

9.hafta

## 5. PETROL VE GAZ GÖÇÜ

### 1.Giriş

Göç teorileri yıllardır oldukça fazla sayıdadırlar, bunların herbiri bir süre için gündeme gelmekte ve daha sonrada gündemden düşmekte ve önemini kaybetmektedir. Göç prosesindeki ilginçliğe ve ekonomik öneminin anlaşılmasına rağmen, biz yalnızca gerçekte göçün nasıl oluştuğunu kavramaya başlıyoruz.

Göçün anlaşılmasının bir nedeni göç olayının mekanik yönünün çok fazla basitleştirilmesinden ibarettir. Yıllardır, jeokimyacılar ve petrol jeologları bütün petrol ve gaz göçünü açıklayabilecek basit bir göç mekanizması araştırmaktadırlar. Sayısız birçok teori, örneğin micellen, sürekli faz, damlacıklar, solüsyon, kil diyajenezi, karbonat diyajenezi ve diğerleri önerilmektedir, fakat bunların hepsi bazı yönleriyle yetersizdir. Bunları ve diğer mümkün olan mekanizmaları geliştirerek, göç olayı ilk önce basit olarak tanımlanmalıdır, Önerilen değişik mekanizmalar göç yeteneğini etkileyebilen faktörlerin temelinde tartışılabilir. Sonuç olarak, akılda tutulması gereken, bazı farklı göç mekanizmalarının farklı jeolojik koşullar altında işleyebildiğidir.

Birincil göç ince taneli kaynak kayadan bitümün daha geçirgen ortama hareketidir. İkincil göç bitümün yada petrolün geçirgen kanallardan rezervuar içerisine hareketidir. Birikme ise göçün rezervuarda son bulması olayıdır.

Birincil göç üzerinde kesin sınırlar bulunmamaktadır. Uygun kaynak kaya rezervuar ilişkisinin bulunduğu durumlarda bu çok sınırlı bir proses olmalıdır. Böyle durumlara ait örnekler kırıklı şeyl rezervuarlarıdır ve tıpkı Kaliforniya'daki Miyosen yaşlı Monterey formasyonu gibi kaynak kayalar aynı zamanda rezervuar özelliğindedir, şeyller ve ince tabakalı parmaksı kumtaşları benzerleri çoğunlukla deltaik istiflerde bulunur. Diğer durumlarda, özellikle sadece masif formasyondan oluşan ince taneli kayaç formasyonun merkezinde oluşan bitüm uzun bir birincil göç yoluna sahip olacaktır.

Genelde ikincil göç kesinlikle çok uzun mesafelerde meydana gelirken birincil göç birkaç on metre yada belki de birkaç yüz metre ile sınırlıdır. Kanada'daki katranlı kumlar, Doğu Venezüella ağır petroleri ve Orta Doğu'daki bazı büyük petrol sahaları çok büyük alanlarda birkaç yüz metreye varan yanal göçe ihtiyaç duyarlar. Bunlar istisna durumlarıdır, çünkü bunlar dünyadaki çok büyük birikimlerden bazılarını temsil ederler, fakat bunlar da migrasyon kanalının yanal sürekliliğinin gerekliliğini gösterirler, ikincil göç kapana ulaşana kadar yada organik materyalin oksidasyonla bozuşmasına kadar sürecektir. Claypool ve diğ. (1978)'e göre, şayet merkezi Wyoming'teki Phospharia Formasyonundan oluşan Paleozoyik yaşlı petroler var ise bunların göçe ihtiyaç duyduğunu belirtmektedirler. Göç mesafesi tahmini göç yeteneğine bağlı olarak 60 ila 250 mil kadardır.

Çok tipik durumlarda yanal göçün mesafesi tahminen birkaç mildir. Los Angeles Baseninde, örneğin ana depo merkezi en büyük sahalardan 10-20 millik mesafede bulunmaktadır. Rezervuarların petrol oluşum yerine yakınlığı uzun mesafe göçü engeller.

Hemen hemen bütün yanal göçler düşey bileşene sahip olacaktır, çünkü yeraltı akışkanları daha düşük potansiyel bölgelerine doğru hareket eder. Bu genellikle yukarıya doğru anlamındadır, çünkü göç kanallarının kendileri yukarıya doğru göçe müsaade ederler. Şayet kanal gözenekli bir tabaka ise, bu normalde basenin merkezinden onun kanadına doğru ilerlediği gibi yüzeye yaklaşacaktır. Göç genelde tabakalanmaya paralel olacaktır, yalnız bu durum tabakayı kesen ve petrolün göçmesine imkan sağlayan aktif bir fay varsa geçerli değildir. Düşey göçün uzanabileceği limit jeolojinin bazı dallarıyla belirlenebilir. Şayet göç süresince hiç bir aktif fay bulunmuyorsa o zaman tabakalanma eğimi düşey göçün oranını belirleyebilir. Şayet aktif fay mevcut ise, o zaman, düşey göç çok daha zor bulunur.

