol ve kaynak kaya özütlerinin kararlı karbon izotop analizi, farklı petrol sistemleri göstermektedir. Ham petrol türü, kaynak-kaya türü, olgunluğu ve kaynak-kayaç birikimi sırasında su-tortu arayüzünün görelî aerobik/anoksik koşulları bu verilerden yorumlanabilmektedir. Amu-Darya Havzası'ndaki ham petrolün Afgan-Tacik Havzası'nda olan ham petrolden farklı olduğunu da göstermektedir.



Şekil 9. Suzak Formasyonu'ndan görüntüler. Mostra örnekleri aşırı derecede aşınmıştır. A) ve B) Kholum şehrine yakını, C) Garavoty şehri 15 km güneyindedir.

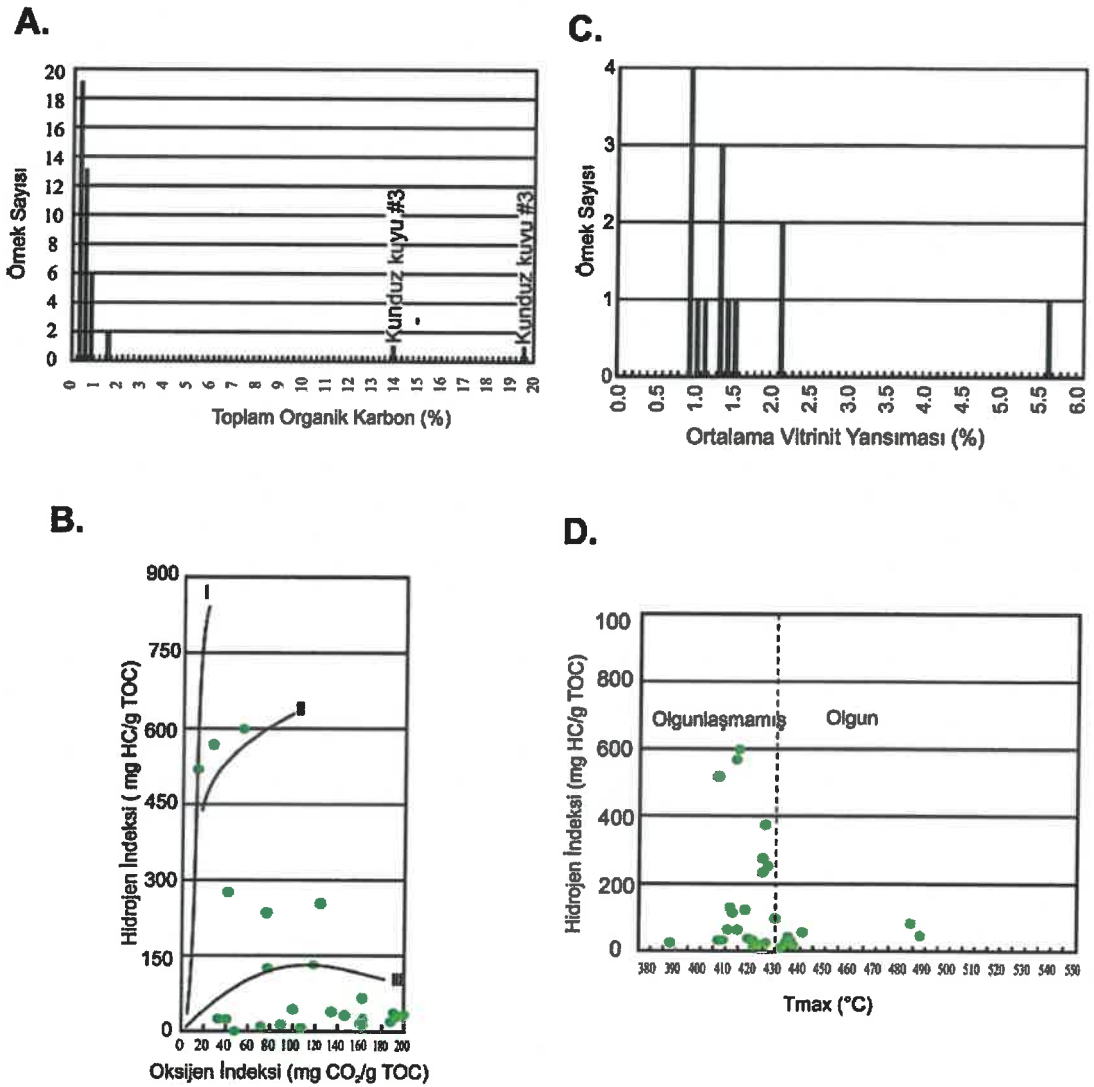
4.5.1. Suzak Formasyonu'nda yapılan Toplam Organik Karbon (TOC), Rock-Eval Piropliz ve Vitrinit Yansıması Analizleri

Afgan-Tacik Havzası'nda petrol ve doğal gaz ana kayasını belirlemek amacıyla U.S. Geological Survey ve Afganistan Maden ve Petrol Bakanlığı tarafından organik Jeokimyasal analizler yapılmıştır.

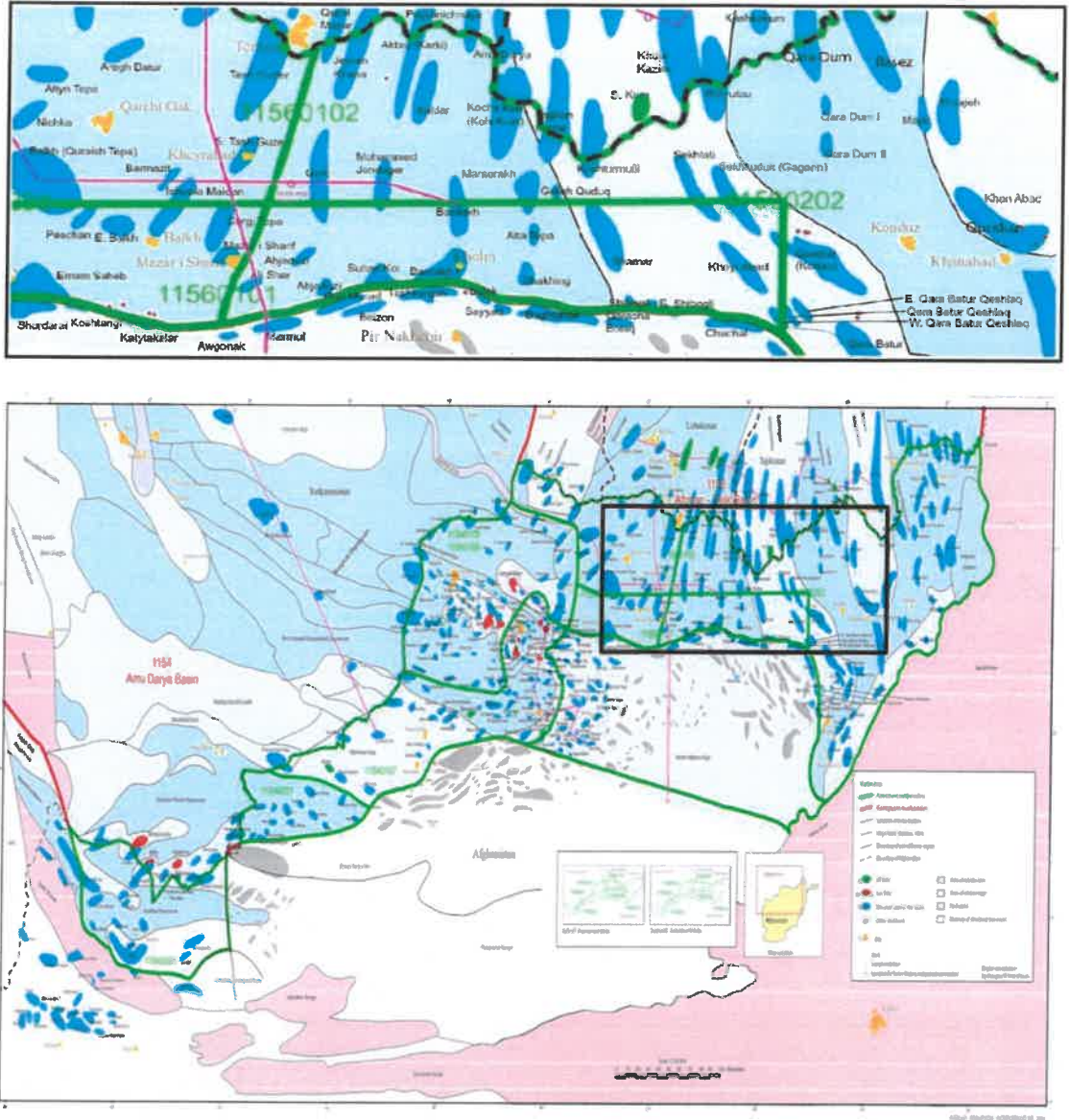
Afganistan'ın kuzeyi ve Tacikistan'ın güneyinde yer alan Suzak Formasyonu yüzey örnekleri ve ayrıca Afganistan'ın kuzeyinde bulunan Kunduz sahasında açılan 3

nolu kuyu ve Tacikistan'da bulunan Khodzhasartis alanında açılan 18 nolu, Kyzylsu alanında açılan 5 nolu kuyu ve Tanapchi sahasında açılan 5 nolu kuyuların örnekleri analizlerde kullanılmıştır.

Afgan-Tacik Havzası'ndan elde edilen yüzey örneklerinin aşırı oksidasyonu nedeniyle yeterli sonuçlar alınamamıştır (Şekil 9). Suzak Formasyonu'ndan alınan birkaç tane yüzey örneği ile karot örneklerinden sonuçlar elde edilmiş ve bunlardan toplam organik karbon, vitrinit yansıma ve piroliz bilgileri sağlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Grafikler Suzak Formasyonu'nun örneklerinin organik jeokimyasal analizlerini göstermektedir. A) Toplam organik madde içeriklerinin dağılımı. B) Van Krevelen diyagramına göre kerojen tipleri. C) Ortalama vitrinit yansıma değerlerinin dağılımı. D) Hidrojen indeksi-Tmax grafiği (USGS ve MOM-Afganistan 2006).



Şekil 8. Kuzey Afganistan ve çevresindeki alanların bugünkü yapısal unsurları gösteren harita; Jeofizik yöntemlerle haritalandırılan yapılar, değerlendirme birimlerinin sınırları, petrol ve doğal gaz sahalarının lokasyonları, kesitleri, toplanan numuneler ve petrol üretim modelleri için kullanılan profiller. (VNIGNI 2005a, VNIGNI 2005b, Bratash vd. 1964, Clarke ve Kleshchev 1992, Gustavson Associates 2004, Ivanov ve Didura 1978, Ivanov vd. 1978, Klochko ve Slobodyanyuk 1984, Les'kiv 1991, Melekhin 1973, Melikhov vd. 1997, Tulyaganov 1972, Ulmishkek 2004, VZG 2004).

