



Zonguldak Bartın civarında açılan bir kuyuda geçilen Kusuri Formasyonu kumtaşlarının rezervuar özellikleri

Reservoir characteristics of Kusuri Formation sandstones passing through a well in Zonguldak Bartın

AYLİN GEÇER ¹, AYNUR GEÇER BÜYÜKUTKU ²

¹ Ankara Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, Ankara, Türkiye

² Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Ankara, Türkiye

Geliş (*received*): 16 Nisan (April) 2022 Kabul (*accepted*): 04 Temmuz (July) 2022

ÖZ

Batı Karadeniz Bölgesi Zonguldak Bartın civarında açılan bir kuyuda geçilen Orta Eosen yaşlı Kusuri Formasyonu kumtaşlarının rezervuar özellikleri ve diyajenetik oluşumları karot ve kuyu logları ile çalışılmıştır. Bir sondaj kuyusundan alınan 30 kumtaşı karot örneğinin sedimentolojik ve sediment petrografik özellikleri belirlenmiştir. Kusuri Formasyonu kumtaşları %60 kuvars, %35 feldspat, %2 kayaç parçası, %8 kil ve karbonat bağlayıcı içeren arkosik arenitik kumtaşı sınıfındadır. Kumtaşları genel olarak ortaklas, plajiolklas, kuvars, epidot, klorit, sedimenter kayaç parçası (kuvarsit) ve opak minerallerden (pirit) oluşmuştur. Kusuri Formasyonu kumtaşlarında diyajenez sonucu oluşan illit, kaolinit, klorit, karışık tabakalı illit-simektit ve simektit türü otijenik kil mineralleri saptanmış olup, kumtaşı rezervuar kalitesini olumsuz olarak etkilemişlerdir. Bu çalışma Batı Karadeniz Bölgesi'nin Zonguldak Alt Havzası'nda Kusuri Formasyonu kumtaşlarının rezervuar özelliklerine yönelik yapılan ilk araştırma olmasından dolayı önem arz eder. Kusuri Formasyonu deltayık kumtaşlarının diyajenetik özellikleri, kil tipi ve yüzdeleri, gözeneklilik ve geçirimsizlik özellikleri incelenerek orta-iyi kalite bir rezervuar kaya oldukları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Diyajenez, Hidrokarbon, Kuyu Logu, Otijenik Kil Mineralleri, Porozite ve Permeabilite, Rezervuar

ABSTRACT

Reservoir properties of Middle Eocene aged Kusuri Formation sandstones and diagenetic formations in a well around Zonguldak-Bartın which located in the West Black Sea Region were determined by core and well logs. Thirty sandstone core samples taken from a well were investigated and sedimentological and sedimentary petrographic properties were determined. Kusuri Formation sandstones are arkosic arenitic sandstones containing 60% quartz, 35% feldspar, 2% rock fragments, 8% binders (clay and carbonate). Sandstones are generally composed of orthoclase, plagioclase, quartz, epidote, chlorite, sedimentary rock fragments (quartzite) and opaque minerals (pyrite). Illite, kaolinite, chlorite, mixed layered illite-smectite, and smectite authigenic clay minerals were determined in the sandstones of Kusuri Formation, and they negatively affected the reservoir character. This study is important because it is the first study conducted on the reservoir properties of the Kusuri Formation sandstones in the Zonguldak Sub-Basin in the Western Black Sea Region. The

diagenetic properties, clay type and percent, porosity and permeability properties of Kusuri Formation deltaic sandstones were examined in detail and it was revealed that they were a medium-good quality reservoir rock.

Keywords: *Diagenesis, Hydrocarbon, Well Log, Authigenic Clay Minerals, Porosity and Permeability, Reservoir*

<https://doi.org/10.17824/yerbilimleri.1104425>

*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author: butku@eng.ankara.edu.tr

GİRİŞ

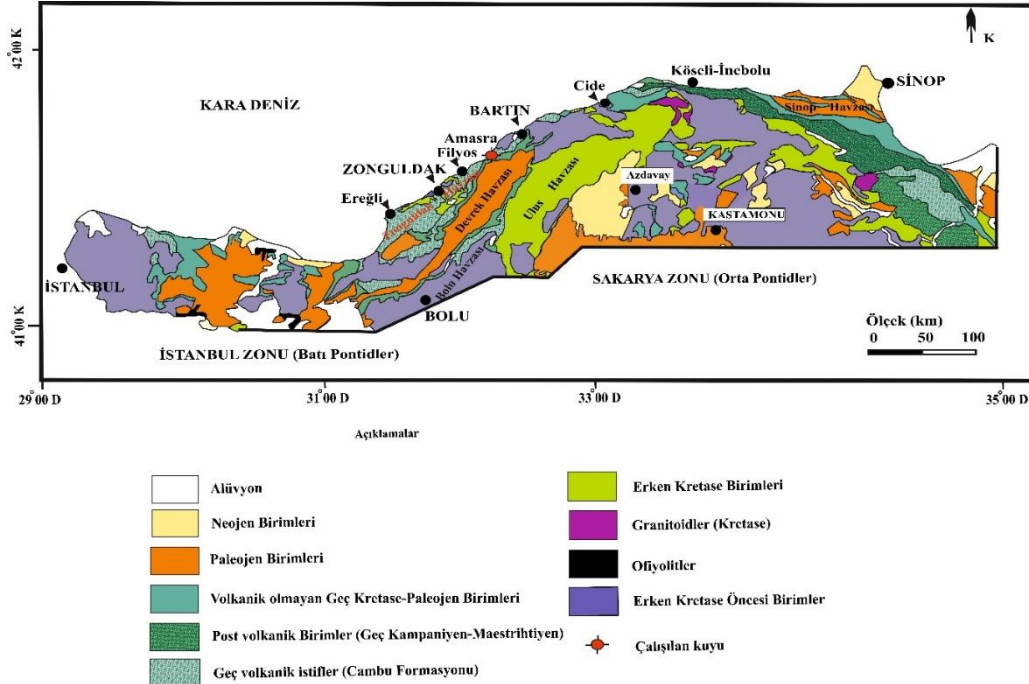
Petrol bir enerji kaynağı olup, endüstriyel büyümenin en önemli bileşenlerinden biridir. Ancak, keşfi ve kullanımı maliyetli ve riskli bir iştir. Yapısal, stratigrafik ve bileşik (yapısal + stratigrafik) olmak üzere üç tür petrol kapanı vardır. Yapısal kapanları keşfetmek ve delmek kolaydır, oysa stratigrafik ve bileşik kapanların belirlenmesi zordur. Bu tip kapanlarda hidrokarbon birikiminde lito-fasiyes önemli bir rol oynar (Morris, 1988; Serra ve Serra, 2003; Büyükutku vd., 2005, Büyükutku, 2020). Kuyulardan alınan radyoaktif-Gamma Ray (GR), sonik (DT) ve eğim logları (DIP) litofasiyeslerin yanıl ve düşey değışimlerini ve hidrokarbon birikimlerini belirlemede kullanılırlar. Bir petrol havzasında kuyu loglarıyla formasyonların litolojik ve sedimantolojik özellikleri belirlenerek kuru kuyuların açılmasının önüne geçilebilir (Patil, 2014; Geçer vd., 2019; Büyükutku ve Geçer, 2020). Büyükutku, 2020; Selley, 1975; Prior vd., 1981; Soegaard, 1991; Donselaar ve Schmidt, 2005; Kleinhans, 2005; Longhitano, 2008; Patil vd., 2017; Sun vd., 2017 makalelerinde sadece kuyu loglarından yararlanarak deltaların sedimantolojik özelliklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada da Kusuri formasyonu kumtaşlarının deltayik özellikleri kuyu loglarından yararlanılarak belirlenmiştir.

Çalışılan kuyu Bartın civarında 2007 yılında

açılmaya başlanmış bir kuyudur (Şekil 1). Bu çalışmada Zonguldak Bartın civarındaki Kusuri Formasyonu kumtaşlarının rezervuar özellikleri ve diyagenetik oluşumları karot ve kuyu logları gibi yeraltı verileri ile belirlenmiştir. Batı Karadeniz Havzası Türkiye'nin gaz üretilen bir kaç önemli havzasından biridir. Batı Karadeniz Havzası'nda ilk defa 2007 yılında doğal gaz keşfi yapılmıştır.

Havzada deltanın kanal kumtaşları hidrokarbon araştırmaları için ekonomik önem taşımaktadır (Korkmaz, 1984, Büyükutku, 2020). Dünyada Nijerya'da Nijer deltası, Meksika Körfezi'ndeki Mississippi deltası ve Venezuela'da Orinoco gibi deltalar iyi bilinen petrol üreten verimli sahalıl olup, önemli stratigrafik petrol kapanlarını oluştururlar. Petrol ve doğal gaz açısından büyük ekonomik değere sahip olmalarına rağmen, literatürde deltalar üzerinde yapılan çalışmaların yeterli olmadığı görülmektedir. Oysaki dünyanın pekçok yerinde deltalardan hidrokarbon üretimi yapılmaktadır (Curry ve Curry, 1954; Hopkins, 1958; Busch, 1959, Fisher ve McGowen, 1969; May ve Stonecipher, 1990; Goddard ve Echols, 1993; Vandré vd., 2007; Acra vd., 2017).

Çalışmanın amacı Kusuri Formasyonu kumtaşlarının (1) dokusal ve mineralojik bileşimini belirlemek (2) kumtaşlarının petrofiziksel parametrelerini değerlendirmek (3) kil minerallerini ve onların rezervuar



Şekil 1. Çalışma alanının (Batı Karadeniz Bölgesi-Zonguldak Alt Havzası) jeoloji haritası (Tüysüz, 2011'den değiştirilmiştir)

Figure 1. Geological map of the study area (Western Black Sea Region-Zonguldak Sub-Basin) (modified from Tüysüz, 2011)

üzerindeki etkilerini saptamak (4) rezervuar kalitesini belirlemektir.

MATERYAL VE METOD

Çalışma alanında açılan sondaj kuyusundan alınan karot numuneleri sedimantolojik ve petrografik olarak incelenmiştir. İnceleme kompozit kuyu logları Gamma Ray ve Sonik loglar kontrolünde yapılmıştır.

Batı Karadeniz Zonguldak Alt Havzası'nda Bartın civarında yer alan bir adet sondaj kuyusunda geçilen Orta Eosen yaşlı Kusuri Formasyonu kumtaşlarının hazne kaya özellikleri 30 adet sondaj karot numunesi ve kuyu logları kullanılarak belirlenmiştir. Kumtaşlarının hazne kaya özelliklerine yönelik analizler kumtaşı karotlarının petrografi tanımı, X-ışını kırınımı (XRD, Philips PW-1730), taramalı elektron mikroskop (SEM, Jeol JSM-

840A) ve enerji dağılım spektrometre (EDS, Tracor TN-5502) analizleridir. Petrografik ince kesitler üzerinde mineral türü, kil içeriği, diyajenetik özellikler, tane-gözenek-bağlayıcı ilişkisi, tane boyu, boylanma ve yuvarlaklık parametreleri optik mikroskopta belirlenmiştir.