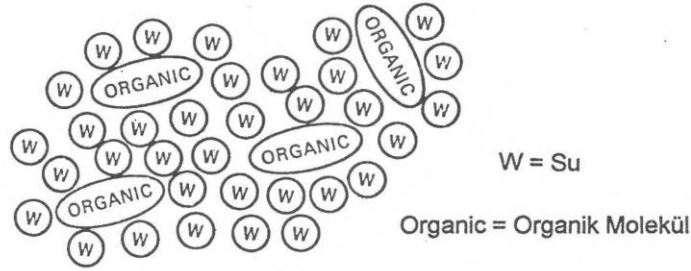
Birincil ve ikincil göç arasındaki farklılığın sebebi akışkan dinamiğidir. Akışkan dinamiği mineral yüzeyleri arasındaki akışların birbirlerini farklı derecede etkilemesi sebebiyle iki durumda farklı olmaktadır. İnce taneli kayaçlarda birincil göç akışkan-mineral etkileşmesinin maksimum olması nedeniyle oldukça fazladır. Halbuki kaba taneli kayaçlarda

ve fay yüzeylerinde mineral-akışkan etkileşmesi en az olduğu için ikincil göç meydana gelmektedir.

## 2. Birincil Göç Mekanizması

### 2.1. Su Vasıtasıyla

Organik moleküllerin sulu-ıslak kayalar içinden göç edebilmesini sağlayan üç farklı mekanizma önerilmektedir. Her birinin ayırtman özellikleri gözenekler içindeki akışkanda bulunan organik moleküllerin boyutlarıdır. Bu üç mekanizma gerçek solüsyon, misellen yada koloidal göç ve damlacıkların göçü olarak adlandırılır. Bu organik birimlerin her birinin tahminin boyutları Tablo 5.1. de verilmektedir. Sulu-ıslak sistemde hidrofobik organik birimlerden her birinin davranışı farklıdır.



Şekil 5.1 Sudaki organik moleküllerin gerçek çözeltisi.

Gerçek solüsyon organik moleküllerin birbirlerinden ayrıldıkları zaman ve şekil 5.1. de görüldüğü gibi su molekülleri tarafından bağımsız olarak çözüldüğünde oluşur. Gerçek solüsyondaki göç 1970'li yıllarda oldukça değer kaybetmiştir, çünkü Mc Auliffe (1966) 25°C sıcaklıkta petrol hidrokarbonlarının ve özellikle ağır hidrokarbonların suda çözünürlüğünün bugün rezervuarlarda bulunan petrolün çok büyük miktarlarının taşınması için hesaplanamayacak derecede küçük olduğunu göstermiştir. 1973 yılında, bununla birlikte, Price hidrokarbon çözünürlüğünün sıcaklığın artmasıyla birlikte arttığını göstermiştir.

Tablo 5.1 Sulu bir ortamdaki göç süresince organik bileşiklerin yaklaşık büyüklüklerinin dağılımı.

Göçün tipi	Birim çap aralığı (Å°)
gerçek çözelti	4-10
misellen (kolloidler)	10-10.000
damlacıklar	>10.000

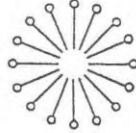
Hidrokarbonların çözünürlüğü 100°C de, 25°C de olduğundan birkaç kez daha fazladır. Bundan başka, Ağır hidrokarbonlar sıcaklık artışıyla artan çok fazla nispi çözünürlük gösterir.

Price (1973) rezervuarlardaki hidrokarbonların bütün bilinen birikimlerinin temini için gerekli olan suyun hacmini hesapladıktan sonra gerçek solüsyonun rolü hakkındaki görüşlerini değiştirdi. Price 1976 yılında yaptığı çalışmasında ise 100°C sıcaklığın bitümün gerekli miktarının çözülmesi için yeterli olmadığı sonucuna varmıştır. Bu nedenle göç 200°C ılıkta meydana gelmelidir. Bu Price'nin kendi teorisi olan petrol kökeninin "Sıcak ve derin" olması fikrini belli bir seviyeye getirmesine yardımcı oldu, fakat pek çok petrol jeokimyacısı bu fikri kabul etmemektedir.

Burada bir takım problemler bulunmaktadır, Örneğin gerçek solüsyon yanında hacimsel oranında göz önünde tutulması gerekmektedir. Petroldeki hidrokarbonların dağılımları oldukça farklıdır bu nedenle suda çözülebilirliğinin temelinde hangisi tek başına etkilidir. Benzen ve toluen gibi hafif hidrokarbonlar suda doymuş hidrokarbonlardan daha fazla çözülebilir, çünkü bu bileşikler petrolde bitüme nazaran azalmaktadır. Benzer şekilde, pek çok heterobileşik suda hidrokarbonlardan çok daha fazla çözülebilir, fakat bunlar genellikle petrolün çok küçük bir bölümünü oluşturur.