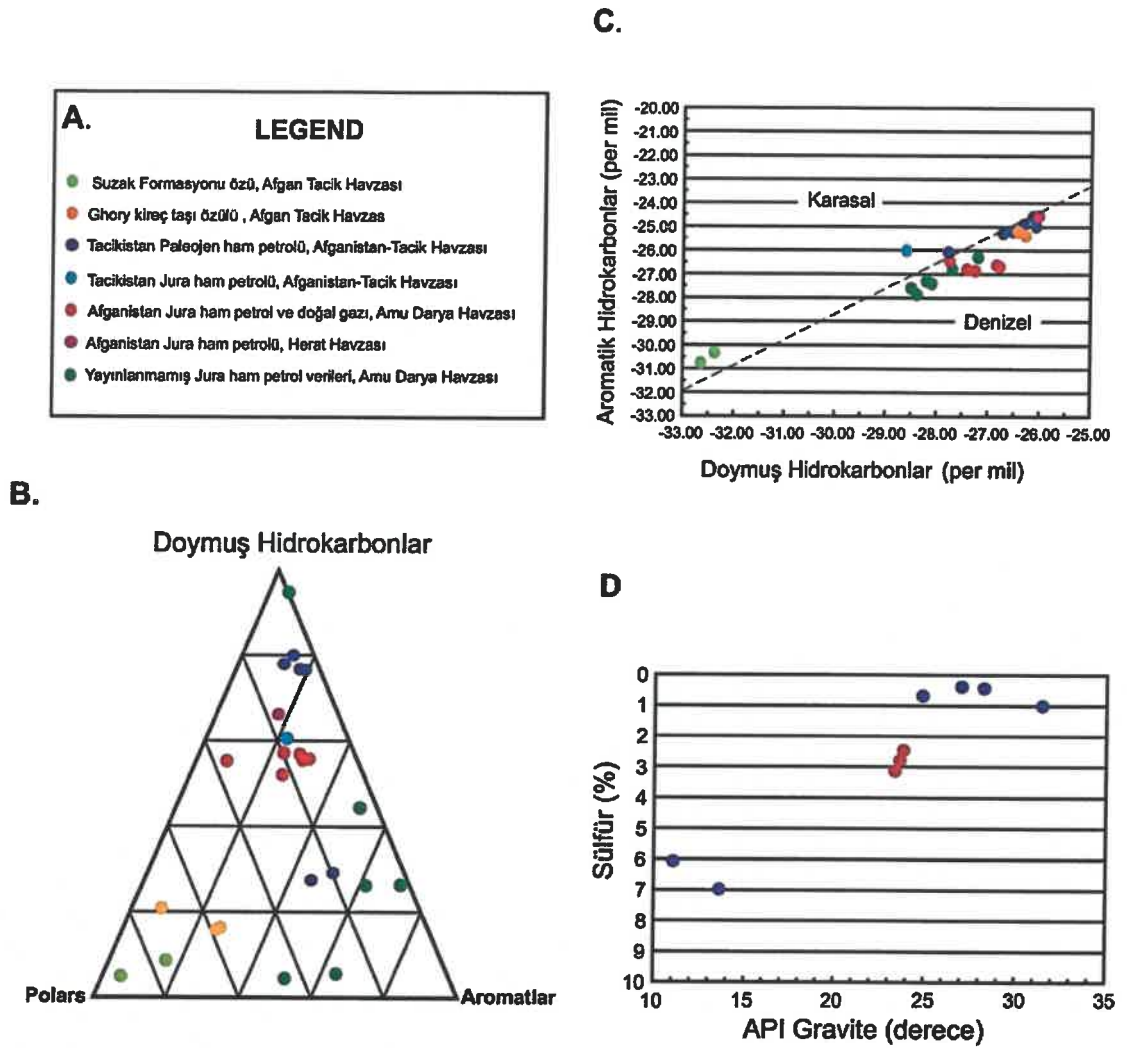
Suzak Formasyonu yüzey örneklerin toplam organik karbon içeriği genel olarak düşüktür, Elde edilen ortalama %0,4'tür (Şekil 10). Sadece iki tane mostra örneğinin toplam organik karbon içeriği %1'den fazla, ve her ikisi de yaklaşık %1.3 toplam organik karbon içermektedir. Kuzey Afganistan'ın kunduz 3 nolu kuyusundaki iki Suzak Formasyonu örneği, %13.9 ve %19.7 toplam organik madde içeriğine sahiptir ve bu durum kayaların petrol üretme için yeterli organik madde miktarına sahip olduklarını göstermektedir.

Genel olarak örnekler olgunlaşmamıştır. Ancak 5 adet örnek olgunlaşma, 2 adet örnek ise aşırı olgun zonda yer almaktadır.

Suzak Formasyonu örneklerinin piroliz analizlerine göre, yüzey örneklerin çoğunluğu gaz'a eğimli ve III. tip kerojen (karasal kökenli) içerdikleri görülmektedir (şekil 10). Kunduz 3 nolu kuyu örnekleri ve birkaç yüzey örneği, petrol eğimli olan II. tip kerojen (denizel kökenli) içermektedir.

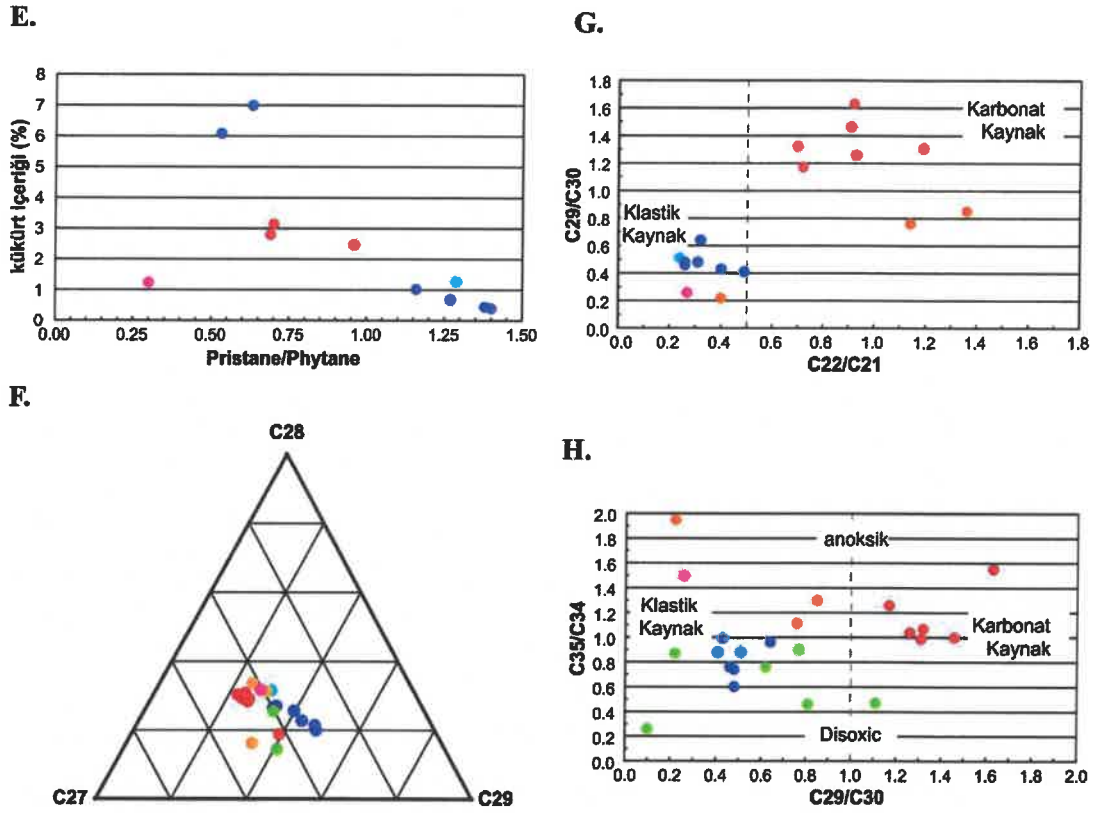
Örneklerin çoğunda vitrinit yansıma değerleri 0.9 ile 1.5 arasında olduğu görülmektedir. Bu durum organik maddenin termal olarak olgunlaştığını ve petrol üretim alanında olduğunu göstermektedir. İki örneğin vitrinit yansıma değerleri yaklaşık %2 olduğu görülmektedir ki bu durum gaz üretme kabiliyetine sahip olduklarını açıklamaktadır. Bir örneğin vitrinit yansıma değeri ise % 5.6'dır (Şekil 10).

Tacikistan'da yer alan Afgan-Tacik Havzı'nın petrol üretimi yapılan bölümlerinden alınan ham petrol örnekleri, Gori rezervuar Kaldar 1 nolu kuyu örneği, Suzak Formasyonu yüzey örnekleri ve Kunduz 3 nolu kuyu örnekleri ana kayanın potansilini belirlemek için analiz edilmiştir (USGU ve MOM-Afganistan 2006). Bu analiz sonuçları Şekil 11'de ifade edilmiştir.



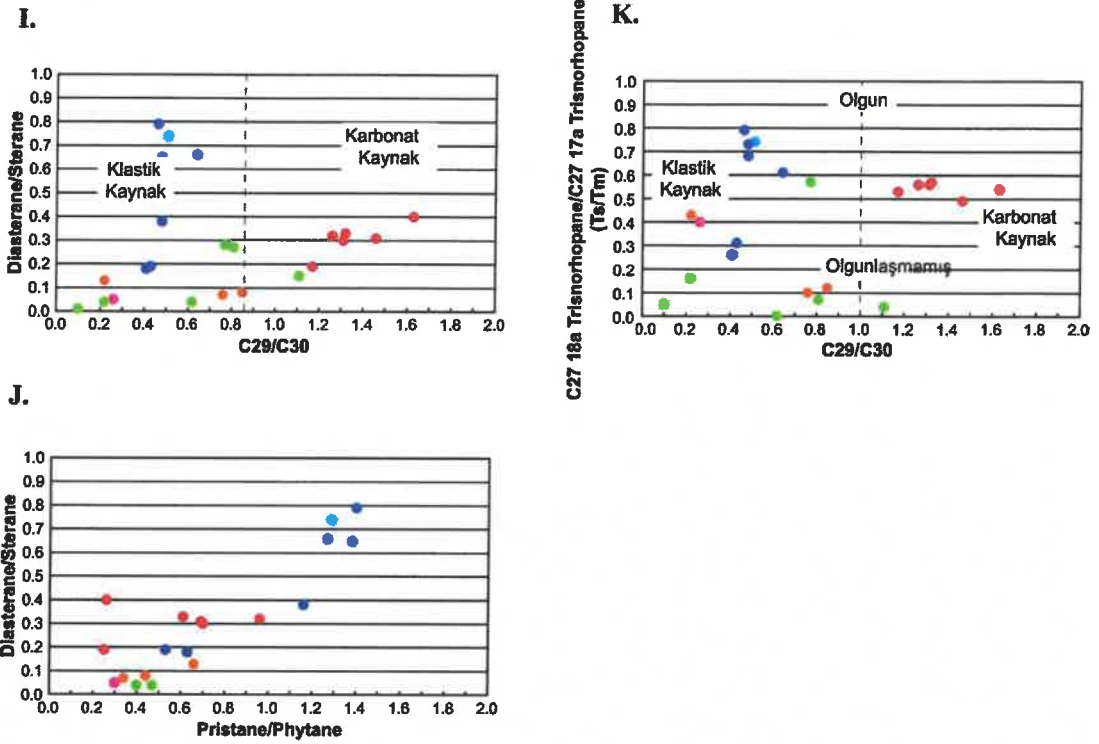
Şekil 11. Afganistan ve Tacikistan ham petroleri ve özüt analizleri (USGS ve MOM-Afghanistan 2016).

Kuzey Afganistan'ın Amu Darya (Angut, Ak Darya ve Kaşkary sahaları) ve Herat Havzaları'ndan (Ahmad Abad kuyu) ham petrol örneklerinin yanı sıra BP'nin Özbekistan'da yer alan Amu Darya Havzası'nın jeokimyasal analizinin sonuçlarını da karşılaştırma amacıyla veriler elde edilmiştir (Şekil 11). Afganistan'daki Amu Darya ve Herat Havzası örnekleri her fraksiyonun benzer oranlara sahiptir. Tacikistan'dan alınan bir örneğin Afganistan Amu Darya örneklerine benzer bir bileşimi var olduğu görülmektedir. Özbekistan Amu Darya numuneleri genellikle aromatik hidrokarbonları daha büyük oranlarda içermesine karşın, bir örnek doymuş hidrokarbonlar açısından zengin ve BP (British Petroleum) tarafından kondanse olarak sınıflandırılmıştır (Shurtan 1 nolu kuyusundan) (YU Yixin vd. 2015).



Şekil 12. Afganistan ve Tacikistan'ın ham petroleri ve özüt analizleri (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

Ham petrol ve özüt örnekleri, doymuş ve aromatik hidrokarbon fraksiyonları için kararlı karbon izotop verilerine göre ayırt edilmiştir (Şekil 12). Qunduz 3 nolu kuyu karot numunelerindeki Suzak çamurtaşı özleri doymuş ve aromatik fraksiyonları içerir. Amu Darya Havzası'nın hem Afganistan hem de Özbekistan bölümlerinden alınan numuneler benzer izotopik kompozisyonları içermektedir. Tacikistan'a ait numunelerinin çoğu ve Kaldar 1 nolu numunesi benzer izotopik bileşimleri içerir. Bunlar Amu Darya Havzası örneklerinden daha ağırdır. Herat Havzası örneği aynı zamanda izotopik olarak Tacikistan örneklerine benzemektedir (USGS 2015).



Şekil 13. Afganistan ve Tacikistan ham petroleri ve özüt analizleri (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

Rezervuar Kayalar

Birinci derecede önemli olan potansiyel rezervuar kayaları Üst Kretase ve Paleojen yaşlı Ghory karbonat kayaçlar olduğu görülmektedir (USGS ve MOM-Afganistan 2006). Paleojen ve Neojen kırıntılı sedimanlar rezervuar kayaçlar açısından ikinci önemi taşımaktadır. Kretase rezervuar kayaçları sadece Eosen Suzak Formasyonu kaynak kayaları tarafından beslendikleri düşünülmektedir. Altta yer alan Jura petrol sisteminden gaz göçü yerel olarak mümkündür, ancak Jura kaynak kayalardan hiç bir petrol göçü gözlenmemiştir (Safranov 1988) (Şekil 14, Çizelge 1).

