

## Hidrokarbon arama ve üretimindeki rezervuar jeolojisi ve mühendisliği çalışmaları

Ali Coşkun NAMOĞLU<sup>1</sup>

### ÖZ

Hidrokarbon arama, araştırma, geliştirme ve üretim teknolojilerinin özünü teşkil eden Rezervuar Jeolojisi ve Rezervuar Mühendisliği disiplinleri günümüzde bilimsel ve teknolojik yeniliklere bağlı olarak hızla gelişmektedir. Özellikle bu çalışmalarda sorunların çeşitliliğinin artması nedeniyle, dünyanın birçok petrol şirketlerinin de uyguladığı gibi, arama, geliştirme ve üretim sorunlarının irdelenmesi ve çözümlenmeleri için ilgili disiplinlerle birlikte petrol-doğal gaz rezervuar takım çalışması halinde değerlendirme çalışmaları sürdürülmektedir. Hidrokarbon arama ve saha geliştirme çalışmalarında günümüz bilimsel ve teknolojik metotların uygulanmasını sağlayan rezervuarla ilgilenen Jeoloji ve Jeofizik mühendisleriyle beraber üretim çalışmalarını yürüten petrol ve doğal gaz Rezervuar mühendisleri bu takım çalışmasının ayrılmaz üyeleridir. Böylece, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin ışığında bu iki disiplin birlikte hidrokarbon rezervuarlarının jeolojisi ve mühendisliği konularını ayrıntılı olarak belirler, problemleri saptar ve çeşitli çözümleri sunarak petrol-doğal gaz arama şansını ve üretimini artırmaktadırlar (Namoğlu, 2017).

### Giriş

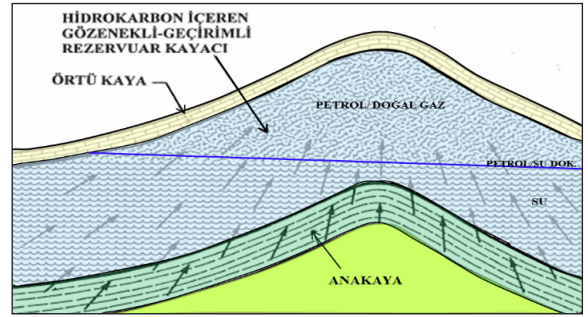
Petrol ve doğal gaz arama ve üretim teknolojisinin temel konularından biri olan Rezervuar Jeolojisi; hidrokarbon taşıyan rezervuarların oluşumlarını, jeolojik zaman içerisinde geçirmiş oldukları birçok fiziksel ve kimyasal olayları ve bu olayların rezervuarlarının üzerindeki etkilerini, rezervuar sistemi içerisindeki kayaç-akışkan ilişki ve özelliklerini irdelleyen ve hidrokarbon olanaklarının hacimsel ve ekonomik analizlerini yaparak, hidrokarbon üretimi aşamasında Rezervuar Mühendisliği metotlarına temel oluşturan bilim dalıdır.

Rezervuar Jeolojisinin hidrokarbon arama ve üretim çalışmalarına yapabileceği katkılar iki ana başlıkta toplanabilir. Bunlar:

- 1) Rezervuar koşullarının ortaya konması,
- 2) Rezervuar hidrodinamiğinin saptanmasıdır.

### Rezervuar koşullarını belirleyen ana unsurlar

Rezervuar orijinal basıncı ve statik sıcaklığıdır. Rezervuar hidrodinamiğinin özü ise, başta rezervuar koşulları ile petrol ve su yükselişlerinden hareket ederek, hidrokarbonların göç ve kapanmasına yapılacak yaklaşımlardan, rezervuarın ve içeriğinin hidrostatik ve hidrodinamik ortamlarındaki davranışlarının incelenmesinden ve de rezervuar içerisindeki akışkanların fiziko-kimyasal özelliklerinin hareket içerisindeki nicelik ve nitelik değişimlerinin araştırılmasından oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil-1 Petrol ve doğal gazın bir rezervuarda kapanması.