Petrografik analizler 40 adet ince kesit üzerinde yapılmıştır. Kumtaşları Folk vd. (1970)'e göre sınıflandırılmışlardır.

İncelenen birimlerin mineralojik bileşim, kil tip ve yüzdesini belirlemek amacıyla X ışını difraksiyonu yöntemine dayalı yarı nicel kantitatif kil analizleri yapılmıştır.

Çalışılan örneklerin mineralojik bileşimleri ve detaylı kil analizleri Türkiye Petrollerinde (XRD) 10 adet numune üzerinde tüm kaya ve kil fraksiyonu çekimleri (normal, etilen glikollü ve

550°C ısıtılarak fırınlanmış olarak) yapılarak belirlenmiştir.

Elde edilen XRD'ler, difraktometreye bağlı olan bilgisayarda bulunan 'MDI Jade 7' yazılımında ve ICDD (International Centre for Diffraction Data)'nın ICSD (Inorganic Crystal Structure Database)

veri tabanına göre değerlendirilmiştir. XRD analizlerinden elde edilen otijenik kil minerali ve yüzdeleri kumtaşı hazne kaya kalitesini belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Taramalı elektron mikroskop cihazı, enerji dağılım analiz cihazı ile birlikte kullanılarak numunelerin mikrodokusal özellikleri belirlenmiştir. SEM-EDS analizi ODTÜ Merkez Laboratuvarı'nda 10 adet karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Minerallerin morfolojik özelliklerini inceleyebilmek amacıyla SEM, kil minerallerinin nokta kimyasal bileşimini belirlemeye yönelik olarak da kantitatif element analizi EDS yapılmıştır.

Ayrıca kumtaşlarında mineral yüzdesini Model analiz metodu ile belirlemeye yönelik olarak 20 adet ince kesitte 300 nokta sayılmıştır. Kumtaşlarında tane boyu ölçüm analizleri için optik mikroskopta okuler mikrometre kullanılmıştır.

Kusuri Formasyonu kumtaşlarının hazne kaya kalitesini belirlemeye yönelik olarak yapılan porozite ve permeabilite analizleri kumtaşlarının dağılgan özelliklerinden dolayı porozimetre ve permametre cihazları ile silindirik karot numuneleri kullanılarak gerçekleştirilememiştir. Sadece Sonik loglar ile gerçekleştirilmiştir.

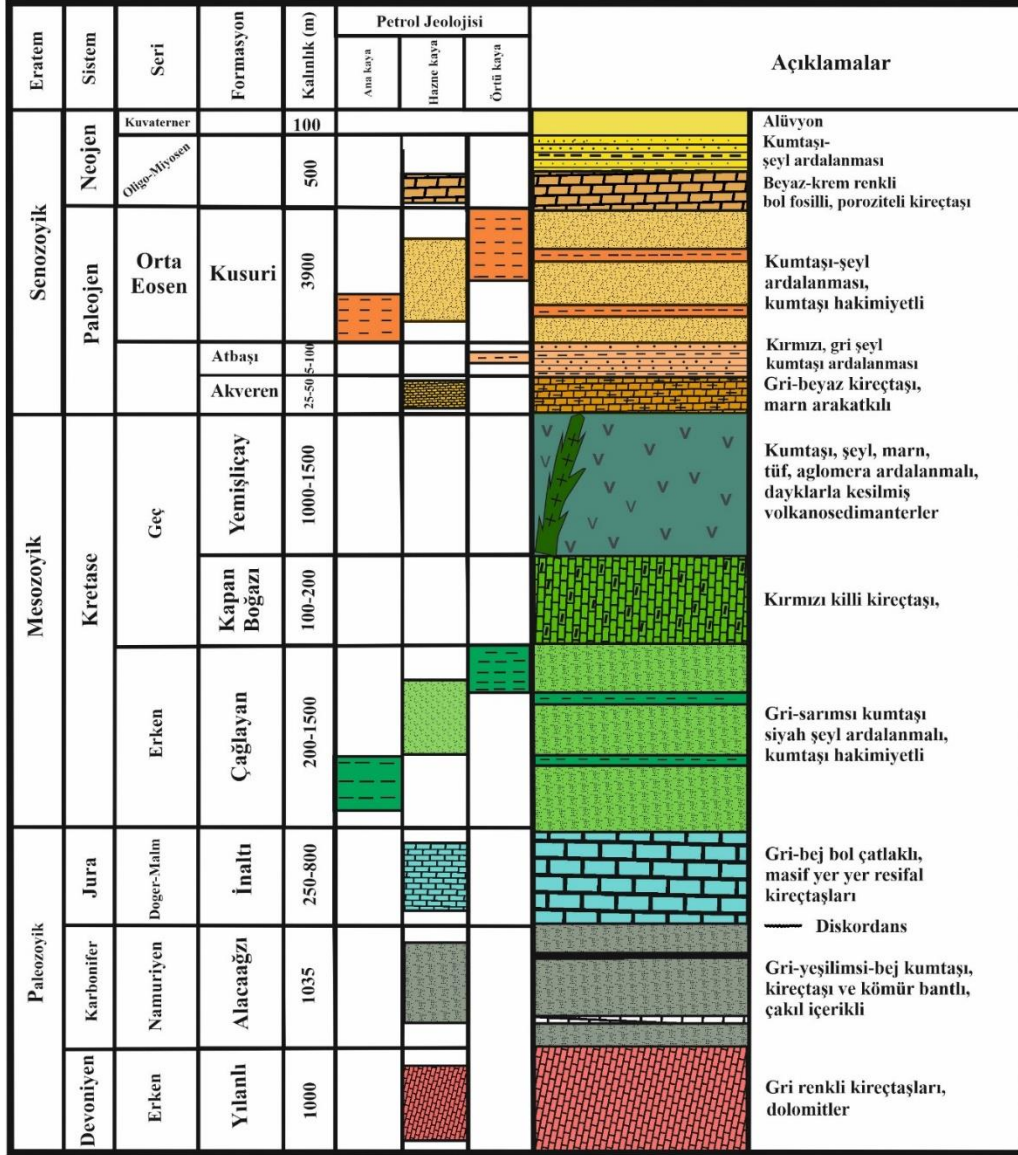
Kusuri Formasyonu kumtaşlarının litofasiyes değişimleri, sedimanter yapıları ve hazne kaya gözeneklilik ve geçirgenlik değerleri kuyu log yorumları ile belirlenmiştir. Bu yorumlamalar Gamma Ray (GR), Sonik (DT) ve eğim logları (DIP) kullanılarak Schlumberger (1989)'a göre yapılmıştır.

Detaylı bir şekilde yapılan analizler ile hazne kaya özelliğindeki Kusuri Formasyonu kumtaşlarının bileşimi, dokusu, otijenik kil mineralleri, çimentolanma türü, ikincil porozite gelişimi ve diyajenetik özellikleri saptanmıştır.

ZONGULDAK ALT HAVZASI'NIN JEOLJİSİ

Batı Karadeniz Bölgesi jeolojik anlamda Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden birini oluşturur. Bu birlik Ketin ve Gümüş (1962, 1963) tarafından güney Karadeniz dağ kuşağını kapsayacak biçimde "Pontidler" olarak isimlendirilmiş olup, daha sonraki çalışmalarda birliğe Batı Pontid (Şengör ve Yılmaz, 1981; Tüysüz, 1990), İstanbul Napı (Şengör vd., 1984), İstanbul Zonu (Okay, 1989) gibi isimler de verilmiştir. Batı Karadeniz Bölgesi batıda Çatalca civarından başlayarak, doğuda Azdavay doğusuna kadar yayılan, güneyde ise İntra-Pontid süturu (Şengör ve Yılmaz, 1981) ya da diğer adıyla Armutlu-Eskipazar zonu (Yiğitbaş ve Elmas, 1997) ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile sınırlanmış bir alan olup, temelinde ise Paleozoyik yaşlı çökel topluluğu izlenir (Şekil 1).

Batı Karadeniz Bölgesinin en yaşlı Prekambriyen birimleri, İstanbul Paleozoyik istifinin altında yer almakta olup, Sünnice masifinde, Düzce kuzeyinde (Aydın vd., 1987) ve Araç İlçesi batısındaki Karadere'de yüzeylemektedir (Dean vd., 1997). Prekambriyen birimleri metamorfik kayalar ile özellikle Sünnice masifinde görülen ofiyolit ve granitlerden oluşmaktadır (Yiğitbaş ve Elmas, 1997). Batı Karadeniz Bölgesi'nde İstanbul zonunun Bolu-Akçakoca hattının doğusunda Orta ve Geç Jura-Erken Kretase 'de iki bölgesel transgresyon olmuştur. Kısa ömürlü Orta Jura transgresyonunun yayılımı oldukça sınırlı olup, karasal özellikte kırıntılı bir istifte sona ermektedir. İstanbul zonunda oluşan diğer transgresyon ise Bolu-Akçakoca hattının doğusunda Oksfordiyen-Berriazyen yaşlı



Ölçeksiz

Şekil 2. Çalışma alanının (Zonguldak Alt Havzası) stratigrafik kolon kesiti (Büyükutku, 2020)

Figure 2. Stratigraphic column section of the study area, Zonguldak Sub-Basin (Büyükutku, 2020)

yaygın bir platform karbonat istifinin gelişmesine neden olmuştur. Bolu havzasında Eosen yaşlı resifal karakterde kireçtaşlarının da oldukça geniş bir yayılım sundukları görülmüştür. Eosen resifal kireçtaşları havzada hidrokarbon potansiyeline sahip rezervuar kayaları oluşturmuşlardır (Buyukutku vd., 2005).

Batı Karadeniz Havzasında Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birden fazla alt basen mevcuttur. Bunlar Zonguldak, Ulus, Devrek, Sinop ve Bolu alt havzalarıdır. Platform karbonatlarının çökmesinin ardından İstanbul zonu üzerinde iki büyük havza açılmıştır. Bunlar bugün birbirlerinden Devrek havzası ile ayrılan Zonguldak ve Ulus havzalarıdır (Derman, 2002). Batı Karadeniz'de Zonguldak havzası Ereğli, Bartın ile Amasra arasında Karadeniz'e paralel olarak uzanan bir alt havza özelliğindedir (Şekil 1). Kusuri formasyonu Zonguldak Havzası'nda ilk defa Ketin ve Gümüş (1962) tarafından Sinop-Ayancık dolayında gözlenmiş olup, gri-koyu gri şeyl, kumtaşı, marn, çamurtaşı, silttaşı, tüfit litolojilerinden oluşmuş olup türbiditik özelliktedir (Şekil 1,2). Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından ölçülen tip kesitte Kusuri Formasyonu'nun kalınlığı 1460 m olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar Kusuri Formasyonu'nun Cide yakınından başlayarak doğuya doğru geniş bir yayılım sunduğunu belirtmişlerdir.