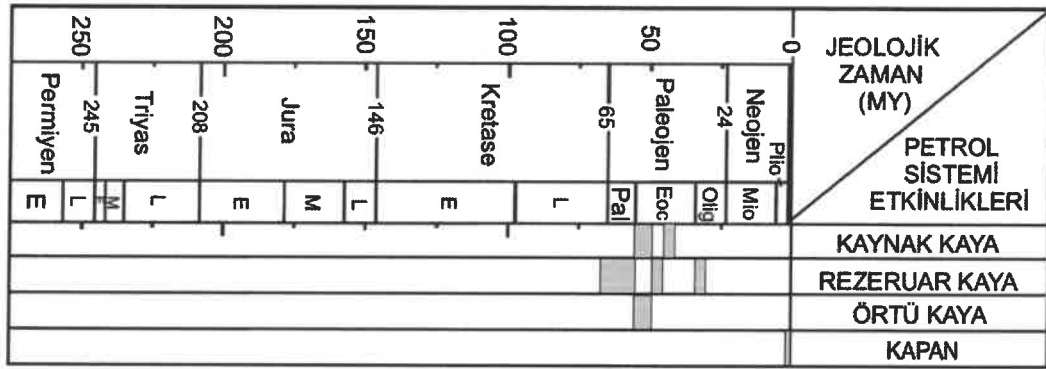
Kapanlar

Antiklinaller ve faylı antiklinaller en fazla bulunan kapanlardır. Bunun yanında stratigrafik kapanlar da bulunmuştur (Orudzheva ve Kornenko 1991). Antiklinallerin çoğu bölgesel basınç nedeniyle aşırı derecede aşınmış ve hidrokarbonların korunma koşulları zayıflamıştır. Ancak diğer yapısal kapanlar örtünün altında altında korunmuştur. Bu kapanlar Paleosen'in sonunda ve Kretase'nin başlangıcında oluşmuştur.

Kapanlar genellikle antiklinaller ile senklinal bölgelerde bulunmakta ama en uygun ve önemlileri Vakhsh bölgesinin bindirme kısımlarında yer almaktadır (Knodur vd. 1992). Beshtentyak ve kuzey Kurgancha alanlarında ise stratigrafik kapanlar oluşmuştur. Havzanın doğu kısımlarında Kulyab ve Obigarm megantiklinallerinde Kretase ve Paleosen dönemlerinde tuz diyapirleri ile oluşan kapanlarda bulunmaktadır (Mokhkamov vd. 1985).

Örtü Kayalar:

Örtü kayalar olarak Suzak Formasyonu ile Paleojen ve Neojen'de oluşan ve çamurtaşı içeren formasyonlar görülür (Safranov vd. 1983).



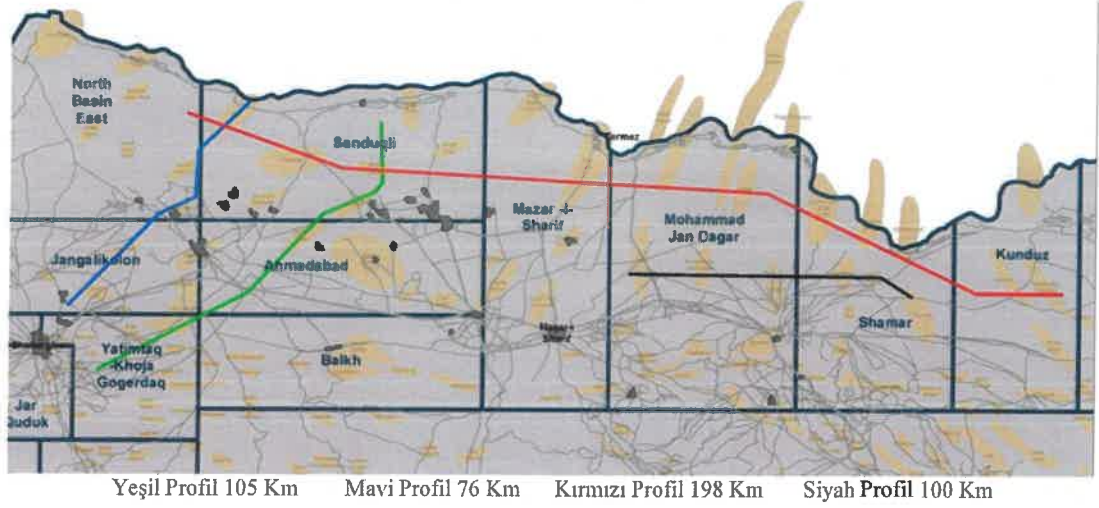
Şekil 14. Paleojen Petrol Sistemi. Bu petrol sistemi Eosen kaynak kayaları, Üst Kretase ve Paleojen rezervuar kayaçları, Paleojen çamurtaşı örtü kayaları ile karakterize edilir. Neojen zamanında petrol oluşumu, göçü ve birikimi meydana gelmiş. Kapanlar da Neojen zamanında gelişmiştir (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

Çizelge 1. Afgan-Tacik Havzasının rezervuar özellikleri (CNPC 2013).

Yas	Hidrokarbon türü	Gözeneklilik türü	Litoloji	Derinlik (km)	Görülme Kalınlık (m)	Net Kalınlık (m)	Porozite (%)	Permeabilite (mmd)
Jura	Gaz	kırık	Kireçtaşı/dolomit	1.4-3.3	130-250		8-16	100-500
Kretase	Gaz	gözeneklilik	Kumtaşı/silttaşı	0.8-2.4	30-120		10-20	18-300
Paleojen	Buhara	Petrol	karbonat	0.7-2.3	26-123	25-70	5-30	120-1600
	Alay	Petrol	Kireçtaşı/kumtaşı	0.5-1.5	20-125	6-15	10-18	11-550
	Susmar	Petrol	kumtaşı	0.4-1.3	20-100	13-50		

4.6. Jeofizik Araştırmalar

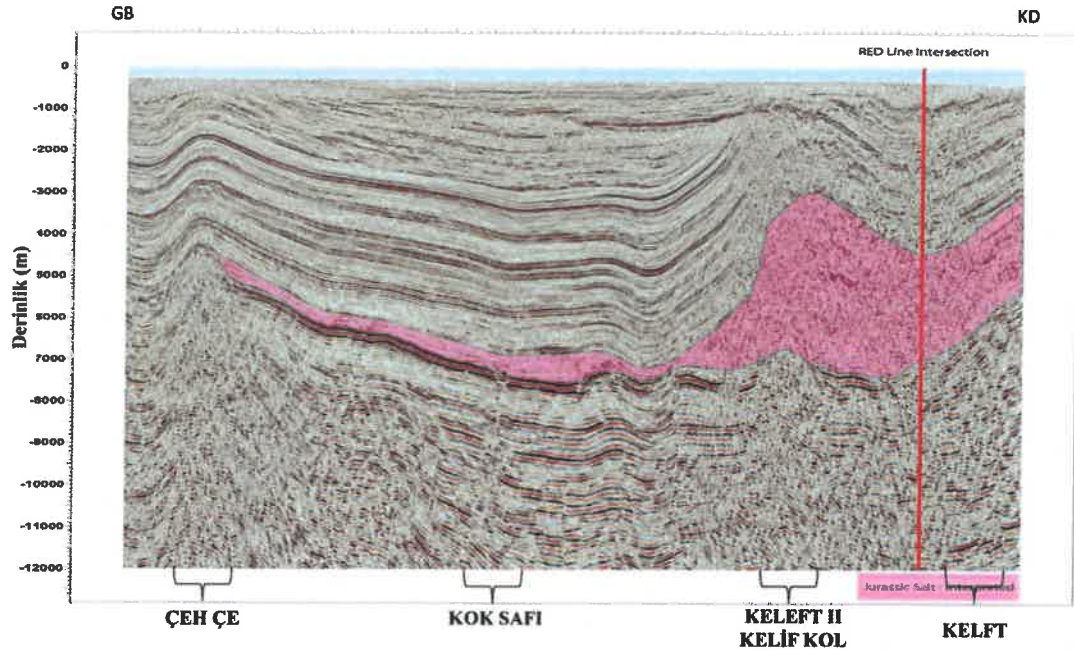
Afgan-Tacik Havzası'nın petrol açısından önemli özelliği olan bölümlerinde jeofizik çalışmalar yapılmıştır. 480 km uzunluğunda olan ve 2B yasması gösteren sismik verilerin yorumlanması aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Bu verilerde özellikle Suzak Formasyonunun nitelikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bölgesel sismik kayıtlar Şekil 15'teki renkli çizgilerle gösterilen hatlara göre yapılmıştır (Terraseis, Samit ve USGS 2013).



Şekil 15. Bölgesel sismik kayıtlar (USGS ve MOM-Afganistan 2006).

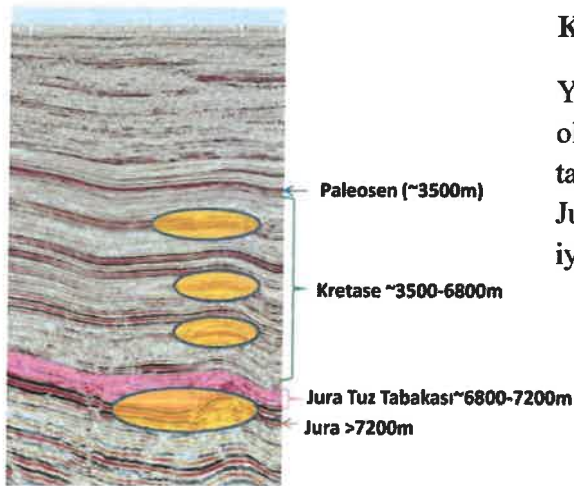
4.6.1. Mavi Sismik Çizgisi ve Jura Tuz Tabakasının Yorumu

Bu çizgi 75 Km uzunluğundadır. Çeğçi (Kok Safi), Qowrchangi (Keleft II) ve Kleft bloklarından geçmektedir (Terraseis, Samit ve USGS 2013).



Şekil 16. Mavi sismik çizgisi (Terraseis, Samit ve USGS 2013).

Şeki 16'de -3000 ve -8000 metre arasında kalın Jura tuz tabakası görülmektedir. Ayrıca antiklinal yapıları ve faylar da şekilde bulunmaktadır. -8000 metrenin altında bulunan tabakalarda refleksiyonun az olduğu görülür ve bu durum metamorfik tabakaların ve ana kayanın varlığı ihtimalini ortaya çıkarmaktadır.



KOK SAFI

Yaklaşık 3500–6800 m derinlikte mevcut olan Kretase yaşlı tabakaları ve bu tabakaların alt kısmında yer alan subsalt Jura tabakaları hidrokarbon birikimi için iyi bir ortam sağlamaktadır.

QOWRÇANGI

Kretase tabakalarında hidrokarbon birikim potansiyeli düşüktür. Fakat Jura yaşlı alt tuz tabakalarında daha yüksek miktarda mevcut olduğu açıklanmaktadır.

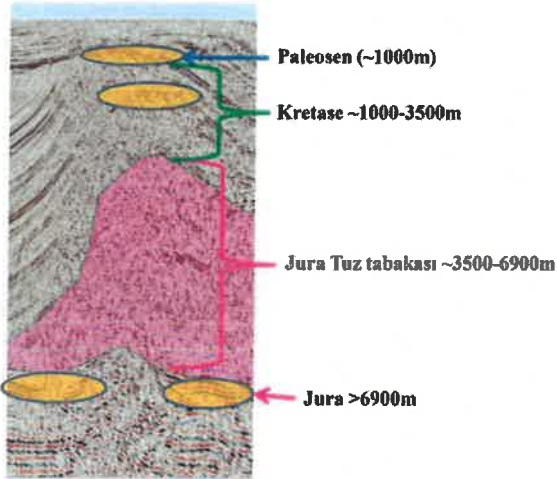
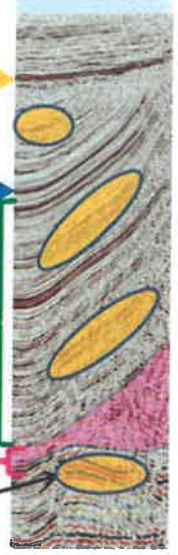
Göç eden hidrokarbonlar için iyi kapanma

Paleosen (~3300m)

Kretase ~3300-7000m

Jura Tuz tabakası ~7000-7200m

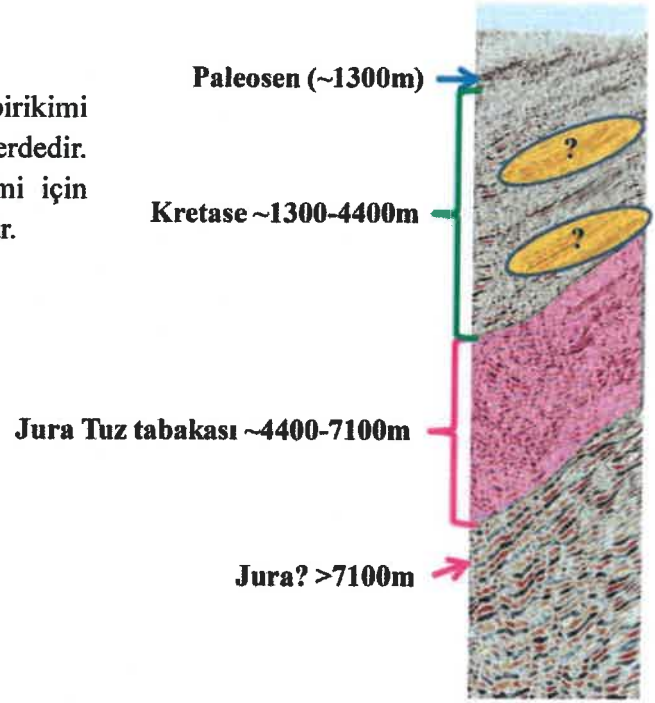
Jurassic ls >7200m

**KELEFT II (KELIF KOL)**

Paleosen ve Kretase tabakaları hidrokarbon birikimi için düşük potansiyele sahipken Jura yaşlı alt tuz tabakalarının hidrokarbon birikimi daha yüksektir.