Rezervuar jeolojisi ve çeşitli kuyu verilerinin ışığında, kuyu rezervuar sistemi içerisindeki birçok fiziko-kimyasal olayların irdelenip, rezervuar ve içeriğinin özellikleri ile beraber rezervuarın hidrokarbon potansiyelini belirlemek için çeşitli mühendislik metotları ve üretim teknolojisini kullanarak, modelleme sonucu rezervuar üretim performansını ekonomik boyutları ile ortaya koyan ve maksimum ölçüde üretim sağlanması için devamlı yeni metotlar geliştiren bilim dalına da Rezervuar Mühendisliği denir. Bu mühendislik dalı, özellikle yeraltındaki bir rezervuar içinde veya bu rezervuara giren çıkan akışkanların hareketi ile ilgilidir. Petrol endüstrisinde çok önemli yeri olan rezervuar mühendisliği, petrol mühendisliğinin de özünü oluşturur. Rezervuar yer bilimcileriyle daima beraber bir çalışma ekibi oluşturan rezervuar mühendisinin başlıca görevi, büyük miktarlarda rezervuar akışkanlarının üretilmesi ve bu akışkanların en uygun debilerde üretilip, ekonomiye katkı sağlanmasıdır.

Birbirlerini tamamlayan bu iki disiplinin çalışma esasları, aynı amaca hizmet ettiklerinden dolayı bir arada düşünülerek aşağıda sıralanmıştır:

<sup>1</sup> Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü, Ankara

1. Her bir rezervuar kendine özgü bir özellik gösterir ve bu nedenle farklı bir analiz gerektirir.

2. Çoğu rezervuarlarda doğal olarak petrol, gaz ve su bulunmaktadır.

3. Petrol ve gaz rezervuarları genellikle kayaç özellikleri, akışkan özellikleri ve petrol veya gazın yerini değiştirecek enerji yönünden heterojendir.

4. Yeraltında doğal koşullarda bulunan rezervuar kayaçların ve akışkanların fiziksel durumları yerüstüne çıkarıldıklarında değişmektedir.

5. İçinde bulunduğu rezervuar kayaçtan, yer değiştirme enerjisi olmadan hidrokarbon üretilemez (su itimi veya gaz genişmesi gibi).

6. Kuyu sistemi rezervuarın bir parçasıdır. Rezervuar ve kuyu kontrolleri, operasyonlar sırasında bir arada düşünülmelidir.

7. Dışarıdan bir rezervuara, bu rezervuardan dışarıya ve rezervuar içindeki akışkan hareketi veya transferi sonucunda, kuyu operasyonları sırasında rezervuar kontrolü oluşur.

4. Doğal kayaç-akışkan sistemlerinde kuyular arası uzaklık ve akışkan enjeksiyonu gibi operasyonel değişimlerle beraber olan davranışı.

5. Rezervuar operasyonlarından elde edilen gözlemsel veriler ve bu verilere göre rezervuar performansının kriterleri.

6. Tek kuyu ve çok kuyu sistemlerinin davranışı.

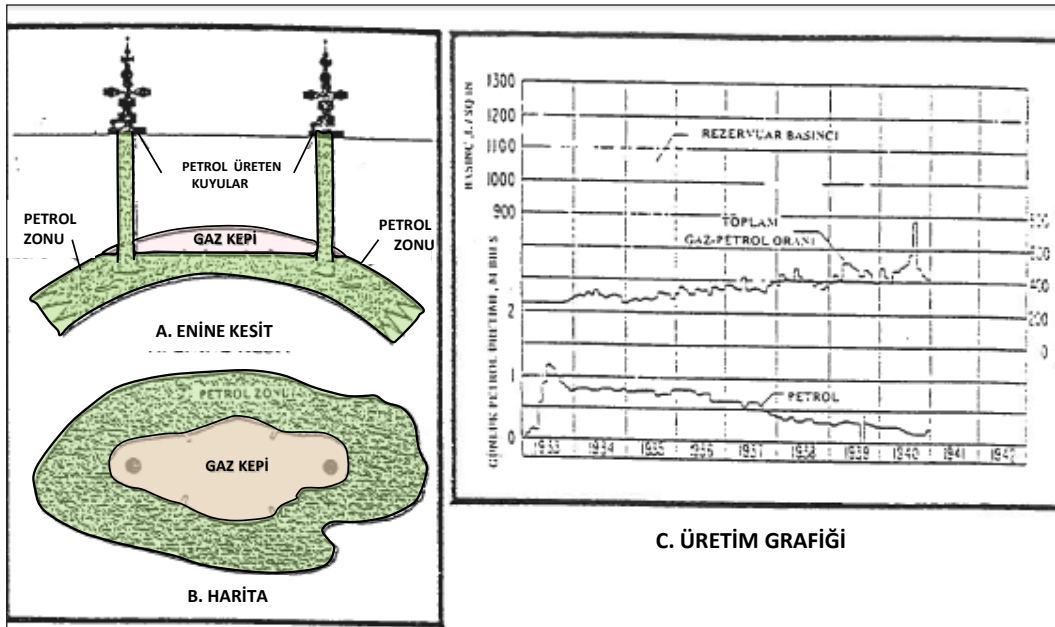
Jeoloji, jeofizik, jeokimya, sondaj ve üretim verilerinin tümü değerlendirilip, petrol-gaz arama geliştirme ve üretim evrelerinde kullanılacak rezervuar bilgilerini rezervuar jeolojisi ve mühendisliği metotları ve modellerinde kullanarak, ekonomik boyutlarda rezervuardan kısa sürede üretim yapma işlemi "Rezervuar Değerlendirme Çalışması" dır.