Doymuş hidrokarbonlar, diğer taraftan, göç süresince önemli oranda zenginleşmeye uğrarlar, yine de bu bileşikler petrolün en az suda çözülebilen bileşenleri arasındadır. Petrolün bileşimi bu nedenle yaygın bileşenlerin sudaki çözünürlükleriyle tahminen ters ilişkili görülmektedir. Bu durum birikme prosesinin anlaşılmasıyla önemli olabilir, fakat bu durum hiç bir şekilde gerçek solüsyonu migrasyon mekanizması olarak desteklemez. Sonuç olarak gerçek solüsyon çok fazla çözülebilen hidrokarbonlar için önemli bir mekanizma olabilir, fakat bu ağır bileşenler için asıl katkıda bulunan değildir. Bu küçük agregatların hidrofobik bileşenleri, yada misellenlerin sulu ortamda uygun olmayan hidrofobik etkileşimlerini minimuma indirmek için önerilmektedir. Yağ asitleri bunu özellikle çok kolay yaparlar, çünkü bir uçtaki hidrofilik (karboksil grubu) ve diğer taraftaki hidrofobiktir (alkali zincir). Böyle bir misel Şekil 5.2 de görülmektedir. Hidrofilik uçlar sulu ortamla temasta iken hidrofobik kısımlar misel içine uzanır ve yalnızca birbirlerini etkilerler, Karışık miseller hidrokarbonları koruyan karboksil asitler ve fenoller gibi yüzey gerilmesini azaltan moleküllerin karışımında bulunur. Bu miseller koloidal partiküllerin büyüklüğüne bağlıdır.

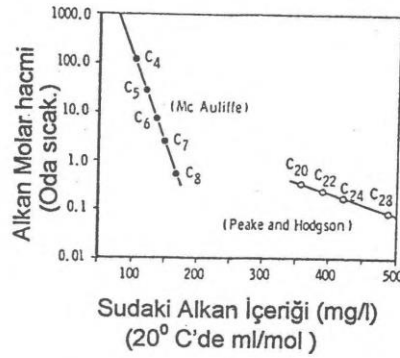
Baker (1959) ve Cordell (1972, 1973) misellenleri içeren göç mekanizmasını önermişlerdir. Teori ilgi çekici pek çok özelliklere sahiptir, çünkü petroler karboksil asitler gibi (yüzey gerilmesini azaltan) önemli miktarlarda surfactant içermektedir (Seifert ve Howells, 1969). Bundan başka, miseller suda taşınan hidrokarbonların miktarını önemli oranda artırabilirler.



Şekil 5.2 Yağ asidi moleküllerinin misel bileşiği. Halkalar temsili karboksil guruplarıyla son bulur (hidrofilik); çizgiler ise alkil guruplarıdır (hidrofobik).

Nihayet n-alkanlar için suda çözülebilirlik datası, 10 karbon atomludan daha fazla karbona sahip n-alkanların gerçek solüsyonda çözülenenden daha fazla misel oluşturduğunu göstermektedir. Şekil 5.3 de  $C_{20}^+$  n-alkanların  $C_1 - C_8$  alkanlardan daha fazla çözülebilir olduğu görülmekte ve böylece misel teorisini desteklemektedir. İlginç bir şekilde ham petrol içindeki n-alkanların dağılımının (Şekil 5.4) Şekil 5.3. de görülen çözülebilirlik eğrisine oldukça benzemektedir olduğu görülür.

Yukarıdaki ispatın temelinde misellerin petrolün göçünde önemli olabileceği mantıklı görülmektedir. Misel teorisi misel büyüklüklerinin birincil göç süresince bulunan gözenek çaplarıyla karşılaştırıldığında 60 A° olduğunu ve hidrokarbon moleküllerini içlerinde taşıyabilecek büyüklüklere sahip olduğunu belirtmiştir. Nötr miseller belki de 5000 A° den daha büyük olabilir. Çünkü gözenek çapları 2000 m derinlikteki şeylerde 50 A° civarına kadar düşmektedir (Petrol oluşumu için makul derinlik), iyonik misellerle birincil göç daha fazla derinliklerde mümkün değildir. Nötr miseller başka hiçbir jeolojik koşul altında gerçekleşemez.



Şekil 5.3 N-alkanların su içerisinde çözünürlükleri. Ağır üyelerin yüksek oranlardaki çözünürlükleri beklenmeyen derece misel oluşumuna katkıda bulunur (Peake ve Hodgson, 1966).