KLEFT

Kretase içinde hidrokarbon birikimi olasılığı 7100 meterden daha derinlerde dir. Alt tuz tabakasında petrol birikimi için potansiyelin var olması mümkündür.

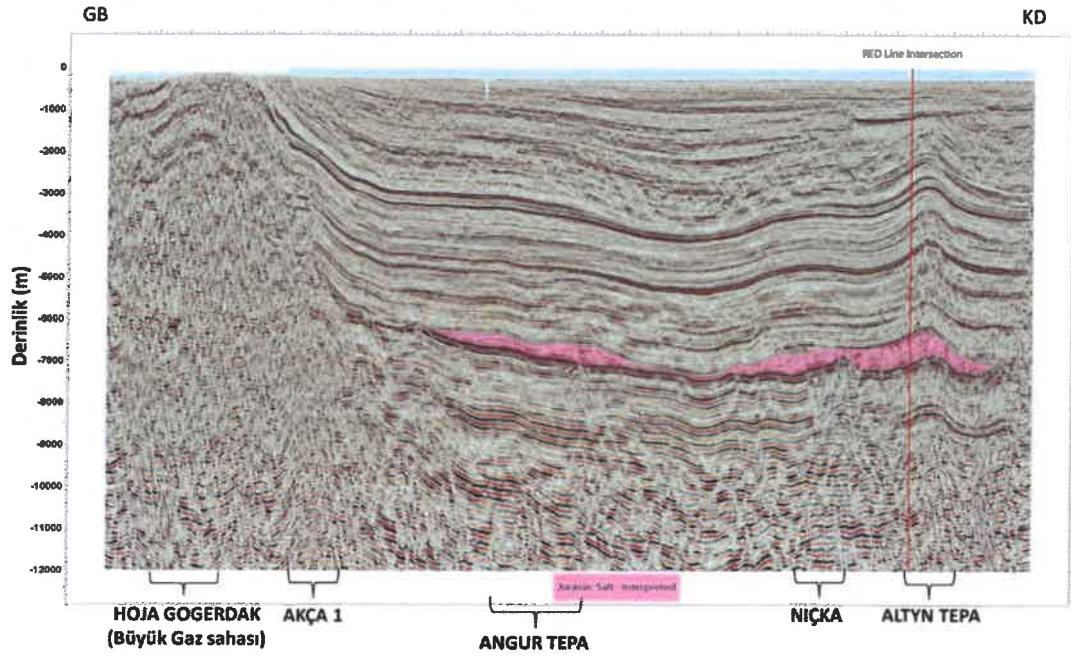


4.6.2. Yeşil Sismik Çizgisi

Bu çizgi 105 km boyunca alınmıştır. Üç blok ve yedi yapıdan geçmektedir (Terraseis, Samit ve USGS 2013).

Bloklar: Yatımtak-Hoca Gogerdak bloğı, Ahmadabad bloğı ve Sanduklı bloğı. Bu üç blok 7 yapıyı kapsar. Bu bloklar ve yapılar;

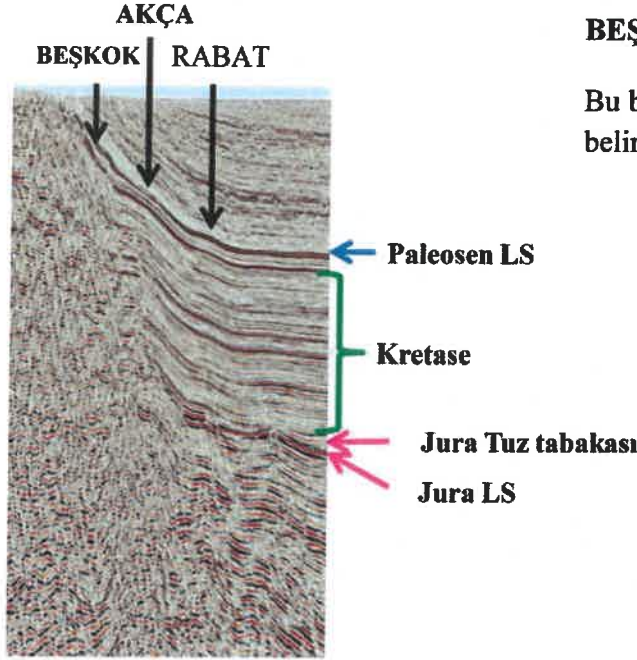
1. Yatımtak-Hoca Gogerdak Blok
 - a. Hoca Gogerdak
 - b. Beşkok
 - c. Ak Ça 1
 - d. Rabat
2. Ahmadabad Blok
 - a. Angur Tepsa
3. Sanduklı Blok
 - a. Niçka
 - b. Altın Tepsa



Şekil 17. Yeşil sismik çizgisi: Nihai Derinlik ve Jura Tuz Tabakasını, Yorumu (Terraseis, Samit ve USGS 2013).

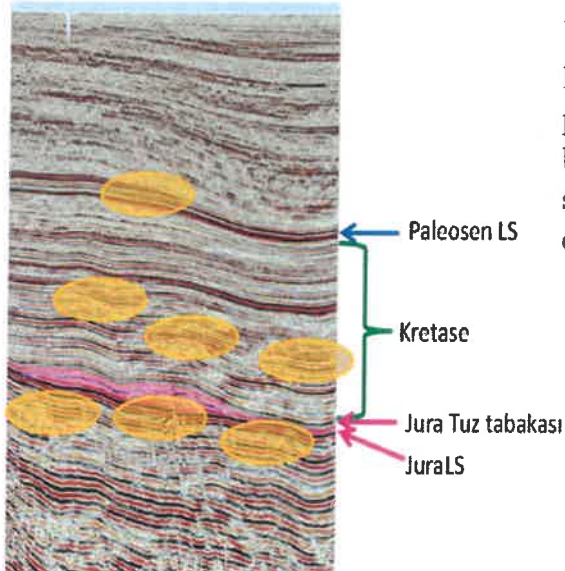
Şekil 17'de -6000 ve -7000 arasında ince bir Jura tuz tabakası görülmektedir. Şeklin sağ tarafında antiklinalların varlığı ve sol tarafta ise bu yapıların kayıp olduğu bunun dışında bazı faylar da görülür. Alt kısımlarda yukarıdan aşağıya doğru refleksiyon giderek azaldığı ana kayanın mevcut olma ihtimalini göstermektedir. Masif ve kaotik

yapı görünümleri nedeniyle muhtemelen metamorfik seviyeye geçildiği düşünülmektedir.



BEŞKOK, AKÇA I ve RABAT

Bu bloklarda hidrokarbonların durumunu belirlemek oldukça zordur.

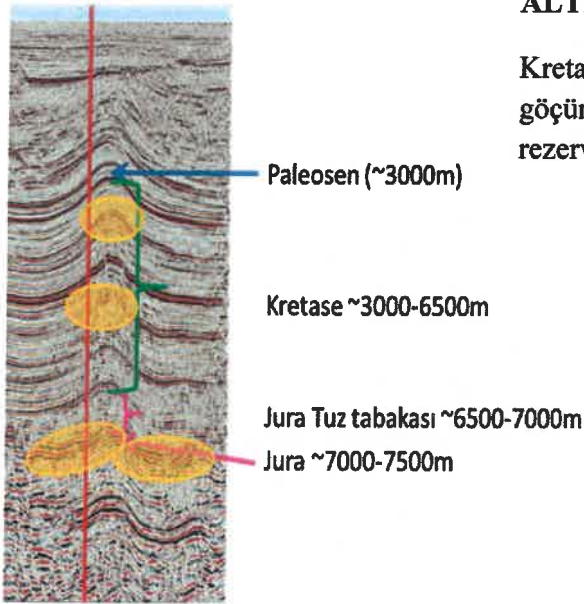
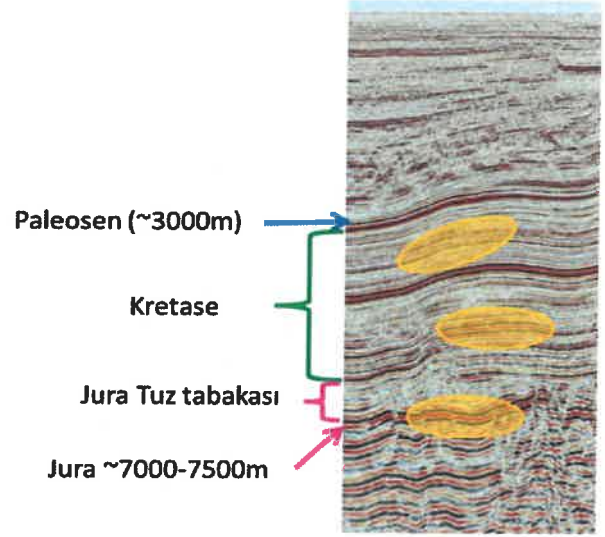


ANGUR TEPA

Kretase'ye ait yapısal yükseklikler ve pinchout bölgelerde petrol birikimi olasılığı bulunmaktadır. 6000-7000 metre derinlik, sub-salt Jura tabakasında gaz birikiminin olasılığı bulunmaktadır.

NIÇKA

Yaklaşık 3000-6500 metre derinliktedir. Kretase'de gaz biriki olsalığı vardır. Buna karşı 7000-7500 metre derinlikte Jura'nın alt tuz tabakalarında gaz birikimi için iyi bir potansiyel mevcuttur.

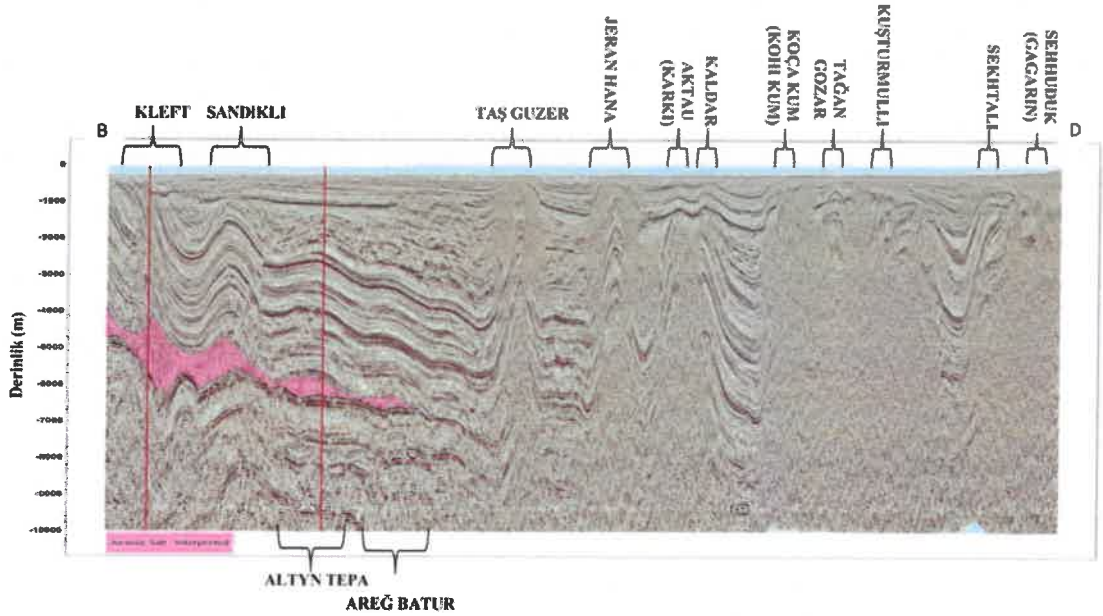
**ALTIN TEPA**

Kretase'de faylanma, hidrokarbonların göçünü iyi ve kırıklı olmayan Paleosen rezervuarları sağlamıştır.