Güneyde Devrek havzası Üst Kretase-Eosen birimleri tarafından örtülürken, doğuda Cide yükselimine kadar devam eder. Havza çökelleri Geç Barremiyen ve Senomaniyen arasında çökelmiş karbonat ve kırıntılı kayaçları içermektedir.

Batı Karadeniz Bölgesi'nde Turoniyen-Kampaniyen döneminde Güney Karadeniz kuşağını kaplayan yaygın bir magmatik yay gelişmiştir. Turoniyen-Santoniyen döneminde şiddetli bir volkanizma ve normal faylanma da

izlenmiştir. Bölgede Pelajik kireçtaşının gelişim evresini tanımlayan Görür vd. (1993) ve Tüysüz vd. (1989) aynı zamanda Karadeniz'de Erken Kretase'de başlayan gerilme rejimi sonucunda, iyice incelmış olan kıtasal kabuğun koparak, Batı Karadeniz havzası tabanında okyanusal yayılmanın başladığını da belirtmiştir. Batı Karadeniz Bölgesi'nde kuzey kuşakta Maastrichtiyen'de, volkanik istif üzerinde, derin denizel kalsitürbiditler çökelmiştir. Güney kuşakta ise Maastrichtiyen başında yükselerek su üstüne çıkan kalsitürbiditler, çok kısa bir süre sonunda tekrar transgresif olarak örtülmüşlerdir. Maastrichtiyen'deki bu yükselim olasılıkla İstanbul zonunun güneyindeki İntra-Pontid Okyanusu'nun kapanması ile ilişkilidir. Bölgede Maastrichtiyen transgresyonu güney ve batıda, Jura-Erken Kretase süresince aşınma alanı halinde kalan alanları da kaplamış ve varlığını Orta Eosen'e kadar sürdürmüştür. İstanbul ile Akçakoca arasındaki alanda Üst Kretase-Eosen çökelleri, Paleozoyik ve Triyas çökellerini ince bir örtü şeklinde transgresif olarak örtmektedir.

STRATİGRAFI

Zonguldak-Bartın civarında Zonguldak ilinin kuzeydoğusunda yer alan 1 adet sondaj kuyusunda geçilen Orta Eosen yaşlı Kusuri Formasyonu kumtaşları çalışılmıştır (Şekil 1). Çalışma alanını içeren Zonguldak Alt Havzası stratigrafik kolon kesiti Şekil 2'de verilmiştir

Kusuri Formasyonu genel olarak hazne kaya özelliğine sahip, gözenekli kumtaşlarından oluşur. Çalışma alanında litolojik, petrografik ve kuyu log verileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Kusuri formasyonu bitki kalıntıları içeren lamine şeyl-marn, gri- koyu gri- krem renkli, sert, çok ince-orta taneli kumtaşı, orta boylanmalı, az oranda düz- köşeli taneli, çatlak poroziteli, kimi zaman çatlakları kalsit dolgulu, ve nadiren ince bantlar halinde tuf ve tüfit gibi

volkanik birimlerden oluşmuştur. Birim içerisinde magmatik, metamorfik ve sedimanter çakıltaşları izlenmiştir. Formasyonun kalınlığı 1500-3939 m'ler aralığında değişmektedir. Kusuri Formasyonu'na *Assilina sp.*, *Asterigerina retula Kaufmann*, *Discocyclina nummulitice Gumbel*, *Nummulites helveticus Kaufmann* fosilleri ile Orta Eosen yaşı verilmiştir (Albayrak, 1989).

Korkmaz (1984) Kusuri Formasyonu'nun tabanında yer alan kalın tabakalı deltayik kanal dolguları içeren kumtaşlarının iyi bir hazne kaya özelliği gösterdiğini söylerken, Albayrak (1989), Sonel vd. (1992) ise Formasyonun orta derece hazne kaya özelliği gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Kusuri Formasyonu kumtaşı çalışılan kuyuda Akveren Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmiştir. Akveren Formasyonu kalsitürbiditik karbonat kayaçları ve marndan oluşmakta olup, 5-100 m kalınlığa sahip bir birimdir. Kusuri Formasyonu türbiditik kumtaşı-şeyl ardalanması ile temsil edilir. Kusuri Formasyonu'nun üzerine Oligo-Miyosen yaşlı kumtaşı-şeyl ardalanmaları ve kireçtaşları gelmiştir. Kusuri Formasyonu kumtaşları kumtaşı-şeyl ardalanması göstermesi, yaygın tabaka altı yapıları, kaval yapıları, yük kalıpları ve Bouma istifinin çeşitli serilerini içermesi açısından türbiditik niteliklidir. İstifin alttan Te-Td iraksak serileriyle başlayıp, üste doğru Tc-Ta ile de yakınsak seriye geçtiği görülmüştür (Sunal, 1998).

TARTIŞMA

Kumtaşı Petrografisi

Kusuri Formasyonu kumtaşları genel olarak çok ince-ince, orta, kaba taneli kumtaşlarından oluşmakta olup, birimin petrografik özellikleri 30 adet karot örneği üzerinde çalışılmıştır ve tablo şeklinde özetlenmiştir (Tablo 1).

Petrografik analizler kumtaşı karot örneklerinden hazırlanan 40 adet ince kesit üzerinde optik mikroskop kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 1). Kumtaşı mineralojisi ve tane boyu ölçümleri ise 20 adet ince kesit üzerinde 300 nokta sayılarak tanımlanmıştır.

Kusuri Formasyonu kumtaşları litoloji, doku, sedimanter yapı ve petrografik özelliklerine göre A, B ve C olmak üzere 3 litofasiyeye ayrılmıştır. Litofasiyes A kumtaşları orta-kaba tane boyuna sahip (0.4-0.6 mm), orta iyi boylanmalı, yarı yuvarlak-yarı köşeli taneler içerir. Litofasiyes B kumtaşları orta tane boyuna sahip (0.3 mm), orta boylanmalı olup, yarı yuvarlak taneler içerir. Litofasiyes C kumtaşları ise ince, çok ince tane boyuna (0.1-0.2 mm) sahip olup, rezervuar kaya özelliği sunmazlar.

Folk vd. (1970) sınıflamasına göre Kusuri Formasyonu kumtaşları arkozik arenitik kumtaşı sınıfındadır (Şekil 3). Kusuri Formasyonu kumtaşları %60 kuvars, %35 feldspat, %2 kayaç parçası, %8 kil ve karbonat bağlayıcı içerir. Kumtaşları genel olarak ortaklas, plajiyoklaz, kuvars, epidot, klorit, sedimanter kayaç parçası (kuvarsit) ve opak minerallerden (pirit) oluşmuştur.

Optik mikroskopta incelenen ince kesitler kuvars ve feldspat minerallerince zengindir. Plajiyoklaz ve ortoklaz olmak üzere iki çeşit feldspat minerali izlenmiştir. Plajiyoklazlar pijama ikizlenmesi gösterirken, ortoklaz minerallerinde yaygın olarak pertitleşme türü alterasyon gözlenmiştir. Pertitleşme potasyumlu feldspatların sodyumca zengin çözeltilerle zenginleşmeleri ile oluşmuştur. İnce kesit petrografisinde Kuvars mineralleri mono ve poli kuvars olarak iki türdür. Genel olarak incelenen kumtaşlarında mono kuvarslar hakimdir. Litofasiyes A kumtaşları orta-kaba tane boyuna sahip (0.4- 0.6 mm), orta-iyi boylanmalı, yarı yuvarlak-yarı köşeli taneler içerir (Şekil 4A). Kusuri Formasyonu

Litofasiyes B kumtaşları orta tane boyuna sahip (0.3 mm), orta boylanmalı, yarı yuvarlak tanelidir (Şekil 4B). Kuvars mineralleri temiz yüzeyli olup, dalgalı sönme gösterdikleri izlenmiştir. Petrografik kesitlerde yaygın olarak karbonat bağlayıcı izlenmiştir (Şekil 4A).

Feldspat minerallerinde yaygın olarak pertitleşme türü alterasyon izlenmiştir (Şekil 4A). Birimde taneler arası dokanak türü genelde

düz teğet, az oranda dış bükeydir. Kusuri Formasyonu Litofasiyes A kumtaşlarının orta-kaba tane boyları, tanelerin orta-iyi boylanma sunmalarının rezervuar kalitesini olumlu olarak etkiledikleri düşünülmektedir. Buna karşın taneler arası gözenekler kil ve karbonat bağlayıcı tarafından doldurulmuştur (Şekil 4A). Bu durumun kumtaşı rezervuar özelliklerini olumsuz yönde etkileyeceği kaçınılmazdır.

Tablo 1. Kusuri Formasyonu kumtaşlarının petrografik özellikleri I

Table 1. Petrographic features of the Kusuri Formation sandstones I

| İnceleme Kuyusu Derinlik (m) | Kumtaşlarının Litolojisi | Kaya Sınıflaması | Boylanma | Yuvarlaklık |
|---------------------------------|---|---------------------|-----------|-------------------------------|
| 2095.00 | İnce taneli (Litofasiyes C) kumtaşı | Arkoz | Orta | Yarı yuvarlak- yuvarlak |
| 2115.20 | Orta taneli (Litofasiyes B) kumtaşı | Arkoz | Orta | Yarı yuvarlak |
| 2115.70 | Orta-kaba taneli (Litofasiyes A) kumtaşı | Arkoz | Orta | Yarı yuvarlak |
| 2115.80 | Orta-kaba taneli (Litofasiyes A) kumtaşı | Arkoz | Kötü-orta | Yarı yuvarlak |
| 2750.00 | İnce taneli (Litofasiyes C) kumtaşı | Arkoz | Orta | Yarı yuvarlak- yuvarlak |
| 2760.00 | Orta taneli (Litofasiyes B) kumtaşı | Arkoz | Orta | Yarı yuvarlak- yarı köşeli |