Öncelikle petrol ve doğal gaz keşfedilmiş bir arama sahasını geliştirmek, mevcut petrol-gaz sahalarının ve civar alanların güncel yapı ve rezervuar modellerinin hazırlanması ve rezervuar jeolojisi ve mühendisliği yardımıyla saha ve bölge bazında rezervuar boyutlarını ayrıntılı olarak ortaya koymak ve böylelikle açılacak yeni arama ve üretim kuyuları ile yeni rezervuar zonlarının ve yapı uzanımlarının belirlenerek, petrol ve gaz rezervlerini ve üretimini arttırmak ve sahalarda kalıntı petrolle ilgili rezervuar değerlendirmesi yaparak, rezervuar yapı modellerini ortaya koymak ve böylelikle ikincil ve üçüncül üretim işlemlerine uygun alt yapıyı hazırlamak, bu çalışmanın başlıca amaçlarıdır (Şekil 2).

Başta jeolojik veriler olmak üzere tüm jeofizik ve rezervuar mühendisliği verileri üzerinde çalışılan

### Rezervuar jeolojisi ve mühendisliğinde kullanılan başlıca veriler:

1. Rezervuarların özellikleri (gözenekli kayaç sistemleri).
2. Doğal rezervuar akışkanlarının (gazlar, sıvılar ve gaz-sıvı sistemleri) özellikleri.
3. Kayaç-akışkan sistem davranışı temel konuları (akışkan akışı, kapiler davranış veya akışkan yer değiştirmesi gibi olaylar).



Şekil 2- Petrol-doğal gaz üretimi yapılan bir rezervuarın harita-kesiti ve üretim grafiği (Schlumberger, 1980).

rezervuar değerlendirme projelerinde, saha, kuyu ve laboratuvar analizlerinin sonucunda ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilir. Bu çalışmalarda, jeolojik ve jeofizik (sismik) verilerin ışığında rezervuarın kapan alanı, geometrisi ve petrofizik özellikleri ile hidrokarbon potansiyeli ortaya konarak, kuyu log ve testleri ve üretim metodlarıyla beraber değerlendirilip, en ekonomik bir şekilde sahanın geliştirilmesi için gerekli olan işlemler yapılır. Örneğin bir sahanın yapısal boyutlarından rezervuar-fasiyes dağılımından, petro-fiziksel özelliklerine kadar birçok parametrelere göre de hidrokarbon miktarı hesaplanarak, ekonomik analizi yapılır. Rezervuar değerlendirme çalışmasında aşağıda verilen rezervuar parametreleri hesaplanarak, saha bazındaki dağılımlarını göstermek için çeşitli rezervuar değerlendirme haritaları, kuyu korelasyonları, jeoloji enine kesitleri ve rezervuar parametrelerini karşılaştırma diyagramları yapılmaktadır.