4.6.3. Kırmızı Sismik Çizgisi

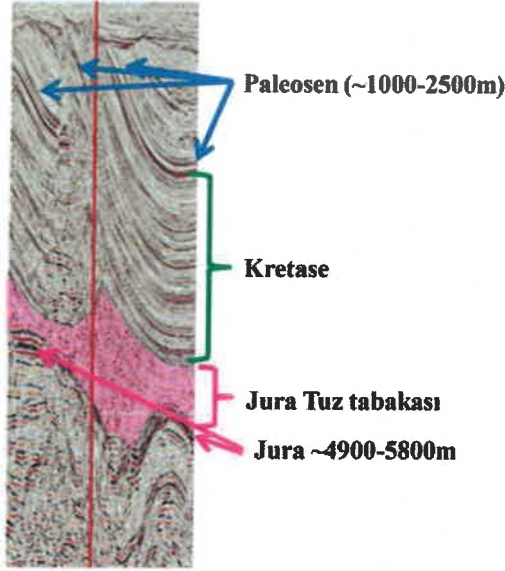
Bu çizgi beş bloktan geçer, bu beş blok 13 yapıyı kapsar (Terraseis, Samit ve USGS 2013). Bu bloklar.

1. Sanduklı Blok
 - a. Kleft
 - b. Sanduklı
 - c. Altın Tepa
 - d. Areğ Batur
2. Mazar-i-Şarif Blok
 - a. Taş Guzer
3. Mohammad Jan Dagar Blok
 - a. Ceran Hane
 - b. Aktau (Karkı)
 - c. Kaldar
4. Şamar Blok
 - a. Koça Kum (Kohi Kum)
 - b. Tağan Gozar
 - c. Kuşturmullı
5. Kunduz Blok
 - a. Sehtalı
 - b. Sehhuduk (Gargarin)



Şekil 18. Kırmızı sismik çizgisi: Nihai Derinlik Bölümü ve Jura Tuz Tabakasının Yorumu (Terraseis, Samit ve USGS 2013).

Yukarıdaki şekilde sol tarafta yaklaşık -3800 ve -6700 metre arasında Jura tuz tabakası, antiklinallar, faylar ve üst kısımda ise bazı diskordanslar görülmektedir. Şeklin sağ tarafında ise tuz domları mevcuttur. Tuz domlarının varlığı genel olarak petrol ve doğal gazın varlığına büyük bir işarettir. Öte yandan tuz domlarının olduğu kesimlerde tabakalaşma görülmemektedir.

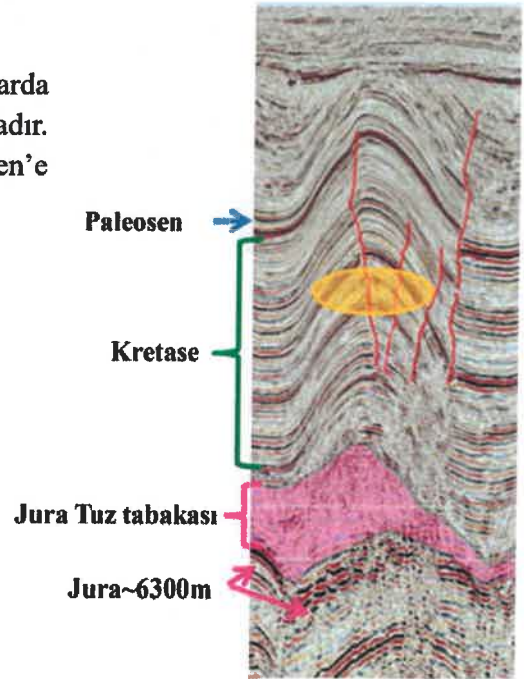


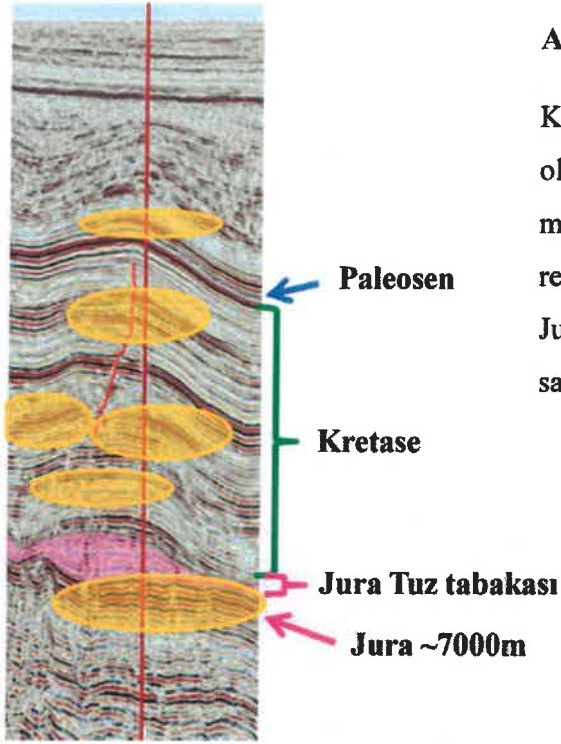
KLEFT

Kretase ve Pleosen'de hidrokarbon birikim olasılığı bulunmaktadır. Juran'ın alt tuz tabakalarında potansiyel söz konusudur.

SANDUKLI

Kretasa yaşlı fay kontrollü bloklarda hidrokarbonların birikim olasılığı bulunmaktadır. Bazı fay bloklarda ise hidrokarbonlar Pleosen'e gitmiş olabilir.



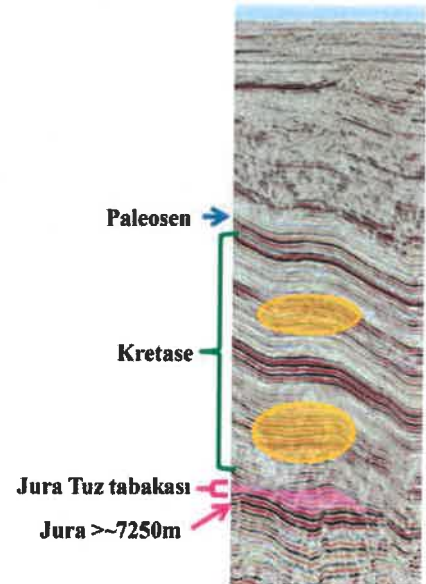


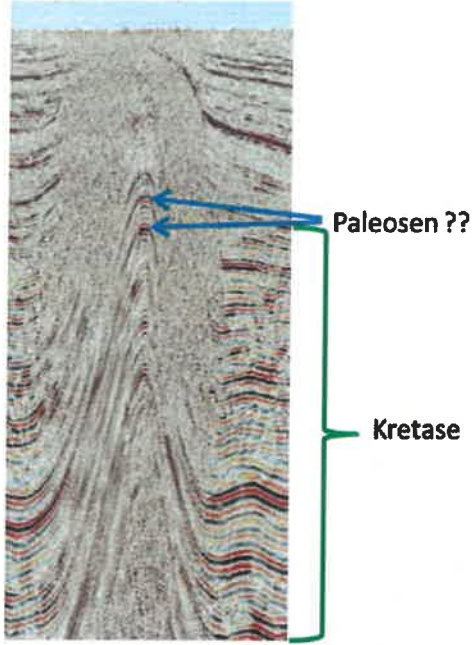
ALTIN TEPA

Kretase'de hidrokarbon birikiminin iyi olması söz konusudur. Ayrıca Kretase'de mevcut bazı faylar hidrokarbonların Paleosen rezervuarlara göçünü sağlamaktadır. Alt tuz Jura tabakasının iyi bir petrol birikimine sahip olduğu görülmektedir.

AREĞ BATUR

Kretase'de hidrokarbon birikiminin orta derecede olduğu görülür. Alt tuz Jura tabakasının iyi bir petrol birikimine sahip olduğu görülür.



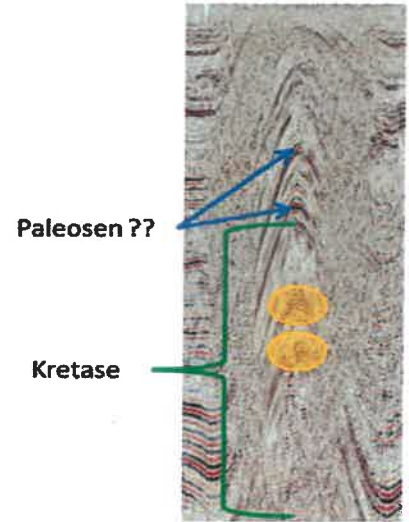


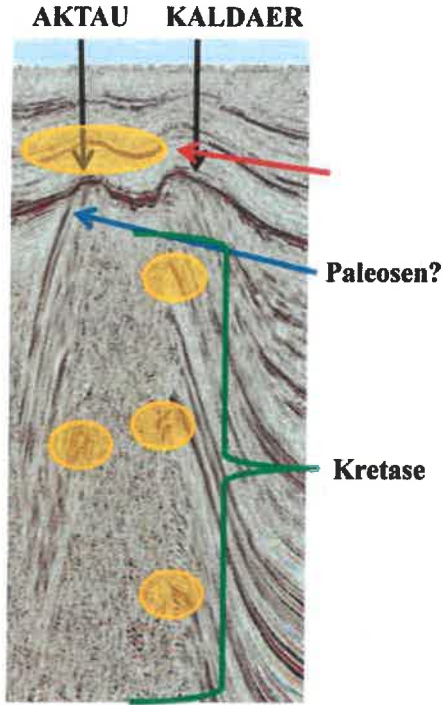
TAŞ GUZER

Yüzey ve yüzeye yakın koşulların değiştirilmesi bu yapının görüntülenmesini zorlaştırmıştır. Kretase'de hidrokarbon birikimi mümkündür, ancak görülen kırıklar hidrokarbonların kaçmasına izin verebilmektedir.

CERAN HANE

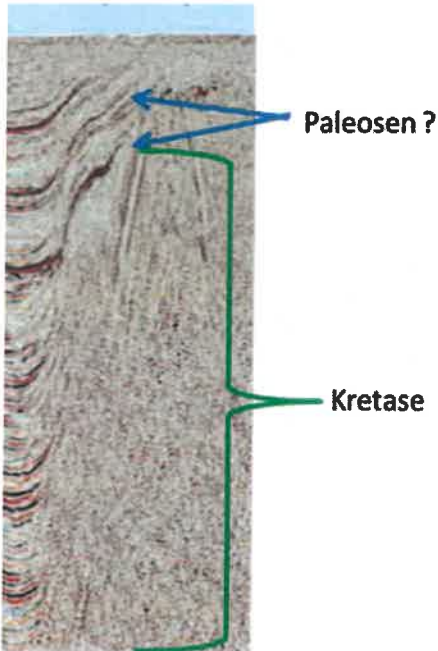
Bu yapı Taş Güzer yapısına benzemektedir. Yüzey ve yüzeye yakın koşulların değişmesi bu yapının görüntülenmesini zorlaştırmıştır. Kretase içerisinde hidrokarbon birikimleri mümkündür, ancak üst kısımdan yapının aşınması hidrokarbonların kaçmasına izin vermektedir. Görüntüleme, Jura tuzunun varlığına dair kesin kanıt sağlamıyor.





AKTAU (KARKI) ve KALDAR

Paleosen üzerinde yüksek genlikli bir anomali vardır ve bu durum ilerde yapılacak araştırmalar için bilgi verebilir. Bu yapılar Taş Guzer ve Jeran Hane'ye benzer ancak Paleosen üzerinde iyi kapanma olduğu görülmektedir.

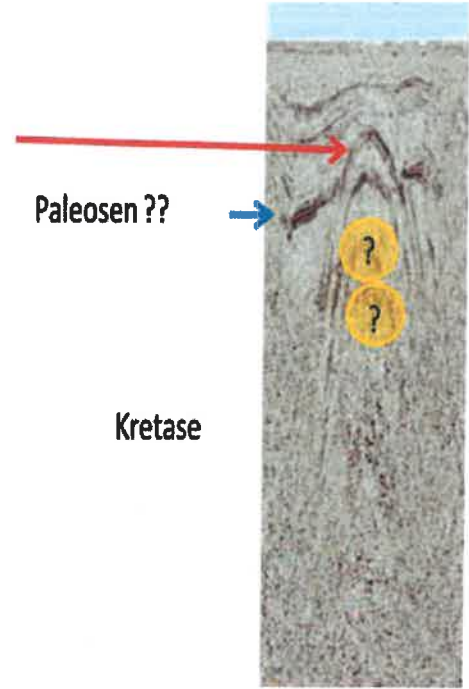


KOÇA KUM (KOHI KUM)

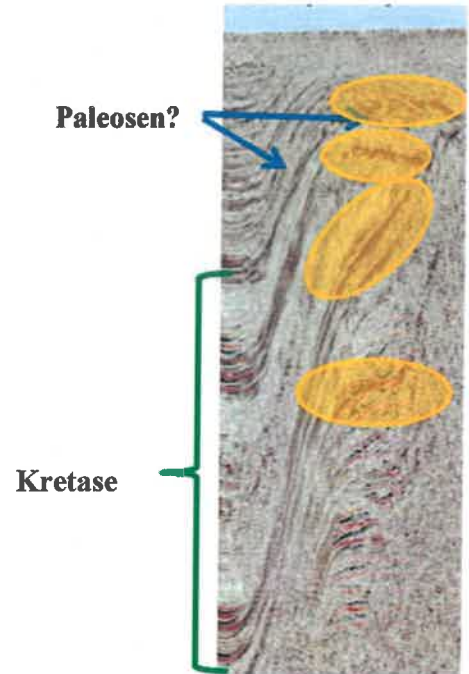
Yüzey ve yüzeye yakın koşulların değiştirilmesi bu yapının görüntülenmesini zorlaştırmıştır. Yapının üst kısmında kırık olması nedeniyle Kretase'de hidrokarbon birikimi düşüktür.