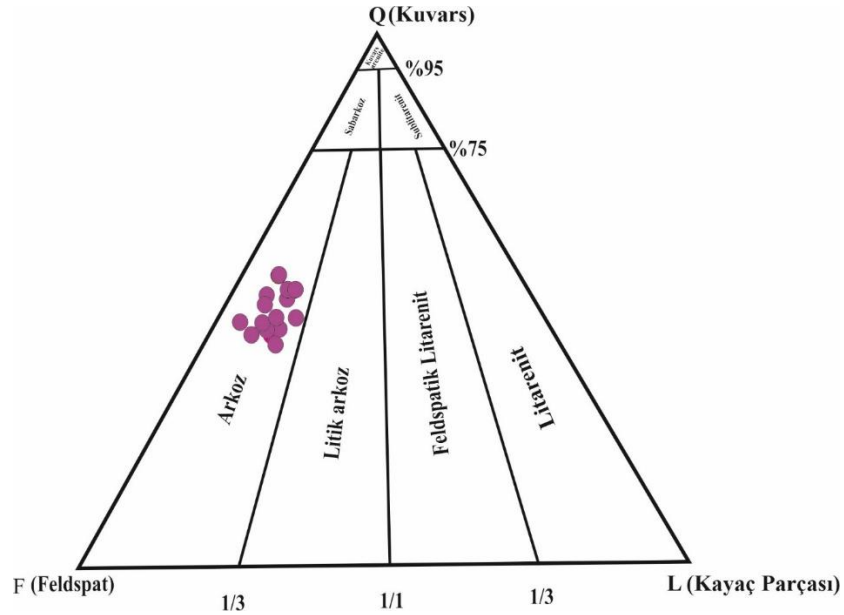
Tablo 2. Kusuri Formasyonu kumtaşlarının petrografik özellikleri II**Table 2.** Petrographic features of the Kusuri Formation sandstones II

| İnceleme Kuyusu Derinlik (m) | Kuvars % | Feldspat % | Kayaç Parçası % | Matriks | Çimento | Gözenek Türü |
|---------------------------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|
| 2095.00 | %35 | %60 ortoklaz ve plajiyoklaz | Sedimenter %2 | Karbonat | Erken kalsit | - |
| 2115.20 | %25 | %60 ortoklaz | Sedimenter %2 | Kil, karbonat | Erken kalsit | Çatlak |
| 2115.70 | %75 | %20 ortoklaz ve plajiyoklaz | Sedimenter %2 | Karbonat | Geç kalsit | Birincil, çatlak |
| 2115.80 | %25 | %60 ortoklaz ve plajiyoklaz | - | Karbonat | Geç kalsit | Birincil ,çatlak |
| 2750.00 | %35 | %60 ortoklaz ve plajiyoklaz | Sedimenter %2 | Karbonat | Erken kalsit | - |
| 2760.00 | %30 | %60 ortoklaz ve plajiyoklaz | Sedimenter %2 | Kil (perritleşme) karbonat | Geç kalsit | Birincil çatlak |

Litofasiyes B kumtaşları orta tane boyuna sahip, orta boylanmalı ve yarı yuvarlak taneler içeren arkoz türü kumtaşlarıdır (Şekil 4B). Plajiyoklaz (P) mineralleri pijama ikizlenmesi göstermektedirler. Kumtaşı petrografi kesitlerinde ayrıca karbonat minerallerinin gözeneği kapattığı izlenmiştir (Şekil 4A, B). Bu tür otijenik minerallerin gözeneği kapatarak

hazne kayayı olumsuz yönde etkileyebilecekleri düşünülmektedir.

Kusuri Formasyonu Litofasiyes C kumtaşları ince, çok ince taneli (0.1-0.2 mm), bol kil içerikli ve sık dokulu özelliğinden dolayı rezervuar kaya özelliği sunmazlar (Şekil 4C). Litofasiyes C kumtaşlarında yaygın olarak organik madde sıvımaları izlenmiştir (Şekil 4D)



Şekil 3. Kusuri Formasyonu kumtaşı sınıflaması (Folk vd., 1970)

Figure 3. Sandstone classification of the Kusuri Formation (Folk et al., 1970)

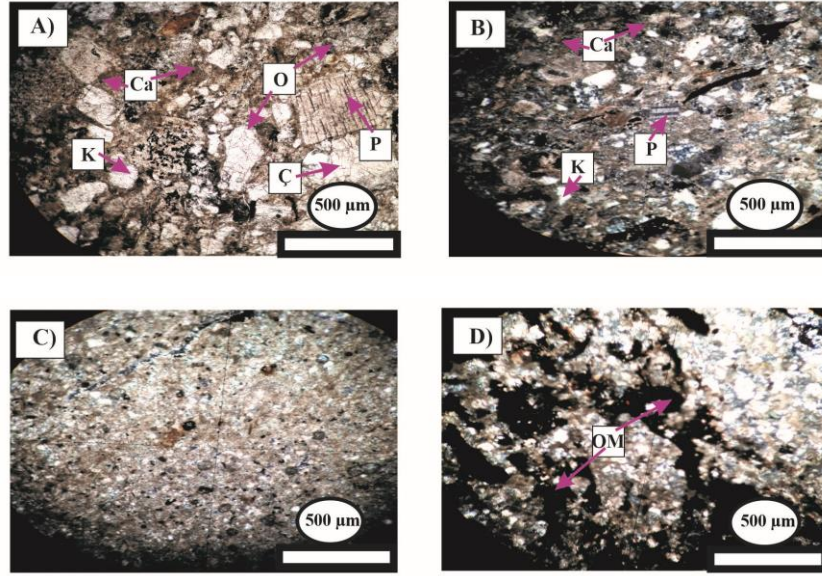
Taramalı Elektron Mikroskop ve X-Işınları Difraktometre Analizleri

Kusuri Formasyonu kumtaşlarında 0.1 μm kalınlığında iğnemi yada lif şeklinde gözeneği kapatan %6-16 oranında illit mineralleri (Şekil 5A), kitapçıklar şeklinde %32-50 oranında kaolinit mineralleri izlenmiştir (Şekil 5B). Pirit mineralleri belirlenmiştir (Şekil 6A). 0.1 μm kalınlığında gözeneği kapatan levhamsı %8-24 oranında simektit-illit (Şekil 6B) mineralleri izlenmiştir. X- ışınları difraksiyonu analizlerinde %8-14 oranında izlenen klorit mineralleri Taramalı Elektron Mikroskop fotoğraflarında izlenmemiştir. Kusuri Formasyonu XRD ve SEM sonuçları tablo şeklinde verilmiştir (Tablo 3)

Elektron mikroskop analizlerinde kumtaşlarının birincil gözenek boşluklarının otijenik killere kapatıldıkları izlenmiştir. Otijenik kil minerallerinin Kusuri Formasyonu kumtaşlarının porozite ve permeabilitesini azalttıkları düşünülmektedir.

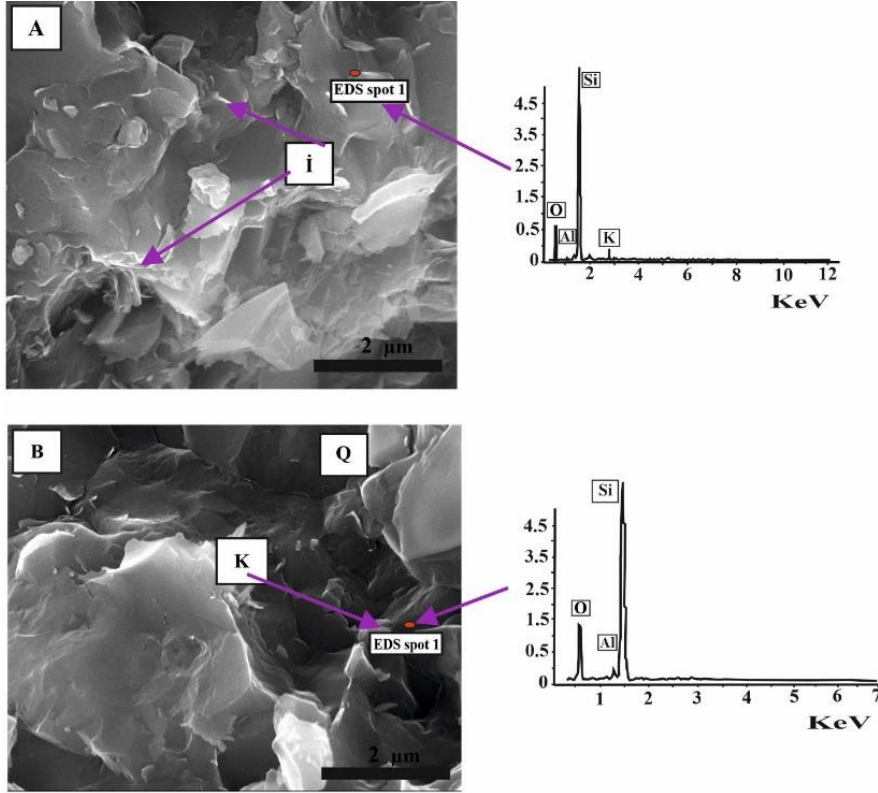
Diyajenetik Tarihçe

Kusuri Formasyonu kumtaşları erken kalsit çimento, feldspat, klorit, simektit (montmorillonit), karışık tabakalı illit-simektit, illit, kuvars (silis) büyümesi, ikincil kırık ve çatlak gözenekliliği şeklinde bir diyajenetik sekans içerir (Şekil 7). Bu dizilim petrografik, taramalı elektron mikroskop ve X-ışınları difraktometre (XRD) analizlerine dayalı olarak hazırlanmıştır.



Şekil 4. Kusuri Formasyonu kumtaşlarının mikrofotografaları. A) Kusuri Litofasiyes A kumtaşları orta-kaba tane boyuna sahip olup, orta-iyi boylanma özelliği göstermektedir. Birim yarı yuvarlak–yarı köşeli taneler içeren arkozik kumtaşdır. Birimde taneler arası dokanak türü genelde düz teğet, az oranda dış bükeydir. Fotoğrafta Kuvars (K) ve ortoklaz (O) ve plajiyoklaz (P) mineralleri, çatlak (Ç) ve karbonat bağlayıcı (Ca, erken kalsit çimento) izlenmektedir. Feldspat minerali üzerinde Pertitlesme türü alterasyon izlenmektedir. Karbonat (Ca) mineralinin gözeneği kapattığı görülmektedir. Karot no:2. Derinlik: 2115.20 m B) Litofasiyes B kumtaşları orta tane boyuna sahip, orta boylanmalı, yarı yuvarlak taneler içerir. Fotoğrafta Kuvars (K), plajiyoklaz mineralleri (P) ve karbonat bağlayıcı (Ca, erken kalsit çimento) izlenmektedir. Plajiyoklaz mineralleri (P) pijama ikizlenmesi göstermektedir. Karot no:2. Derinlik: 2115.70 m. C) Litofasiyes C kumtaşları ise ince, çok ince tane boyuna sahiptir. Karot no:1. Derinlik: 2095.00 m D) Fotoğrafta stilolitlerin organik madde (OM) ile kapatıldıkları izlenmektedir. Karot no:3. Derinlik: 2115.90 m. Ölçek:1 cm 500 µm. Çift nikol

Figure 4. Microphotographs of the Kusuri Formation sandstones. A) Kusuri Lithofacies A sandstones have medium-coarse grain size and show medium-well sorting. The unit is arcotic sandstone containing semi-rounded-semi-angular grains. The type of intergranular contact in the unit is generally straight tangential and slightly convex. Quartz (K), orthoclase (O), plagioclase (P) minerals, fissure (Ç), carbonate binder (Ca, early calcite cement) are observed in the photograph. Pertitization type alteration is observed on the feldspar mineral. It is seen that the carbonate (Ca) mineral closes the pore. Core number: 2. Depth: 2115.20 m B) Lithofacies B sandstones contain medium-sized, medium sorting semi-round grains. Quartz (K), plagioclase minerals (P) and carbonate binder (Ca, early calcite cement) are observed in the photograph. Plagioclase minerals (P) show pajama twinning. Core number: 2. Depth: 2115.70 m. C) Lithofacies C sandstones have a fine, very fine grain size. Core number: 1. Depth: 2095.00 m D) In the photograph, it is observed that the stylolites are covered with organic matter (OM). Core number: 3. Depth: 2115.90 m. Scale: 1 cm 500 µm. Double nicol



Şekil 5. K Kusuri formasyonu SEM mikrofotografı. A) Fotoğrafta diyajenetik illit mineralleri (i) iğnemsî şekilde izlenmektedir. EDS grafiğinde K piki hakimdir. Karot no:2. Derinlik: 2115.20 m. B) Kuvars mineralinin (Q) altında kitapçıklar şeklinde gözenek dolgulayıcı kaolinit mineralleri (K) izlenmektedir. EDS grafiğinde Al, Si ve O piklerinin hakim olduğu izlenmektedir. Karot no:2. Derinlik: 2115.20 m

Figure 5. SEM microphotographs of Kusuri formation. A) In the photograph, diagenetic illite minerals (i) are observed in an acicular form. The K peak is dominant in the EDS graph. Core number: 2. Depth: 2115.20 m. B) Pore-filling kaolinite minerals (K) are observed in the form of booklets under the quartz mineral (Q). In the EDS graph, it is observed that Al, Si and O peaks are dominant. Core number: 2. Depth: 2115.20 m

Bir kumtaşı rezervuarında şeyllerden kumtaşına geçen gözenek sıvıları diyajenezî şekillendirir ve otijenik mineraller (kalsit, kaolinit, simektit, illit vb.) oluştururlar.