1. Rezervuar toplam kalınlığı, pay zonu ve net pay zonu kalınlıkları.
  2. Pay zon aralıkları ve giriş kotları
  3. Pay zon ortalama porozitesi ve efektif porozitesi
  4. Pay zon ortalama permeabilitesi ve göreceli permeabilitesi
  5. Pay zon ortalama killilik oranı
  6. Pay zon ortalama petrol ve su doygunlukları
  7. Petrol zon ortalama statik formasyon sıcaklığı ve sıcaklık gradyanı
  8. Petrol zon ortalama orijinal basıncı ve kapiler basıncı
  9. Pay zon ortalama formasyon suyu tuzluluğu ve petrol kolonu tuzluluğu
  10. Rezervuar fasiyes özellikleri ve hidrokarbon emareleri
  11. Pay zonu gözenek hacmi
  12. Petrol/su ve gaz/su dokanakları
  13. Petrol API gravitesi ve gaz özgül gravitesi
  14. Petrol ve gaz viskozitesi
  15. Petrol ve gazın formasyon hacim faktörü
  16. Petrol, gaz, su ve kayaç sıkışabilirliği
  17. Üretimdeki su/gaz, petrol/su ve kondensat/gaz oranları
  18. Petrol ve su yükselim verileri
  19. Sahalardaki kuyu sağım yarıçapları ve kuyular arası mesafeler
  20. Kuyuların üretkenlik indeksleri
  21. Sahalardaki kuyu üretim verileri (gaz, petrol ve su debileri)
- Tüm bu veriler belirlenerek, aşağıda sıralanan çeşitli rezervuar değerlendirme harita, kesit, korelasyon ve diyagramlar hazırlanmaktadır:
1. Rezervuar yapı-kontur haritası (jeolojik ve sismik verilerden yararlanılır)
  2. Rezervuar litofasiyesi-çökel ortamı dağılım haritası
  3. Rezervuar toplam kalınlık, pay zonu ve net pay zonu kalınlık haritaları
  4. Rezervuar ( net pay kalınlık x efektif porozite) potansiyel dağılımı haritası
  5. Pay zonu ortalama porozite ve efektif porozite dağılım haritası
  6. Pay zonu ortalama permeabilite ve göreceli permeabilite dağılımı haritası
  7. Pay zonu ortalama killilik oranları dağılım haritası
  8. Pay zonu ortalama petrol ve su doygunluk dağılımı haritası
  9. Pay zonu statik formasyon sıcaklığı ve sıcaklık gradyanı dağılımı haritaları
  10. Pay zonu orijinal basıncı ve kılcal basınç dağılımı haritaları
  11. Petrol API gravitesi ve gazın özgül yoğunluk dağılımı haritaları
  12. Rezervuar petrol ve su yükselim haritaları
  13. Üretimdeki kuyuların petrol/su ve gaz/su oranları dağılımı haritaları
  14. Kuyuların üretkenlik indeksleri dağılımı haritası
  15. Sahadaki kuyuların sağım yarıçapı alanlarının dağılımı haritası
  16. Sahadaki kuyuların üretim debilerinin dağılımı haritası
  17. Sahadaki yapısal-stratigrafik kuyu korelasyonları ve jeoloji enine kesitleri
  18. Pay zonu porozite-permeabilite ilişki diyagramı
  19. Pay zonu porozite-killilik ilişki diyagramı
  20. Pay zonu porozite-derinlik ilişki diyagramı
  21. Pay zonu permeabilite-derinlik ilişki diyagramı
  22. Pay zonu basınç-derinlik ilişki diyagramı
  23. Pay zonu basınç-zaman ilişki diyagramı
  24. Pay zonu kapiler basınç-su doygunluğu ilişki diyagramı

25. Pay zonu porozite-formasyon rezistivite faktörü ilişkisi diyagramı
26. Pay zonu göreceli permeabilite oranları-akışkan doygunluk ilişkisi diyagramı
27. Pay zonu petrol/gaz gravitesi derinlik ilişkisi diyagramı
28. Pay zonu petrol/gaz viskozitesi-orijinal basıncı ilişkisi diyagramı
29. Pay zonu orijinal basınç-petrol/gaz formasyon hacim faktörü ilişkisi diyagramı
30. Pay zonu orijinal basınç-üretim debisi ilişkisi diyagramı
31. Sahada kuyuların üretim debileri-zaman ilişkisi diyagramı
32. Sahada kuyuların üretim GOR oranları-kümülatif petrol/gaz ilişkisi diyagramı
33. Rezervuar basınç alanları dağılımı diyagramı
34. Sahadaki rezervuarların hidrokarbon-olgunluk diyagramı
35. Rezervuar orijinal basıncı-sıcaklık ilişkisi diyagramı
36. Rezervuar çatlak yönelimleri, yoğunluk ve dağılımları histogramları ve diyagramları
37. Ayrıca sahanın sismik zaman verisinden (2B—3B) elde edilen sismik attribute'lerin (genlik anomalisi, akustik empedans, yansıma kuvveti, frekans, azimuth, polarite, ters ters çözünürlük, değişkenlik dağılımı gibi sismik değerler) haritaları yapılarak potansiyelli rezervuar zonları saptanmaya çalışılmaktadır.
38. Akustik empedans ile porozite ilişkisi diyagramı ve porozite dağılımı haritası yapılmaktadır ( Dr. Coşkun Namoğlu, 2017, Petrol ve Doğal Gaz Rezervuar Jeolojisi ve Mühendisliği, Poyraz Ofset-Ankara).

### Değerlenen Belgeler

- Namoğlu, A. C. 2017. Petrol ve Doğal Gaz Rezervuar Jeolojisi ve Mühendisliği, Poyraz Ofset-Ankara, 620 s.
- Schlumberger Educational Services, 1980. Reservoir and Production Fundamentals, 195s.