TAĞAN GOZAR

Bu yapının görüntüsü çok net değildir ve daha iyi göç ile geliştirilebilir. Veriler bu alanda yeterince göç etmemiş gibi görünmektedir. Kretase'de, gaz birikimlerini gösterebilecek yüksek genlikli anormallikler olduğuna dair bazı kanıtlar vardır, ancak güvenilirliği yüksek değildir. Jura tuz tabakası belirgin değildir.

**SEKHTALI**

Bu yapı, komşu Kushturmulli ve Sekhudduk (Gagarin) yapılarından daha fazla potansiyel hidrokarbona sahiptir. Paleosen'de yeterince kapanım gözükmemektedir ve aşağıda Kretase'den yukarı doğru bir miktar gaz kapanlarında yer alabilir. Kretase'de bazı yüksek genlik anomalileri vardır ve bu gazın olduğunu gösterir.



SEHHUDUK (GAGARIN)

Bu yapı, yorumlama konusunda en az güven sağlamaktadır. Kretase dönemi yüksek genlikli bir anomaliye sahiptir.



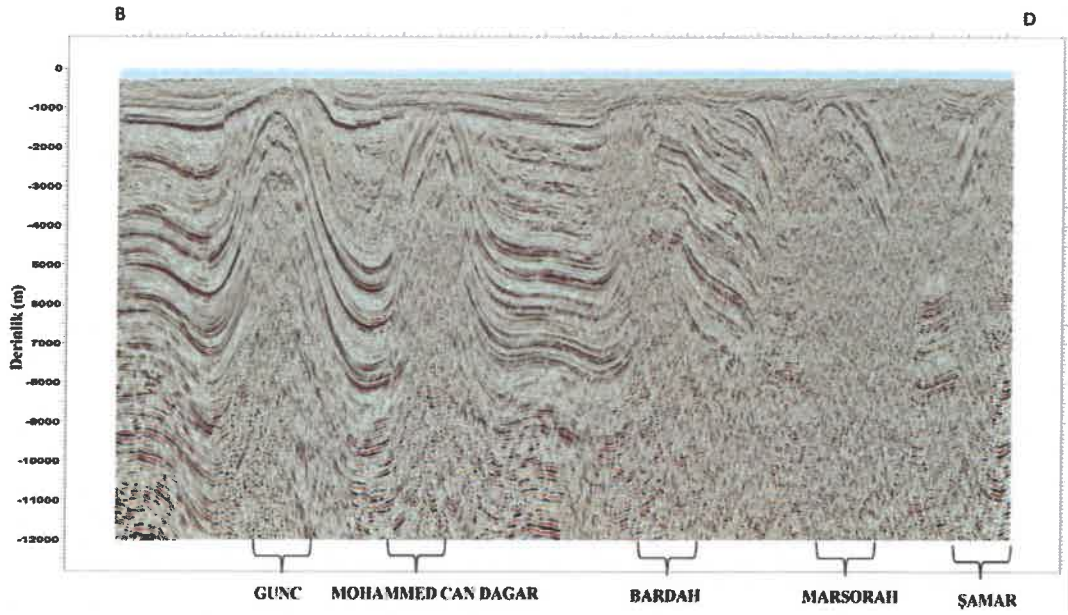
Kretase

4.6.4. Siyah Sismik Çizgisi

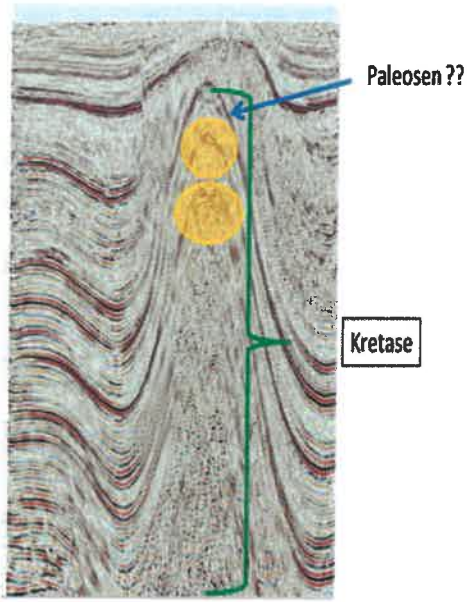
Bu çizgi iki blok ve beş yapıdan geçmektedir (Terraseis, Samit ve USGS 2013).

Bloklar;

1. Mohammad Can Dagar Blok
 - a. Ganc
 - b. Mohammad Can Dagar,
 - c. Bardah
2. Şamar Blok
 - a. Marsorah
 - b. Şamar



Şekil 19. Siyah sismik çizgisi: Son Derinlik Bölümü (Terraseis, Samit ve USGS 2013).

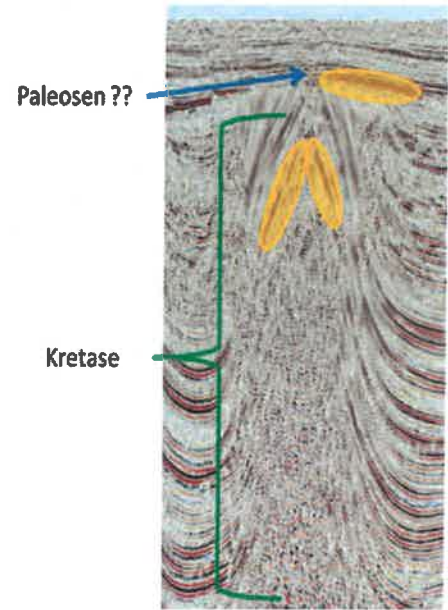


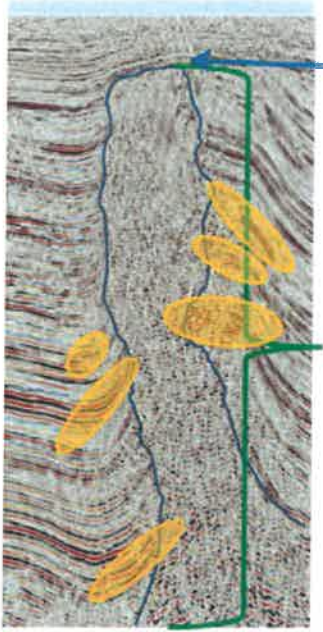
GUNC

Bu yapı yaklaşık 7000 m boyundadır ve Kırmızı profildeki Taş-Guzar yapısına benzemektedir. Ancak daha yüzeye yakın koşulları daha iyidir. Kretase içerisindeki hidrokarbon birikimleri ~ 2000 ve 2700 m'de mümkün görünmektedir.

MOHAMMED CAN DAGAR

Bu yapı, kırmızı profildeki Jeran Hane yapısına benzer. Batı kısmı çok iyi görüntülenememiştir. Kretase içerisindeki hidrokarbon birikimi yapının yan taraflarında antiklinalin tepesine yakın kısımlarında ~2000-3500 m arasında mümkün gibi gözükmektedir. Ayrıca Paleosen'de de birikimler söz konusudur.





Paleosen ??

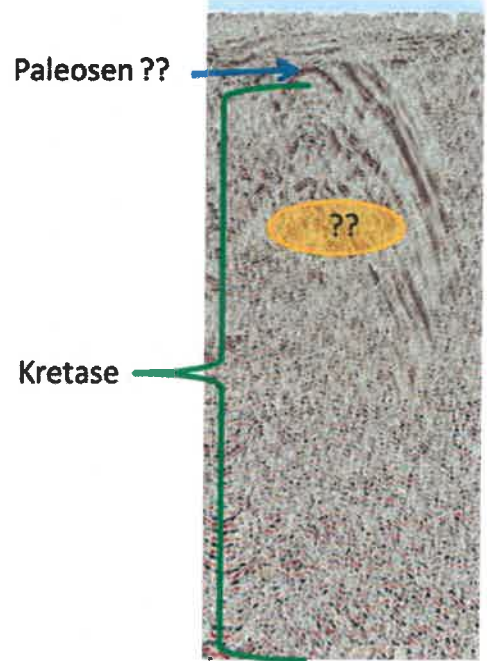
Kretase

BARDAH

Bu yapı oldukça deforme olmuş bir şekle sahiptir. Kretase içindeki tuz domları önemli hidrokarbon birikimleri sağlayabilecektir.

MARSORAH

Bu yapının görüntülenmesi çok net değildir. Kretase'de, gaz birikimlerini gösterebilecek yüksek genlikli anomali vardır.



Paleosen ??

Kretase



Paleosen??

Kretase

ŞAMAR

Bu yapının görüntülenmesi çok net değildir. Görüntülere göre hidrokarbonlar için düşük bir potansiyelin var olduğu ortaya çıkmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma Afgan-Tacik Havzası'na ait Suzak Formasyonu'nun petrol potansiyelini belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiş ve şimdiye kadar bölgede yapılan çalışmalar ele alınmış ve yorumlanmıştır.

Afgan-Tacik Havzası Afganistan, Tacikistan, Özbekistan ve Türkmenistan ülkelerinde yer almaktadır. Ama genel olarak havzanın büyük kısmı Tacikistan ve Afganistan'da bulunur. Küçük bir kısmı Özbekistan ve Türkmenistan ülkelerinde yer almaktadır. Yapısal olarak havza, kuzey-güney doğrultulu bir dizi çöküntü ve ayırma yükseltme bölgelerinden oluşur; 4 çöküntü ve 3 yükselme yapısı bulunmaktadır. Kuzeyden güneye uzanan her tektonik birim şerit şeklinde uzanmıştır ve kuzey alanı dar, güneyi alanı ise geniştir.

Afgan-Tacik Havzası esas olarak gaz bulunduran bir havza olarak tespit edilmiş, ve 3 yapısal evrim aşamasından geçmiştir. Bunlar; Permiyen-Triyas'ta gelişen yay gerisi basen evresi, Jura-Eosen'e ait fay-deprasyon evresi, Olioson'den şimdiye kadar dağ kuşaklarındaki havzanın oluşma evresidir. Fay-depresyon evresi petrol üretimi, göçü ve birikimi ile yakından ilişkilidir.

Afgan-Tacik havzası Jura ve Paleojen olmak üzere iki petrol sistemine sahiptir. Bunlardan Jura petrol sistemi gaz taşıyan ve Paleojen petrol sistemi ise petrol taşıyan niteliklerdedir.

Jura kayanak kayalarda petrolün oluşumu Albiyen ve Senomoniyen zamanında başlayıp derinlik ve basınç artması nedeniyle petrolden doğal gaza geçtiği tespit edilmiştir (Orudzheva ve Kornenko 1991).

Afgan-Tacik Havzası'nda Jura kaynak kayaçlar; Alt ve Orta Jura yaşlı kırıntılı ve kömürlü kayaçlar ile ve Üst Jura yaşlı anoksik siyah kilitlerdir. Alt ve Orta Jura'nın kalınlığı havzanın orta kısımlarında (600-700) metre olduğu ifade edilmektedir. Alt ve Orta Jura'da toplam organik karbon miktarı ortalama %2 ve tip III kerajene sahip oldukları açıklanmıştır (Safranov 1988).

Güneybatı Gissar'da Alt ve Orta Jura'ya ait kömürlü kayalar sondaj yardımıyla incelenmiştir. 800-1200 m derinliklerde toplam organik karbon miktarının %4'e kadar ulaştığı tespit edilmiştir (Akramkhodzhaev 1982). Tüm kayaçlarda ikincil oluşumlar şeklinde bitüm bulunur (Akramkhodzhaev 1982). Yapılan hesaplamalara göre bir kilometre kare kömürlü sedimanter kayaçta bir milyon metrik ton doğal gaz ve 10,000 metrik tondan fazla petrol üretebileceği açıklanmıştır (Akramkhodzhaev 1982). İndirgiyici koşullar altında çökelmiş Üst Jura sedimanlarının resifal çökelimi olanlarında petrolün ana kayası olabileceği ifade edilmektedir (VNIGNI 2005a).

Bu havzada ana kaya kesin olarak tespit edilmemiştir. Ama Eosen yaşlı organik maddece zengin Suzak çamurtaşı ana kayaç amacıyla farklı metodlarla yıllardır araştırılmaktadır. Jeokimyasal analizlerine dayanarak Suzak çamurtaşı Afgan-Tacik Havzası'nda petrolün ana kayası olduğu ihtimalini oldukça yükseltmektedir.