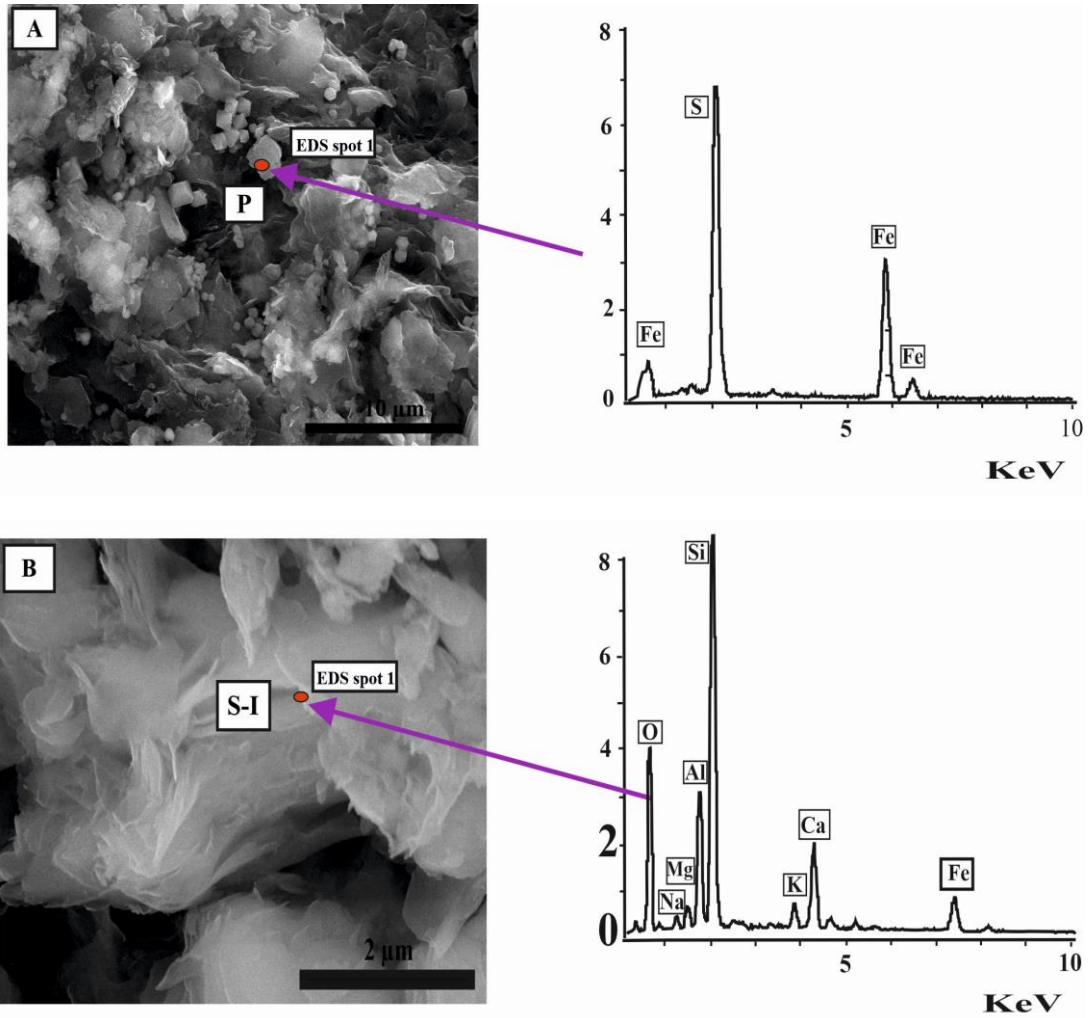
Petrografik kesitlerde erken kalsit çimento yaygın olarak izlenmiştir (Şekil 4 A, B). Kusuri Formasyonu kumtaşlarında ikincil gözeneklilik kırık ve çatlak etkisiyledir (Şekil 4A) Birimde klorit %8-14, illit %6-16, kaolinit %32-50,

karışık tabakalı simektit-illit %8-24 ve simektit (montmorillonit) %12-38 türü kil mineralleri izlenmiş olup, incelenen kumtaşı rezervuarının porozite ve permeabilitesini azaltarak, rezervuar kalitesini olumsuz olarak etkilemişlerdir.

Kaolinit mineralleri XRD analizlerinde oldukça yaygın (%32-50) olup, SEM fotoğraflarında gözenek dolgulayıcı olarak izlenmişlerdir (Şekil

5B). Kaolinit minerallerinin Kusuri Formasyonu kumtaşlarında poroziteyi azaltan major bir mineral olduğu açıkça görülmüştür. Kusuri Formasyonu kumtaşlarında kalsit ve kil

bağlayıcının rezervuarın gözeneklilik ve geçirimlilik gibi petrofiziksel parametrelerini negatif olarak etkiledikleri düşünülmektedir.



Şekil 6. Kusuri formasyonu SEM mikrofotografaları. A) Fotoğrafta Pirit (P) mineralleri izlenmektedir. EDS grafiğinde Fe ve S pikleri hakimdir. Karot no:4, Derinlik: 2120.00 m. B) Illit-Simektit türü kil mineralleri görülmektedir. EDS grafiğinde Na, Mg pikleri hakimdir. Karot no:3, Derinlik: 2115.90 m

Figure 6. SEM microphotos of Kusuri formation. A) Pyrite minerals are observed in the photograph. Fe and S peaks are dominant in the EDS graph. Core no:4, Depth: 2120.00 m. B) Illite-Smectite type clay minerals are observed. Na, Mg peaks are dominant in the EDS graph. Core no:3, Depth: 2115.90 m

Log Yorumu

Kuyu logları yeraltında geçilen kayaçların petrofiziksel parametrelerini derinliğin fonksiyonu olarak gösteren sondaj kuyulardan alınan grafikler olup, havzanın sedimentolojik modellemesinde kullanılan oldukça güvenilir ve doğru bir tekniktir (Schlumberger, 1989)

Petrol araştırmalarında eğim logları yorumlanarak, bir kuyuda geçilen kayaçların sedimanter özellikleri belirlenebilmektedir (Schlumberger, 1989). Eğim logları sondaj kuyularında derinliğe bağlı olarak değişen toplu iğne şeklindeki sembollerle gösterilirler. Toplu iğne şeklindeki sembolün ucu eğimin yönünü gösterirken, toplu iğnenin daire şeklindeki baş kısmı eğimin miktarını veya açısını verir.

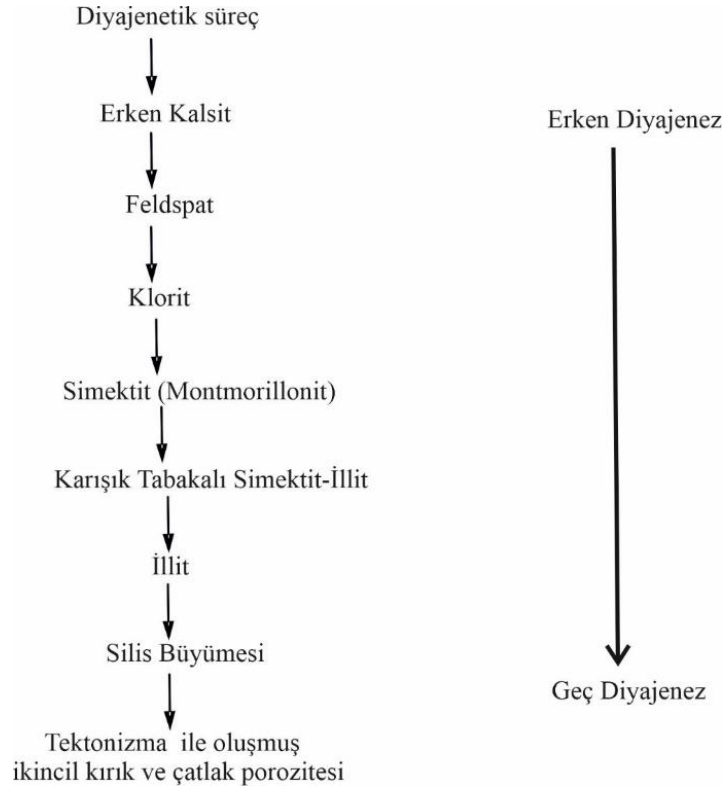
Sembolün sağa doğru yer değiştirmesi eğim açısının büyüklüğünü temsil eder.

Eğim loglarında çeşitli semboller kırmızı, yeşil sarı veya mavi renk ile adlandırılırlar. Kırmızı motifte derinliğe bağlı olarak eğim miktarı artar ve delta kanallarına işaret eder. Mavi motifte eğim miktarı derinliğe bağlı olarak azalır ve delta önü akıntı ile oluşmuş tabakaları işaret eder. Aynı zamanda delta kanallarının aksel bölümünü de gösterirler. Sarı motifte her yöne eğimli olarak izlenen karışık motifler yüksek enerjili hızlı kütle akmalarına ve deltanın yakınsak (proksimal) bölümüne işaret ederler. Yeşil motiflerde ise eğim miktarı değişmez, delta ilerisi gibi düşük enerjili ortamı işaret eder (Schlumberger, 1989'a göre, Şekil 8).