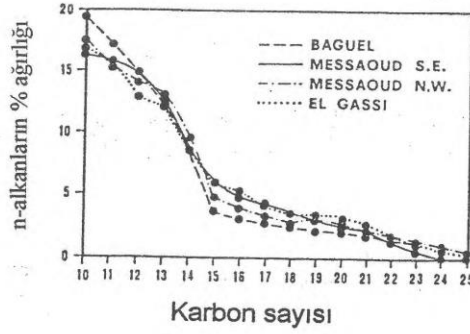
Miseller teoriyle göçle ilgili iki problem daha vardır. Birincisinde, negatif-yüklü kil yüzeyi ile pozitif-yüklü iyonik yüzey arasındaki elektrostatik itme misel'lerin dar gözeneklerden geçişini engeller.

İkincisi polar bileşenlerin çok fazla miktarı iyonik misel içerisinde hidrokarbonların belirli miktarının taşınmasını gerektirir. Fakat böyle polar bileşiklerin petrol rezervuarlarında bulunmaması birincil göçün misellen teorisini oldukça zayıflatır.

Damlacıklı yada kürecikler şeklindeki göçün en büyük misellenden dahi büyük olduğu belirtilmektedir, fakat bu öneri birincil göç mekanizmasını çok az destekler görülmektedir. Kürecikler ince taneli kayalardaki gözenek çaplarından kesinlikle daha büyüktür ve bunlar şayet bu gözeneklerden geçeceklerse kesinlikle bir deformasyona uğramak zorundadırlar (Şekil 5.5). Hobsan (1973) ün hesaplamalarına göre kürecikleri gözeneklerden geçirmek için oldukça büyük bir iç basınca gerek vardır. Bu basınçlar muhtemelen kayada etkili olmasına rağmen, böyle basınçlar aynı zamanda birçok mikrokırıkların oluşmasında neden olur, ve bu nedenle de gözeneklerden ziyade bu kırıklar boyunca göçe sebebiyet verirler. Tissot ve Welte (1978) bu nedenle birincil göçün damlacıklı yada kürecikler nedeniyle oluşmadığı sonucuna varmışlardır.

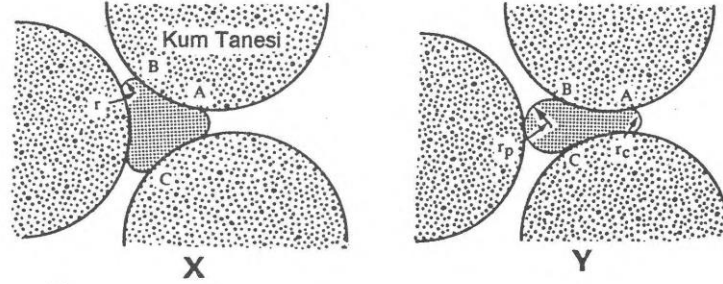
Yukarıdaki analizlerin hidrodinamik kuvvetler ve bitüm hareketi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Öncelikle, üç olasılık bulunmaktadır:

- 1) Ortalama statik su seviyesi içinden bitümün yayılması
- 2)hidrodinamik taşınma sonucunda bitümün hareketi
- 3)hidrodinamik akış ve difüzyon kombinasyonu ile hareket.



Şekil 5.4 Dört ham petrol örneğinin dağılımları.

Hesaplamalar göstermektedir ki, verilen jeolojik zaman konsantrasyon gradyanı boyunca yayılmanın, çok büyük miktarlarda olmasa da ekonomik miktarda petrol oluşturabilecek yeterli bitüm taşınmasını temin edebilir. Yayılmanın (difüzyon) basınç gradyanı ve ısıl gradyan boyunca olduğu önerilmektedir, fakat bu prosesler muhtemelen önemli değildir. Difüzyon bu nedenle birincil göçte etkili olmayıp yardımcı bir proses olarak görülmektedir.



Şekil 5.5 Küçük gözenek içerisinde petrol damlacığının hareketi (A.I.Levorsen ve W.H. Freeman, 1967)

Prince (1976) şayet gerçek solüsyon birincil göçte etkili ise çok büyük miktarda suya ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Bu kadar büyük miktardaki su nereden gelmektedir? Bunun killerin dehidratasyonu (bozuşması) yoluyla elde edildiği ileri sürülmektedir, fakat bu, hacimsel yada miktar olarak mümkün görülmemektedir. (Waples, 1980). Doğal sıkışma suyu da bu iş için önerilebilir, fakat bu da bu iş için yeterli değildir. Ayrıca, Emery ve Rittenberg (1952) ve Habson (1961)'nin uzun süre önce gösterdiği gibi ve Bonham'ın (1980) vurguladığı şekilde, sıkışma suyunun bir çökme havzası içindeki net akışı gerçekte dünyanın merkezine