Organik jeokimyasal ve organik petrografik analizler (TOC, Rock-Eval Piroliz, Vitritin Yansıması), Suzak çamurtaşının ana kaya potansiyelini ortaya çıkarmak hedef ile çalışma alanından alınan yüzey ve karot örnekler üzerinde yapılmıştır.

Bu amaçla Afganistan'ın kuzeyi ve Tacikistan'ın güneyinde yer alan Suzak çamurtaşlarının yüzey örnekleri ve ayrıca Afganistan'ın kuzeyinde bulunan Kunduz sahasında açılan 3 nolu kuyu ve Tacikistan'da bulunan Khodzhasartis alanında açılan 18 nolu, Kyzylsu alanında açılan 5 nolu kuyu ve Tanapchi sahasında açılan 5 nolu kuyuların örnekleri, Gori rezervuar Kaldar 1 nolu kuyu örneği ve Kunduz 3 nolu kuyu örnekleri analizlerde kullanılmıştır

Alınan yüzey örneklerinin çoğu aşırı oksitlenmiştir. Dolayısıyla bu örneklerden yeterli sonuçlar alınmamıştır. Suzak çamurtaşlarından alınan birkaç tane yüzey örneği ile kuyu örneklerinden yeterli sonuçlar elde edilip bunlardan toplam organik karbon, vitrinit yansıma ve piroliz bilgileri sağlanmıştır.

Suzak çamurtaşı mostra örneklerinin toplam organik karbon içeriği genel olarak düşük olup ortalama %0,4'tür ancak iki örneğin toplam organik karbon içeriği %1'den fazla, ve her ikisi de yaklaşık %1.3 organik karbon içerdiği görülmüştür (Şekil 10). Kunduz sahasından alınan örneklerin toplam organik karbon içeriği %13.9 ve %19.7 olarak elde edilmiştir (Şekil 10). Toplam organik karbon analiz sonuçlarına dayanarak bu havzada Suzak çamurtaşlarının, petrol üretecek kadar organik madde içerdikleri görülmektedir. .

Piroliz analizin sonucuna göre örnekler genel olarak olgunlaşmamıştır. Ancak 5 adet örnek olgunlaşma, 2 adet örnek ise aşırı olgun zonda yer almaktadır.

Suzak Formasyonu örneklerinin piroliz analizlerine göre, yüzey örneklerin çoğunluğu gaz'a eğimli ve III. tip kerojen (karasal kökenli) içerdikleri görülmektedir (Şekil 10). Kunduz 3 nolu kuyu örnekleri ve birkaç yüzey örneği, petrol eğimli olan II. tip kerojen (denizel kökenli) içermektedir.

Örneklerin çoğunda vitrinit yansıma değerleri 0.9 ile 1.5 arasında olduğu görülmektedir. Bu durum organik maddenin termal olarak olgunlaştığını ve petrol üretim alanında olduğunu göstermektedir. İki örneğin vitrinit yansıma değerleri yaklaşık %2 olduğu görülmektedir ki bu durum gaz üretme kabiliyetine sahip olduklarını açıklamaktadır. Bir örneğin vitrinit yansıma değeri ise %5.6'dır (Şekil 10).

Alt Kretase kayaçlarında bu havzada ana kaya özelliğine sahip oldukları açıklanmıştır. Bu kayalar Apsiyen ve Albiyen yaşlı şeyl ve killi karbonatları içerir. Bu kayaçların TOC içeriği %0.3-3.46 arasındadır ancak yerel olarak %18 kadar yükselebilmektedir (Klett vd. 2006). Organik madde esas olarak kıtasal kökenlidir (III. Tip kerojen).

Afgan-Tacik Havzası'nda jeofizik araştırmaları Rus araştırmacılar, USGS, Terrasies, Samit ve Afganistan Maden ve Petrol Bakanlığı tarafından petrol yapılarını tespit etme amacıyla 480 Km uzunluğunda sismik araştırmaları yapılmıştır. Analizlerin sonucu bu havzada petrolün birikebilmesi için uygun kapanların mevcut olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak Afgan-Tacik Havzası genelde gaz taşıyan bir havzadır ama Afganistan'da yer alan kısmı petrol taşıyan bir havza olarak da tespit edilmiştir.

Afgan-Tacik Havzası'nda Jura, Kretase ve Paleojen tabakalarında organik jeokimya ve jeofizik araştırmalarına göre petrol ve doğal gazın bulunduğu

kanıtlanmıştır. Ayrıca jeofizik araştırmaları bu havzada petrolün birikebilmesi için uygun kapanların var olduğunu göstermektedir.

Bu havzanın Afganistan'da yer alan kısmında ve ayrıca komşu ülkelerde yapılan organik jeokimyasal araştırmalar göre Eosen yaşlı Suzak Formasyonu'nun önemli miktarda organik madde içerdiği ve ana kaya olabilme kabilyetine sahip olduğu açıklanmıştır.

Alınan örnekler genel olarak mostra örnekleridir ve bu örneklerin bazıları petrolün oluşabilmesi için yeterli miktarda organik madde içerdiği ve olgunlaştığı kanıtlanmıştır. Bazı seviyelerdeki örneklerin ise olgunlaşmadığı ve az miktarda organik madde içerdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu havzanın Afganistan'da yer alan bölümü petrol taşıyan bir havza olarak ve Eosen yaşlı Suzak Formasyonu petrolün ana kayası potansiyeline sahip olduğu açıklanmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- M. R. Islam , S. Hossien Mousavizadegan, Shabbir Mustafiz, Jamal H. Abou-Kassem. Advanced Petroleum Reservoir Simulation. Second edition. Publishers at Scrivener. 2010, 267p.
- Hantschel, Thomas, Kauerauf, Armin I. 2009. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling. Publisher, Springer Shop 2009.
- Yu. M. Vasiliev, V. S. Milnichuk, M. S. Arabadzhi.1982. General and Historical Geology. Publisher ,Victor Kamkin, 1982.
- Robert D. Grace. Oil-An Overview of the Petroleum Industry. Sixth Edition. Gulf Publishing Company. 2007, 161p.
- V.I. Slavin. General Geology with Afghanistan's Geological Foundations. Meir Moscow publishing house. 1984, 344p.
- G.S. Nazary. 2013. Geological and industrial specifications of oil fields in the north of Afghanistan. PhD Thesis, University of Jowzjan, 90p.
- Akram khodzhaev, A.A. 1982, Distribution of dispersed organic matter in Lower Middle Jurassic rocks of SW Gissar and evaluation of their generative potential. *Uzbekskiy Geologicheskij Zhurnal*, no.6, p.48-51.
- All-Union Petroleum Scientific Geological Institute (V.N.I.G.N.I.). 2005. Unpublished report.
- Assessment of Undiscovered Oil and Gas Resources of the Amu Darya Basin and Afghan-Tajik Basin Provinces, Afghanistan, Iran, Tajikistan, Turkmenistan, and Uzbekistan. 2011. *U.S. Geological Survey Fact Sheet 2011-3154*.
- Assessment of Undiscovered Petroleum Resources of Southern and Western Afghanistan. 2009. *U.S. Geological Survey FS 2009-3070*2006.
- Atkhamor, A.A. and Kasymov, Kh.K. 1967. Oil source beds in Paleogene rocks of southern Uzbekistan: *Uzbekskiy Geologicheskij. Zhurnal*, no. 5, p. 47-50
- Babkov, K.V., Babaeva, V.S., Aliev, S.N., Niyazov, B., and Mamontov, A.N., 1972, Petrographic and mineralogical characteristics of Paleogene clastic rocks of the Tajik basin, *in Lithologiya i stratigrafiya neftegazonosnykh tolshch Tadzhijskoy depressii*: Dushanbe, Donish, p. 26-43.
- Bondar, E.B., Kuusik, M.G., Svetozarsky, E.A. 1990. Geochemical characterization of lower Suzak oil shales of Uzbekistan. *Oil Shale* 7, 19e25.

- Bratash, V.I. 1969, Stratigraphy of Upper Cretaceous and Paleocene rocks of the southern part of the Upper Amu Darya depression: *Bulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody, Otd. Geologii, v. 44, no. 4, p. 54-69.*
- Bratash, V.I., Yegupov S.V., Pechnikov, V.V. and Shelomentsev, A.I. 1964, Map of the tectonic regions of northern Afghanistan and adjacent regions of the U.S.S.R.
- Bratash, V.I., Yegupov S.V., Pechnikov, V.V. and Shelomentsev, A.I. 1964. Схема тектонического районирования севера Афганистана и смежных районов С.С.С.Р. (Map of the Tectonic Regions of Northern Afghanistan and Adjacent Regions of the U.S.S.R.). Scale 1:2,500,000. (Map translation by D.W. Steinshouer)
- Buzurukov, D.D., Kreydenkov, G.P., Safranov, T.A., Davudzon, R.M., Oleynik, V.V., Gotgilf, A.V., Markov, A.B., and Mamadzhonov, Kh.M. 1978, Neftegazonosnost paleogenovykh otlozheniy Tadjhikskoy depressii (Petroleum productivity of Paleogene rocks of the Tajik basin): *Dushanbe, Donish, 189 p.*
- Clarke, J.W., and Kleshchev, K. 1992, Dauletabad-Donmez Field - Commonwealth of Independent States (former USSR), in Foster, N.H., and Beaumont, E.A., eds., *Stratigraphic traps III, American Association of Petroleum Geologists Treatise of Petroleum Geology, Atlas of Oil and Gas Fields, p. 285-300.*
- Dastyar, A.H., Bakhshi, N.A., and Qadari, M.K., 1990, Mesozoic and Cenozoic of the southern part of the Afghano-Tajik Basin: New York, United Nations, *Stratigraphic Correlation Between Sedimentary Basins of the ESCAP Region, v. 14, ESCAP Atlas of Stratigraphy 8 - Afghanistan, Australia, Mineral Resources Development Series No. 58, p. 24-32.*
- Drenth, B.J. and Finn, C.A. 2008, Preliminary interpretation of regional gravity and magnetic data over southwest Afghanistan, *Eos Transaction of the American Geophysical Union. AGU, v. 89, no. 53, Fall Meeting Supplement, Abstract NS22A-02.*
- Durand, B., Espitale, J., Nicasle, G. 1972. Etude de la matiere organique des Argiles du toarcien de Basin de Paris Etude par les procedes potigues analyse elementaire, Etude microscopre et diffraction electroniques. *Rev. Ist. Fr., 27: 865-884.*
- Dzhalilov, M.R., Alekseev, M.N., Andreev, Yu.N., and Salibaev, G.Kh. 1982, Mesozoic and Cenozoic deposits of the northern part of the Afghano-Tajik Basin: New York, United Nations, *Stratigraphic Correlation Between Sedimentary Basins of the ESCAP Region, v. 8, ESCAP Atlas of Stratigraphy 3 - Australia, Bangladesh, Fiji, India, Indonesia, Nepal, Solomon Islands, Tajikistan, Mineral Resources Development Series No. 48, p. 24-32.*

- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP) 1995, Geology and Mineral resources of Afghanistan: New York, United Nations, Atlas of Mineral Resources of the Region Volume 11, 85 p.
- Egamberdyev, M., and Mayvandi, M. 1992, Main geologic and geochemical factors affecting petroleum potential of southern Uzbekistan and northern Afghanistan: *Uzbekskiy Geologicheskii Zhurnal*, no 3/4, p. 55-65.
- Egamberdyev, M.E. 1987, Lithological characterization of the Jurassic clastic formation of southwestern and southern Uzbekistan as related to prediction of non-anticlinal traps for oil and gas: *Uzbekskiy Geologicheskii Zhurnal*, no. 6, p. 48-55.
- Ergashev, S.E. 1983, Metals in Paleogene black shales of the Baysun region: *Uzbekskiy Geologicheskii Zhurnal*, no. 5, p. 49-51.
- Espitalie, J.M., La porte, J.L., Madec, M., Maruis, F., Le plat, P., Pault, J., and Boutefeu, A. 1977. Methode rapide de caracterisation des roches meres de leur potential petrolier et de leur degred evolution. *Rev. L Inst., Francais petrole*, 32 (1): 23-42.
- Gotgilf, A.V, Atanasyeva, V.N., and Yusupov, I. 1969, Geothermal characteristic of Mesozoic-Cenozoic rocks of southwestern Tajikistan, *in* Problemy neftegazenosnosti Tadzhikistana, vyp. 1, Dushanbe, Irfon, p. 143-145.
- Gregory F. Ulmishak. 2004. Petroleum geology and resources of the Amu-Darya Basin, Turkmenistan, Uzbekistan, Afghanistan, and Iran. *U.S. Geological Survey Bulletin 2201-H*, 84 p.
- Grinenko, T.V. 1982, Gas composition of the Gadzhak field: *Neftegazovaya Geologiya i Geofizika*, no. 9, p. 15-16.
- Gustavson Associates, 2004, Promotion of oil and gas producing areas to the private sector: Second Interim Report for Ministry of Mines and Industry, Grant Agreement Number # H007-AF, November 2004, 23 p. (unpublished).
- Hackley, P.C., SanFilipo J. R. 2016. Organic petrology and geochemistry of Eocene Suzak bituminous marl, north-central Afghanistan: Depositional environment and source rock potential. *Marine and Petroleum Geology* 73 (2016) 572e589
- Hackley, P.C., SanFilipo, J.R., Azizi, G.P., Davis, P.A., Starratt, S.W., 2010. Organic petrology of subbituminous carbonaceous shale samples from Chalaw, Kabul
- Hydrocarbon Geology Characteristics and Oil & Gas Resource Potential in the Afghan-Tajik Basin. 2013. *China National Petroleum Corporation (CNPC)*.