Tablo 3. İnceleme kuyusunda Kusuri Formasyonu kumtaşlarının XRD ve SEM sonuçları

Table 3. XRD and SEM results of the Kusuri Formation in the investigation well

| Örnek No, Karot No | XRD Analizleri Sonucunda Tespit Edilen Mineraller | SEM Analizleri Sonucunda Tespit Edilen Mineraller |
|------------------------------------|--|---|
| Örnek 1, Karot 1, Litofasiyes C | Kuars, kalsit, feldspat, epidot, pirit, illit, klorit, karışık tabakalı illit-smektit, smektit grubu kil mineralleri | - |
| Örnek 2, Karot 2, Litofasiyes A | Kuars, kalsit, feldspat, kaolinit, illit, klorit, karışık tabakalı illit-smektit, smektit (montmorillonit) | Kaolinit, illit |
| Örnek 3, Karot 3, Litofasiyes C | Kuars, kalsit, epidot, pirit, feldspat, karışık tabakalı illit-smektit, smektit (montmorillonit) | Karışık tabakalı illit-smektit |
| Örnek 4, Karot 4, Litofasiyes B | Kuars, kalsit, feldspat, pirit, kaolinit | Pirit |
| Örnek 6, Karot 6, Litofasiyes C | Kuars, kalsit, feldspat, kaolinit, klorit | - |
| Örnek 7, Karot 7, Litofasiyes B | Kuars, kalsit, feldspat, kaolinit, klorit | - |

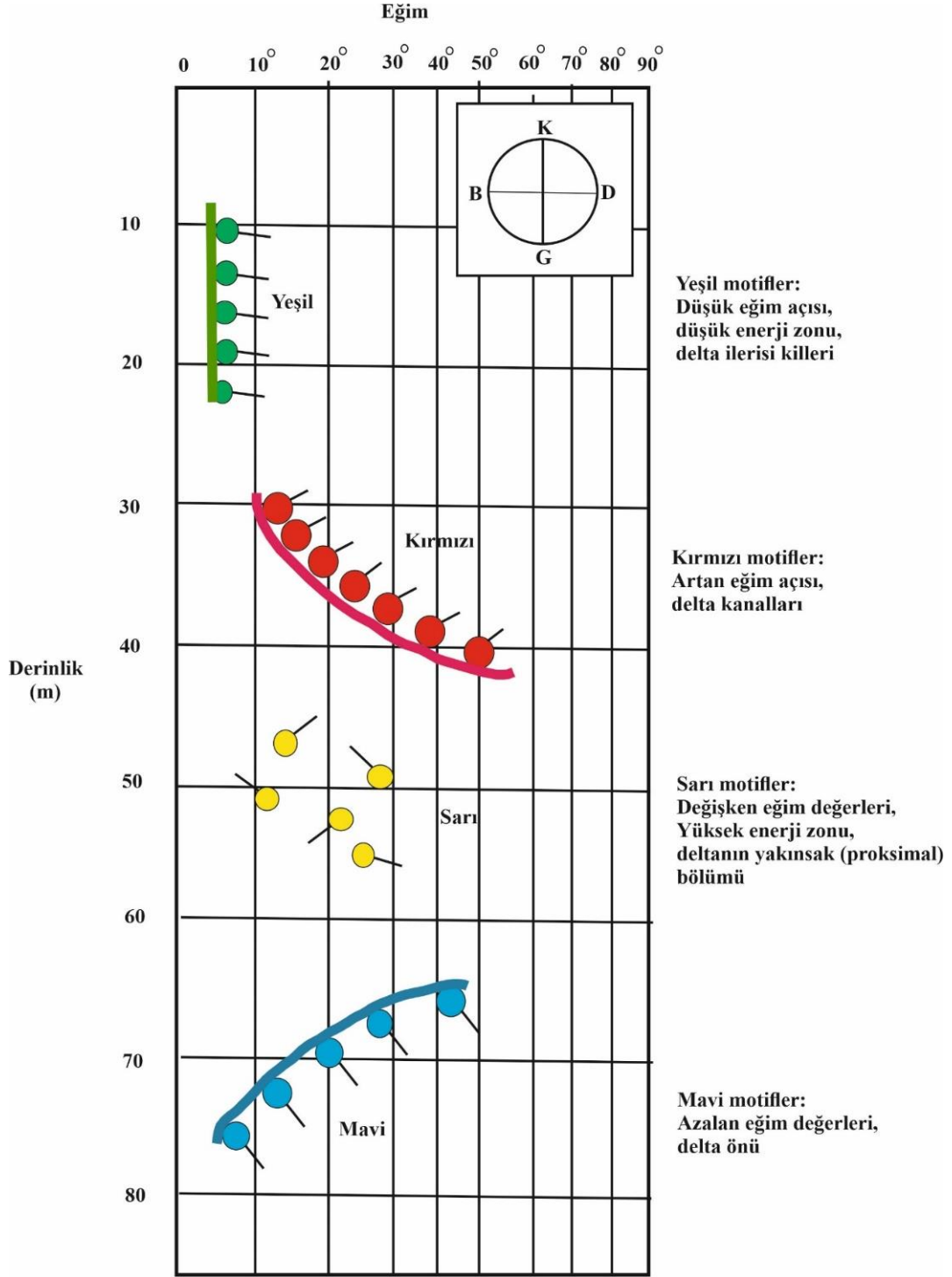


Şekil 7. Kusuri Formasyonu kumtaşlarının diyajenetik sekansı

Figure 7. The diagenetic sequence of the Kusuri Formation sandstones

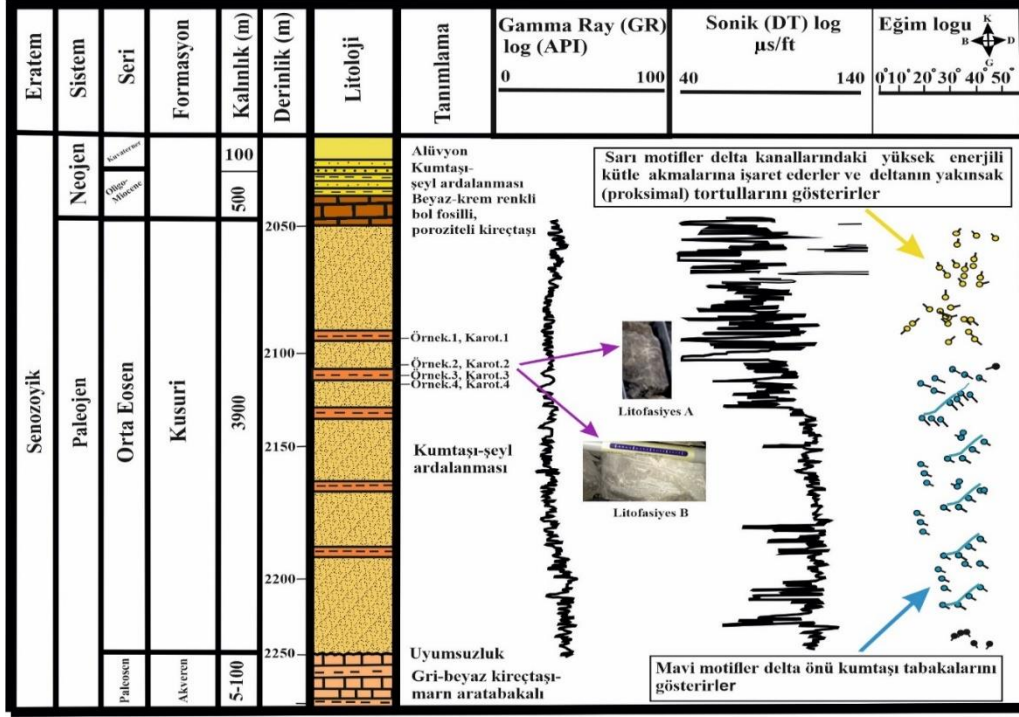
İnceleme kuyusunun 2050-2100. m ler aralığında sarı motifler izlenmekte olup, bu durum sedimanın türbülanslı akıntılarla taşındığını gösterirken hızlı kütle akmalarına işaret eder ve deltanın yakınsak tortullarını gösterir (Schlumberger, 1989' a göre). 2125 ile 2225. m ler aralığında mavi motifler eğim miktarlarının derinliğe bağlı olarak azaldığını ve delta önü akıntı ile oluşmuş tabakaları gösterirler. Mavi motifler delta kanallarının eksenal bölümüne de işaret ederler. Buna bağlı olarak delta önü kumtaşları dağılım kanallarının ilerleme evresini ve kanaldaki akıntının yönünü gösterirler (Şekil 9). Kırmızı motifler log üzerinde izlenmemiştir.

İnceleme kuyusunda Kusuri Formasyonu kumtaşlarında 2050. m seviyesine doğru Sonik logun aşırı pik yapması kumtaşı porozite değerinin yüksek olduğunu gösterir. Gamma Ray logunun genel olarak 10-20 API gibi düşük değerleri, kil oranının azlığını ve Kusuri Formasyonu kumtaşlarının temiz hazne kaya özelliği sunduklarını gösterir (Şekil 9). İnceleme kuyusunda diplog ölçümlerinde, 2600-2725. m ler aralığında delta ilerisi şeyilli birimlerinde eğim logu ile elde edilen miktar 10-15° veya daha fazla, 2725-2775. m ler aralığında delta önü kumtaşlarında izlenen maksimum eğim açısı 35-40° olarak izlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 8. Eğim log motifleri (Schlumberger, 1989)

Figure 8. Dip log motifs (Schlumberger, 1989)



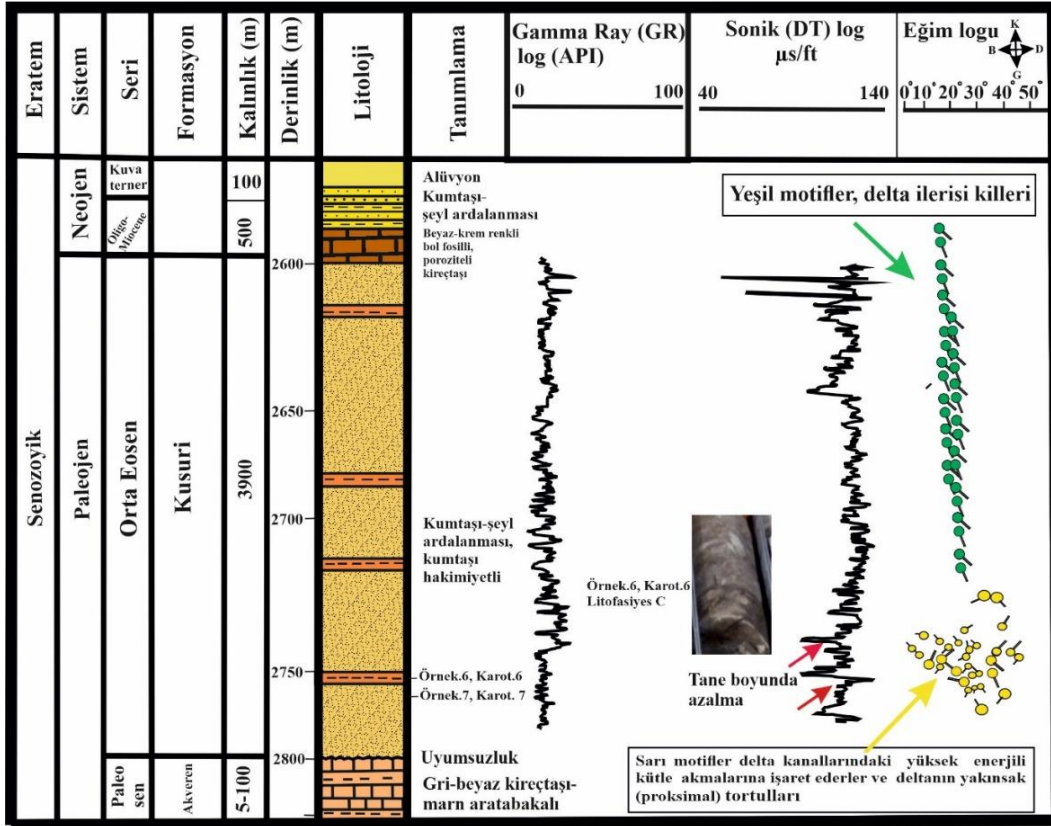
Şekil 9. Kuyu log tekniği ile belirlenen delta bölümleri (Schlumberger, 1989)

Figure 9. Determination of delta sections using the well log technique (according to Schlumberger, 1989)

Kuyu log metoduna göre Kusuri Formasyonu kumtaşları Orta Eosen esnasında Batı Karadeniz Bölgesi Zonguldak Alt Havzasında oluşmuş bir delta olarak yorumlanabilir. Deltaların karakteristik özellikleri kumtaşı karotlarında maalesef çok iyi izlenememiştir. Bu nedenle delta bölümleri kuyu log tekniği ile belirlenmiştir. Korkmaz (1984) Kusuri Formasyonu'nun tabanında yer alan kalın katmanlı ve kanal dolguları içeren delta kumtaşlarının iyi bir hazne kaya özelliği gösterdiğini söylemiştir. Daha önceki çalışmalarla da (Korkmaz, 1984; Albayrak, 1989; Sonel vd.,1992; Büyüktutku, 2020)

karşılaştırıldığında Zonguldak Alt Havzası'nda Kusuri Formasyonu kumtaşlarının bir delta ortamında depolanmış olabileceği ve delta kumtaşlarının önemli petrol rezervuarları oluşturdukları düşünülmüştür.

Kusuri Formasyonu kumtaşlarının porozitesi çalışılan kuyudan alınan sonik logdan elde edilmiştir (Şekil 11). Poroziteler Schlumberger (1986)'ya göre DT ses sinyallerinin geçiş süresi (mikro s/ft= mikro s/0.3048 m) ve porozite (\emptyset) grafiğinden belirlenmiştir. Kumtaşlarının Sonik logundan elde edilen ortalama porozite değerleri %20-50 aralığındadır (Şekil 11).



Şekil 10. Kuyu log tekniği ile belirlenen delta bölümleri (Schlumberger, 1989'a göre)

Figure 10 Determination of delta sections using the well log technique (according to Schlumberger, 1989)

Kusuri Formasyonu kumtaşlarının şeyl hacmi (V_{sh}) eşitlik (1)'den yararlanarak Schlumberger (1996)'a göre hesaplanmıştır.

$$V_{sh} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \quad (1)$$

GR_{log} = Killi kumtaşının Gamma Ray Log değeri; GR_{min} = Temiz kumtaşı zonu için en düşük Gamma Ray Log değeri ve GR_{max} = Killi zon için en yüksek Gamma Ray Log değeridir.

Formasyonun efektif porozite değeri eşitlik (3)'den yararlanarak Schlumberger (1996)'a göre hesaplanmıştır.

$$\phi_{ef} = DT_{cor} \quad (2)$$

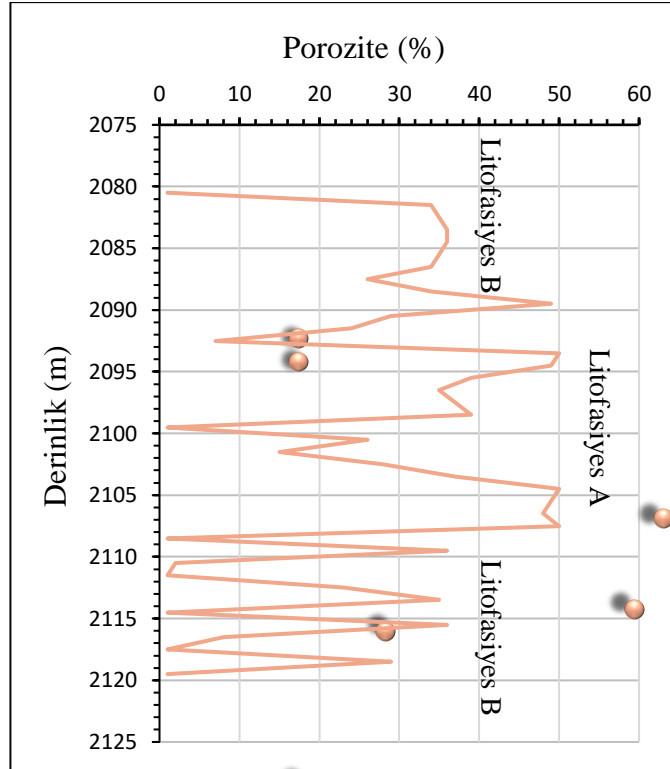
$$DT_{cor} = DT - \frac{V_{sh} * DT_{sh}}{1 - V_{sh}} \quad (3)$$

Eşitlikte DT_{cor} = Killi kumtaşı için düzeltilmiş Sonik Log değeri; DT =Sonic Log değeri; V_{sh} =Kil hacmi; DT_{sh} =Killi kumtaşı zonu için en yüksek Sonik Log değeri.

İndirgenemez su doygunluğu değeri kullanılarak eşitlik (4)'e (Timur, 1968) göre Kusuri Formasyonu kumtaşlarının permeabilite (K) değeri hesaplanmıştır (Şekil 12).

$$K(mD) = 0.136 \frac{\phi_{ef}^{4.4}}{S_w^2} \quad (4)$$

Formülde K : Permeabilite, ϕ_{ef} : Etkif (etkili) porozite ve S_w : indirgenemez su doygunluğudur.



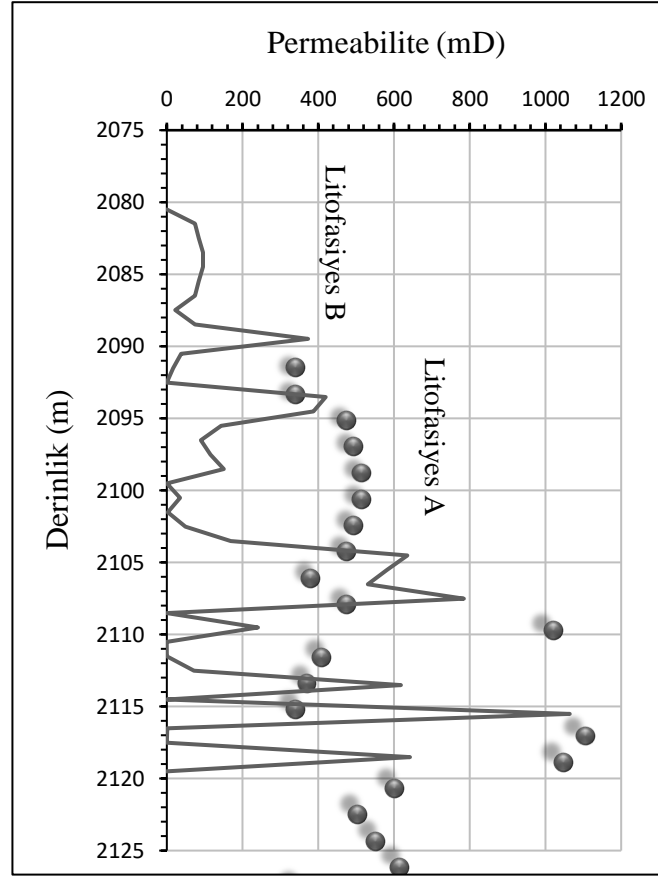
Şekil 11. Kusuri Formasyonu kumtaşlarının derinlik-porozite grafiği

Figure 11. Depth-porosity graph of the Kusuri Formation sandstones

KUSURİ FORMASYONU KUMTAŞLARININ REZERVUAR ÖZELLİKLERİ

Kusuri Formasyonu Litofasiyes C kumtaşları çok ince taneli, kötü boylanmalı olup, bol kil içeriğinden dolayı rezervuar kaya özelliği sunmazlar. Litofasiyes A ve B kumtaşlarında birincil taneler arası, ikincil kırık ve çatlak

porozitesi hakimdir. Buna bağlı olarak Litofasiyes A ve B kumtaşlarının iyi birer hazne kaya özelliği sundukları düşünülmüştür. Erken kalsit çimento birincil poroziteyi kumtaşı gözeneklerini kapatarak azaltmasına rağmen, geç diyajenetik safhada tektonik etki ile oluşmuş ikincil kırık ve çatlak porozitesi rezervuar kalitesini artırmıştır.



Şekil 12. Kusuri Formasyonu kumtaşlarının derinlik-permeabilite grafiği.

Figure 12. Depth-permeability graph of the sandstones of the Kusuri Formation.

Kusuri Formasyonu kumtaşlarında porozite değerleri Litofasiyes A kumtaşları için %35 ve 50, Litofasiyes B kumtaşları için ise %20-35 aralığındadır (Şekil 11). Benzer şekilde permeabilite değerleri Litofasiyes A kumtaşları için 400-660 mD, Litofasiyes B kumtaşları için ise 100-400 mD aralığında değişmektedir (Şekil 12). Kusuri Formasyonu kumtaşlarının Levorsen (1967) porozite permeabilite sınıflamasına göre, litoloji, doku ve petrografik özellikler de dikkate alındığında orta-iyi kalitede rezervuar kayalar olduğu söylenebilir.

Gözenek dolgusu otijenik killerin ve erken kalsit çimentonun porozite ve permeabiliteyi azalttığı görülmüştür. Petrografik ve SEM fotoğrafları bu durumu doğrulamaktadır. Sonuç olarak Litofasiyes A ve B kumtaşları Litofasiyes C'ye göre daha kaba taneli ve daha az diyajenetik kil ve karbonat bağlayıcı içermesinden dolayı rezervuar kaya potansiyeline sahiptirler.

SONUÇ

Kusuri Formasyonu kumtaşları Folk vd. (1970) sınıflamasına göre arkozik arenittir.

Kusuri Formasyonu kumtaşlarının kuyu log verilerine göre ve önceki çalışmalarla da karşılaştırıldığında bir delta ortamında çökeldiği düşünülmüştür.

Kusuri Formasyonu kumtaşları sedimantolojik ve sedimenter petrografik özelliklerine göre Litofasiyes A, B ve C olmak üzere üçe ayrılmıştır. Litofasiyes A ve B kumtaşları kaba tane boyu, daha az kil ve karbonat bağlayıcı içerikleri, daha geniş gözenek çapına sahip olmaları nedeniyle orta- iyi bir rezervuar kalitesi sunarlar. Litofasiyes C kumtaşları çok ince tane boyu, küçük gözenek çapı ve bol kil içeriğinden dolayı çok kötü rezervuar özelliğine sahiptir.