- IHS Energy 2005, (includes data current through December 2004), International petroleum exploration and production database: IHS Energy; database available from IHS Energy, 15 Inverness Way East, Englewood, Colorado 80112 USA.
- Ivanov, S.D., Didura, V.I. and Lupanosov, V.P. 1978, Geologic maps and cross sections of northern Afghanistan: Afghanistan National Petroleum Company and Ministry of Geology of the U.S.S.R., Technoexport, unpublished.
- Jeff Wynn, Greta J. Orris, Pamela Dunlap, Mark D. Cocker, and James D. Bliss. 2010. Geology and Undiscovered Resource Assessment of the Potash-Bearing Central Asia Salt Basin, Turkmenistan, Uzbekistan, Tajikistan, and Afghanistan. *U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2016.*
- Jessica D. DeWitt, Peter G. Chirico, and Katherine C. Malpeli. 2015. Topographic and Hydrographic GIS Datasets for the Afghanistan Geological Survey and U.S. Geological Survey 2014 Mineral Areas of Interest. *U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2015*
- Jianguo Wu, Xixi Lu, He Xu and Nobukazu Nakagoshi. 2013. Hydrocarbon Geology Characteristics and Oil & Gas Resource Potential in the Afghan-Tajik Basin. *Advanced Materials Research (Volumes 734-737).*
- Jonathan, D., Letran, K., Oudin, S.L. and Vander Weide, B.M. 1976. Les methodes d'physical-chemique dela matiere organique. *Bull. Center Reach. Pau SNPA, 10 (1): 39-108.*
- Kariev, A.R. 1978, *Litologiya i usloviya formirovaniya melovykh otlozheniy vostochnoy chasti Tadzhikskoy depressii (Lithology and depositional conditions of Cretaceous rocks of the eastern Tajik Basin): Dushanbe, Donish, 249 p.*
- Khaimov, R.N. 1986, Unconventional sources of hydrocarbons in Central Asia, in Bakirov, A.A., Sudarikov Yu.A. and Marasanova, N.V., eds., *Problemy Neftgazogeologicheskogo prognozirovaniya (Problems in geologic prediction of oil and gas), Moscow, Nauka, p. 88-95.*
- Kingston, J. 1990, The undiscovered oil and gas of Afghanistan: U.S. Geological Survey Open-File Report 90-401, 33 p.
- Kingston, J., and Clarke, J.W. 1995, Petroleum geology and resources of Afghanistan: *International Geology Review, v. 37, p. 111-127.*
- Klochko, V.P. and Slobodyanyuk, I.A. 1984. Карта Фонда Структур Северного Афганистана. (Inventory Map of Structures of Northern Afghanistan.)

- Democratic Republic of Afghanistan. Scale 1:500,000. (Map translation by D.W. Steinshouer)
- Klochko, V.P. and Slobodyanyuk, I.A. 1984, Inventory map of structures of northern Afghanistan: Democratic Republic of Afghanistan, unpublished.
- Knodur, V.P., Korobka, V.S., Safranov, T.A. and Dzhumonkulov, M.Kh. 1992, Prerequisite for petroleum productivity of subthrust Cretaceous-Paleogene rocks of the Afghan-Tajik basin: *Otechestrennaya Geologiya*, no. 9, p. 3-10.
- Kreydenkov, G.P. and Ashurov, A.A. 1971, Paleocene rocks of the Tajik basin and southwestern plunge of the Gissar Ridge: *Bulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody, Otd. Geologii*, v. 46, no. 4, p. 85-93.
- Krylov, N.A. 1980, *Neftegazonosnost bolshikh glubin (Petroleum potential at great depths)*: Moscow, Nauka, 142 p.
- Les'kiv, I.V. 1991, Sheberghan-Saripul oil and gas region structural map on the top of prospective formations: Ministry of Geology of the U.S.S.R., unpublished.
- Les'kiv, I.V. 1991. III иберганско-Сарипулский Нефтегазоносный Район Структурная Схема по Кровле Перспективных Отложений. (Sheberghan-Sari Pul Oil and Gas Region Structural Map on the top of Prospective Formations). Ministry of Geology of the U.S.S.R. Scale 1:100,000. (Map translation by D.W. Steinshouer)
- Loziyev, V.P. 1976, Present structure and types of local deformations in the South Tajik Depression: *Geotectonics*, v. 10, no. 4, p. 291-297.
- Luchnikov, V.S. 1973, Stratigraphy of Jurassic rocks of the Darvaz Range: *Sovetskaya Geologiya*, no. 6, p. 38-49.
- Makhkamov, R., Mavlyanov, S.R., Niyazov, B.N., and Dzhumankulov, M.K. 1985, Non-anticlinal traps - A source for increasing oil and gas reserves in the Soviet part of the Afghano-Tadzhik depression: *Petroleum Geology*, v. 19, no. 11, p. 436-488.
- Map showing geology, oil and gas fields, and geological provinces of South Asia (USGS Open-File Report: 97-470-C)
- Melekhin, V.I. 1973, Schematic map of lithofacies and thickness of Kimmeridgian-Tithonian sediments of the Upper Jurassic of the southeast margin of the Turan Plate and adjacent areas of the Afghan-Tajik Basin: Afghanistan Ministry of Mines and Industry, unpublished.

- Melekhin, V.I. 1973. Схематическая Карта Литофаций и Мощностей Кимеридж-Титонских Отложений Верхней Юры Юго-Восточной Краины Туранской Плиты и Прилегающих Районов Афгаго-Таджикской Впадины. (Schematic Map of Lithofacies and Thickness of Kimmeridgian-Tithonian Sediments of the Upper Jurassic of the Southeast Margin of the Turan Plate and Adjacent Areas of the Afghan-Tajik Basin.) Scale 1:1,000,000 (Map translation by D.W. Steinshouer)
- Melikhov, V.N., Babayev, Kh.K., Abdylloev, E.Kh., Sibirev, V.I.S., and Bliskavka, A.G. 1997, Analysis of the present state and choosing of priority directions of exploration for oil and gas in the Badkhyz-Karabil region: Oil and Gas of Turkmenistan, no. 3(7), p. 2-10.
- Michael E. Brookfield, Ajruddin Hashmat Brookfield, A. 2001. The geology and petroleum potential of the North Afghan platform and adjacent areas (northern Afghanistan, with parts of southern Turkmenistan, Uzbekistan and Tajikistan). *Earth-Science Reviews* 55 Ž2001. 41–71
- Orudzheva, D.S. and Kornenko, G.Y. 1991, South Tadzhiq depression: Petroleum Geology, v. 25, no. 7/8 (July/August), p. 263-268.
- Paul C. Hackley, Neil Fishman, Tao Wu, Gregory Baugher. 2016. Organic petrology and geochemistry of Eocene Suzak bituminous marl, north-central Afghanistan: Depositional environment and source rock potential. *International Journal of Coal Geology, Volume 168, P.*
- Petroleum Resource Potential GIS of Northern Afghanistan (USGS OFR 2006-1179)
- Pokryshkin, V.I. 1981, Zakonomernosti razmeshcheniya promyshlennykh mestorozhdeniy fosforitov dokembriya i fanerozoya mira (Distribution regularities of Precambrian and Phanerozoic commercial phosphorite deposits in the world): All-Union Research Institute for Geology of Foreign Countries, Trudy, vol. 38, 217 p.
- Preliminary interpretation of 2D seismic data in Afgan-Tajik basen northern Afghanistan. 2006. *Terraseis, Samit, U.S. Geological Survey.*
- Province, Afghanistan: speculations on paleoenvironment and energy resource potential. *Int. J. Coal Geol.* 81, 269 e 280.
- Safranov, T.A. 1988, Geochemical prerequisites of petroleum productivity of the Jurassic clastic formation of the Afghan-Tajik basin: *Geologiya Nefti i Gaza*, no. 4, p. 16-20.

- Safranov, T.A., Gotgilf, A.V. and Deymontovich, E.B., 1983, Prognosis of petroleum potential of sedimentary rocks of the Afghan-Tajik basin on geochemical criteria: *Geologiya Nefti i Gaza*, no. 8, p. 28-34.
- Schmitz, H.-H, and Weippert, D. 1966, Ein Vorkommen eozäner bituminöser Gesteine bei Madar in Nord-Afghanistan: *Geologisches Jahrbuch, Reihe B, Heft 84*, p 137-146.
- T.R. Klett, G.F. Ulmishek, C.J. Wandrey, Warren F. Agena, and the U.S. Geological Survey-Afghanistan Ministry of Mines and Industry Joint Oil and Gas Resource Assessment Team. 2006. Assessment of Undiscovered Technically Recoverable Conventional Petroleum Resources of Northern Afghanistan. *U.S. Geological Survey*
- Technically Recoverable Conventional Petroleum Resources of Northern Afghanistan. U.S. Geological Survey Open-File Report 2006-1253, Version 1.0, p. 237. <http://pubs.usgs.gov/of/2006/1253/> (accessed 04.12.14.).
- Tissot, B. and Welte, D.H. 1978. Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag, pp 538, Berlin.
- Tissot, B.P., Pelet, R., Ungerer, P.H., 1987. Thermal history of sedimentary basins, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 71, 1445e1466.
- Tulyaganov, Kh.T., vd. 1972. Geology of the USSR, Part L, v.XXIII, Geologic Description Uzbek SSR (Geologiya SSSR, Chast L, Uzbeksckaya SSR, Geologicheskoye opisaniye): Moscow, Nedra, 719 p.
- U.S. Geological Survey (USGS) 2015. Energy Geochemistry Database. <http://energy.usgs.gov/GeochemistryGeophysics/GeochemistryLaboratories/GeochemistryLaboratories-GeochemistryDatabase.aspx> (accessed 20.07.15.).
- U.S. Geological Survey and Afghanistan Ministry of Mines and Industry Cooperative Assessment of Afghanistan's Undiscovered Oil and Gas (USGS OFR 2006-1095).
- U.S. Geological Survey–Afghanistan Ministry of Mines and Industry Joint Oil and Gas Resource Assessment Team. 2006. Assessment of Undiscovered Petroleum Resources of Northern Afghanistan, 2006. *U.S. Geological Survey Fact Sheet 2006-3031*.

- Ulmishek, G.F. 2004, Petroleum geology and resources of the Amu-Darya Basin, Turkmenistan, Uzbekistan, Afghanistan, and Iran: U.S. Geological Survey Bulletin 2201-H, 84 p.
- Vnıgnı (All-Union Petroleum Scientific Geological Institute), 2005a, Geological and geochemical conditions of oil and gas distribution in epi-platform orogenic zone of the Turan platform: Unpublished report
- Vnıgnı (All-Union Petroleum Scientific Geological Institute) 2005b, Geological and geochemical conditions of oil and gas distribution in the southwestern part of the epi-platform orogenic zone of the Turan plate: Unpublished report, 82 p.
- Volos, G.S., Melamed, Ya.R., Yurtayev, Yu.S., and Yakovets, Yu.A., 1982, Petroleum potential of deeply buried rocks of the Surkhan-Vakhsh petroleum region: *Neftegazovaya Geologiya i Geofizika*, no. 7, p. 23-25.
- VZG 2004, Geological structure and oil and gas potential of the southern part of the Amudarya Basin: Moscow, Unpublished Technical Report, 39 p.
- Yakovets, Y.A. 1976, Place and time of formation of oil and gas in the orogenic region of southeastern Central Asia: *International Geology, Review*, v. 19, no. 5, p. 552- 558.
- YU Yixin^{1,2}, YIN Jinyin³, ZHENG Junzhang⁴, LI Feng⁵, TAO Chongzhi³, XU Xiaolong^{1,2}, WU Hang^{1,2}. 2015. Division and resources evaluation of hydrocarbon plays in the Amu Darya basin, central Asia. *PETROL. EXPLOR. DEVELOP.*, 2015, 42(6): 819–826.

ÖZGEÇMİŞ

NARGIS SADIQ
nargis_sadeq@yahoo.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2018	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Antalya
Lisans	Jowzjan Üniversitesi
2009-2013	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Jowzjan