Kusuri Formasyonu kumtaşları erken kalsit çimento, feldspat, klorit, simektit (montmorillonit), karışık tabakalı illit-simektit, illit, kuvars (silis) büyümesi ve ikincil kırık ve çatlak gözenekliliği şeklinde bir diyajenetik sekans sunarlar.

Kusuri Formasyonu kumtaşlarının efektif porozite değeri Litofasiyes A kumtaşları için %35-50 ve Litofasiyes B kumtaşları için ise %20-35 dir. Benzer şekilde ortalama permeabilite değerleri Litofasiyes A kumtaşları için 400-660 mD ve Litofasiyes B kumtaşları için ise 100-400 mD arasında değişmektedir. Kusuri Formasyonu kumtaşları Levorsen (1967) porozite permeabilite sınıflamasına göre, litoloji, doku ve petrografik özellikler de dikkate alındığında orta-iyi kalitede rezervuar kayaç özelliği sunmaktadırlar.

Kusuri Formasyonu kumtaşlarının porozite ve permeabilitesi gözenek dolgusu diyajenetik killer ve erken kalsit çimento tarafından kontrol edilmektedir. Diyajenetik kil ve erken karbonat çimentonun kumtaşı porozite ve permeabilitesini azalttıkları görülmüştür.

Kusuri formasyonu kumtaşlarında petrografik kesitlerde izlenen taneler arası ve özellikle kırık çatlak porozitesi hazne kaya gözenekliliğini artırırken, XRD ve SEM analizlerinde izlenen

illit, kaolinit, klorit, karışık tabakalı illit-simektit ve simektit (montmorillonit) türü otijenik kil mineralleri, rezervuar karakterini olumsuz olarak etkilemişlerdir. Kil mineralleri hazne (rezervuar) kayanın gözenekliliğini ve permeabilitesini azaltmıştır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar Petrol ve Maden İşleri Genel Müdürlüğüne, TPAO'ya çalışma izni verdiği için ve Ankara Üniversitesi Bilimsel Proje Müdürlüğüne proje desteği nedeniyle teşekkür etmektedir. Analizlerin büyük bir kısmı yazarlar tarafından finanse edilmiştir. Son olarak, yazarlar makalenin son haline gelmesi için yapıcı eleştirilerde bulunan dergi hakemlerine ve editörlerine teşekkür etmektedir.

KAYNAKLAR

- Acra, E.J., Ogbonna-Orji, O.C., Adiola, U.P., 2017. Evaluation of hydrocarbon viability and production in Niger delta basin, Nigeria. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(4), 290-298.
- Albayrak, M. 1989. Büyük (Boyabat-Sinop) Civarının Petrol Olanakları. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s, Ankara
- Aydın, M., Serdar, H. S., Şahintürk, Ö., Yazman, M., Çokuğraş, R., Demir, O., Özçelik, Y., 1987. Çamdağ (Sakarya - Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi.TJK Bült., 30, 1-14.
- Busch, D. A., 1959. Prospecting for stratigraphic traps. *Amer. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, 43, 2829-2843.
- Büyüktku, A. G., Sarı, A., Karaçam, A., 2005. The reservoir potential of the Eocene carbonates, in the Bolu Basin, west of Turkey. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 49, 79-91.
- Büyüktku, A., Geçer, A., 2020. Trakya havzası kuzeybatısında Hamitabat

- formasyonu denizaltı yelpaze kumtaşlarının rezervuar potansiyeli. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1), 174-189.
- Büyükutku, A., 2020. Ereğli Amasra civarında açılan iki kuyuda geçilen Çağlayan formasyonu kumtaşlarının diyajenezi ve rezervuar özellikleri, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. 1-36.
- Curry, W. H., J., Curry, W. H., 1954. South Glenrock, a Wyoming stratigraphic oilfield. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 38, 2119-2156.
- Derman, A. S., 2002. Karadeniz açılma istifleri. TPJD Bülteni, 14(1), 37-66.
- Dean, W. T., Martin, F., Monod, O., Demir, O., Rickards, R. B., Bultynck, P, Bozdoğan, N., 1997. Lower Paleozoic stratigraphy, Karadere-Zirze area, Central Pontides, Northern Turkey. In: Göncüoğlu, M. C. ve Derman, A. S. (eds.), Early Paleozoic in NW Gondwana. Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication, 3, 32-38.
- Donselaar, M. E., Schmidt, J. M., 2005. Integration of outcrop and borehole image logs for high-resolution facies interpretation: example from a fluvial fan in the Ebro Basin, Spain. Sedimentology, 52, 1021–1042.
- Fisher, W.L. ve McGowen, J.H., 1969. Depositional systems in the Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas. Bulletin American Association of Petroleum Geologists, 53, 30–54.
- Folk, R.L., Andrews, P.B. ve Lewis, D.W., 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use New Zealand. New Zealand Journal of Geol Geops., 13(4), 1-34.
- Geçer, A., Büyükutku, A. ve Gültekin, F., 2019. Reservoir descriptions of the Kömürlü and Penek Formations near Erzurum, East Anatolia, Turkey. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 9,1677-1693.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984. Sinop Havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. Jeoloji Mühendisliği, 19, 53-80.
- Goddard, D. A. ve Echols, J. B., 1993. Miller reservoir: depositional facies, trapping styles, and reserve estimates-Middle Wilcox, east central Louisiana. Basin Research Institute Bulletin, 3 (1), 3-31.
- Görür, N., Tüysüz, O., Aykol, A., Sarkınç, M., Yiğitbaş, E. ve Akkök, R., 1993. Cretaceous red pelagic carbonates of northern Turkey: Their place in the opening history of the Black Sea. Eclogia Geol. Helv., 86(3), 819-838.
- Hopkins, M. E., 1958. Geology and petrology of the Anvil Rock Sandstone of southern Illinois. Illinois Geol. Survey Circ., 256, 1-49.
- Ketin, İ. ve Gümüş, O., 1962, Sinop, Ayancık ve güneyinde, III. bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkında rapor I, II, TPAO, Rap. No. 213 ve 218, Ankara (yayımlanmamış).
- Ketin, İ. ve Gümüş, A., 1963. Sinop-Ayancık güneyinde üçüncü bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkında rapor (2. Kısım: Jura ve Kretase formasyonlarının etüdü). TPAO, Rap. No. 288, (yayımlanmamış).
- Kleinhans, M.G., 2005. Autogenic cyclicity of foreset sorting in experimental Gilbert-type deltas. Sed. Geol., 18, 215–224.
- Korkmaz, S. 1984. Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden ve jeokimyasal incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi,194s, Trabzon.

- Levorsen, A. I. 1967. *Geologie of Petroleum*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, second ed., 1- 499.
- Longhitano, S., 2008. Sedimentary facies and sequence stratigraphy of coarse-grained Gilbert-type deltas within the Pliocene thrust-top Potenza Basin (Southern Apennines, Italy). *Sed. Geol.*, 210, 87–110.
- May, J. A. ve Stonecipher, S. A., 1990. Depositional environments of the Wilcox Group, Texas Gulf Coast stratigraphic and early diagenetic signatures. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 40, 551-574.
- Morrill, D.C., 1988. Subsurface facies analysis and sequence stratigraphy. *Int. Human Resou. Dev. Corp.*, Boston, 43-45.
- Okay, A. I., 1989. Tectonic units and sutures in the Pontides, northern Turkey. In: *Tectonic evolution of the Tethyan region* (ed. A.M.C. Şengör), Nato Advanced Science Institute (ASI) Series, C 259, Kluwer Academic Publications, Dordrecht, 109-116.
- Patil, M.B., 2014. Dip-meter surveys in Petroleum Exploration. B.S. Publication Pvt. Ltd., Hyderabad, 1-130.
- Patil, M. B. ve Abhay, M. V., 2017, Application of Dipmeter Surveys in Petroleum Exploration. *Journal of Geosciences Research*, Special Volume, 1, 211-215.
- Prior, D.B., Wiseman, Wm.J., Jr. ve Bryant, W.R., 1981. Submarine chutes on the slopes of fjord deltas. *Nature*, 290, 326–328.
- Schlumberger, 1986. Log interpretation charts. Schlumberger Educational Services, Houston, 1–131.
- Schlumberger, 1989, Log Interpretation Principles/Applications, Schlumberger Educational Services, Houston, Texas.
- Schlumberger, 1996. Log interpretation charts. Schlumberger Well Services, Houston, 2–34.
- Selley, R. C., 1975. Subsurface diagnosis of deltaic deposits with reference to the northern North Sea. *Proceedings of the Jurassic Northern North Sea Conference*. Finstad, K. & Selley, R. C. (eds). Norwegian Petroleum Society, Oslo.
- Serra, O. ve Serra, L., 2003. Well Logging and Geology. Bharat Book Bureau, Mumbai, 345-348.
- Soegaard, K., 1991. Architectural elements of fan-delta complex in Pennsylvanian Sandia Formation, Taos Trough, northern New Mexico, in Miall, A.D., ed., *The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery*. Concepts in Sedimentology and Paleontology. Society for Sedimentary Geology, Tulsa, Okla., 217-223.
- Sonel, N., Albayrak, M. ve Sarı, A., 1992. Bürnük (Boyabat-Sinop) civarının petrol olanaklar., *Doğa Yerbilimleri Dergisi*, 1, 17-35.
- Sun, Z., Zhang, J., Wang, R., Wang, G., 2017. Fan Delta Sedimentation in Eocene of Nanpu Depression, Northeastern China. *Int J Petrochem Sci Eng.*, 2 (5), 139-147.
- Sunal, G., 1998. Cide Kuruçayı ile dolayının jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111s, İstanbul.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A. M. C. ve Sungurlu, O., 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: Nature and evolution of the western termination of Paleotethys. In:

- Dixon, J. E.ve Robertson A. H. F. (eds),
The Geological Evolution of the Eastern
Mediterranean. Geological Society of
London Special publication, London, 17,
17-112.
- Timur, A., 1968. An investigation of
permeability, porosity, and residual water
saturation relationships for sandstones
reservoirs. Log Anal., 9, 3-5
- Tüysüz, O., Yiğitbaş, E. ve Serdar, H. S., 1989.
Orta Pontidlerin güney kesiminin jeolojisi.
Report of TPAO, 1- 291
- Tüysüz, O., 1990. Tectonic evolution of a part
of the Tethyside orogenic collage: The
Kargı masif, Northern Turkey. Tectonics, 9,
141-160.
- Tüysüz, O., 2011. Timing and mechanism of
the opening of the Western Black Sea
Basin. AAPG Conference, Kiev.
- Vandré, C., Cramer, B., Winsemann, J., 2007.
Natural gas formation in the western Nile
delta (Eastern Mediterranean):
Thermogenic versus microbial. Organic
Geochemistry, 38(4),523-539.
- Yiğitbaş, E. ve Elmas, A., 1997. Bolu-
Eskipazar-Devrek-Çaycuma dolayının
jeolojisi. TPAO Raporu.