

göre yukarıya doğru değil aşağıya doğrudur. Şayet sular sıkışma süresince göçen bitümü taşıyorlarsa, petrol rezervuarları bitümün oluştuğu yerlerden daha derinlerde oluşmalıdır.

Göç sürekli organik faz içerisinde olur, Dickey (1975) ve Hill'e göre (1959) sıkışma gözenek hacmini düşürdüğü zaman, organik madde toplam gözenek yüzeyinin çok önemli bir bölümünü doldurmaya başlar. Yeterince zengin şeyller ve uygun gömülme sıkışmasıyla, organik madde şeyl içerisinde sürekli bir ağ örgüsü oluşturabilir. Bu sürekli ağ örgüsü içerisinde, hareketli bitüm molekülleri fiziksel kuvvetlerin etkisi altında hareket etmek için serbest haldedirler. Missellen ve küreciklerin göçünü hariç tutan problemler henüz yoktur ve ayrıca gerçek solüsyon teorisinin verdiği rahatsızlığı çözebilecek teori henüz bulunmaktadır.

Philippe (1974) sürekli faz göçünün dayandığı hipotezi desteklemektedir. Bu araştırmacıya göre karbonatlar, örneğin, rekristalizasyon sonucu olarak sürekli organik tabakalar oluşturmaya eğilimlidir. Organik maddece zengin şeyller Organik ağ şebekesi oluşturmada hiçbir zorluğa sahip değildir.

Diğer taraftan, orta derecede zengin şeyllerin, sürekli faz içerisinde % 1' lik organik madde içeriğini oluşturmada zorlukları bulunmaktadır, hatta bu durum prozite çok düşük seviyelere düşse bile aynıdır. Bu nedenle, sürekli faz göçünün muhtemelen yalnızca organik maddece zengin şeyller içerisinde etkili olduğu görülmektedir (Muhtemelen organik karbon değerleri % 5 veya daha fazla), bu olay bazı karbonatlarda da gerçekleşebilir.

Bazı deliller bu görüşü desteklemektedir. Yutah'ta katılmış bitüm damarları oldukça fazladır, ve hatta geçmişte ekonomik olarak işletilmiştir. Damarların bazılarının kalınlıkları 5 m' ye kadar ulaşmaktadır (Hunt 1963). Bu bitümler geçmiş yıllardaki sürekli faz göçünün kalıntıları olabilirler. Bu bitümlerin kaynak kayası muhtemelen organik maddece son derece zengin olan Uinta, Green River, and Wasatch formasyonları olmalıdır. Sürekli göç fazının organik maddece zengin kaynak kayaların bulunmadığı bölgelerde oluştuğuna dair doğrudan bir delil bulunmamaktadır.

Çok küçük gözenek boşluklarından organik maddenin alınması hangi tür mekanizma olursa olsun kolay değildir. Bu nedenle birincil göçün mikro kırıklar boyunca olduğu ileri sürülmektedir. Mikro çatlakların avantajı, kırılma sırasındaki açılmaların organik molekülleri harekete geçirmede gözenek boşluklarından daha fazla etkili olduğudur. Bu nedenle nispeten porfirin ve asfalten gibi büyük moleküller gözenekler içindekinden daha kolay göçebilirler.

Snorsky (1962) sıkışmış şeyller ve karbonatlarda mikrokırıkların yaygın olduğunu göstermiştir. Tissot ve Pelet (1971) ve Lewan ve diğ., (1979) bu etkiyi deneysel olarak tekrar elde etmişlerdir. Mikrokırıklar sistemiyle olan göç tıpkı faylar boyunca olan hareket gibi sürekli olmayabilir. Bu durum akışkan basıncının tekrar teşekkül etmesi sırasında duraklamalarla genel bir eğilim serisi içerisinde devam eder. Mikrokırıklar boyunca meydana gelen akışkan faz göçü kaynak kayanın organik maddece zenginliğine bağlı olarak ya sudan yada organik maddeden meydana gelmiş olabilir.

Mills 'e (1923) göre basınç altında petrol-su karışımında çözünmüş olan gaz iğne deliği gibi küçük boşluklardan geçerken hem petrol ve hem de suyu beraberinde taşır. Aynı işlem şayet mikrokırıklar içerisinde de meydana gelebiliyorsa, bu durumda ağır petrol bileşenleri de aynı yöntemle taşınabilir.

Çünkü mikrokırılma, göç-hipotezindeki yeni yaklaşımlardan bir tanesidir, ve yöntem henüz tamamen geliştirilme şansını elde edememiştir. Bu yöntem, bu nedenle ilgi çekici bir fikirdir ve dikkatli bir şekilde araştırılmalıdır.

### 3. Birincil Göçün Meydana Gelmesi

Diyajenetik bitümü konu alan göçün durumuyla ilgi bazı bilgiler mevcuttur. Örneğin; Utah'taki gilsonit damarları ve Kaliforniya'daki Monterey formasyonundaki asfaltik bitüm petrol depoları pek alışılmamış oluşumlara ait örneklerdir. Genelde, organik akışkanların göçü çoğunlukla katajenez süresince yada katajenezden sonra meydana gelir. Tissot ve Welte (1978) çoğunlukla birincil göçün 1500-3500 metreler arasındaki gömülme derinliğinde meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Bu derinlik büyük olasılıkla kerojenden bitüm

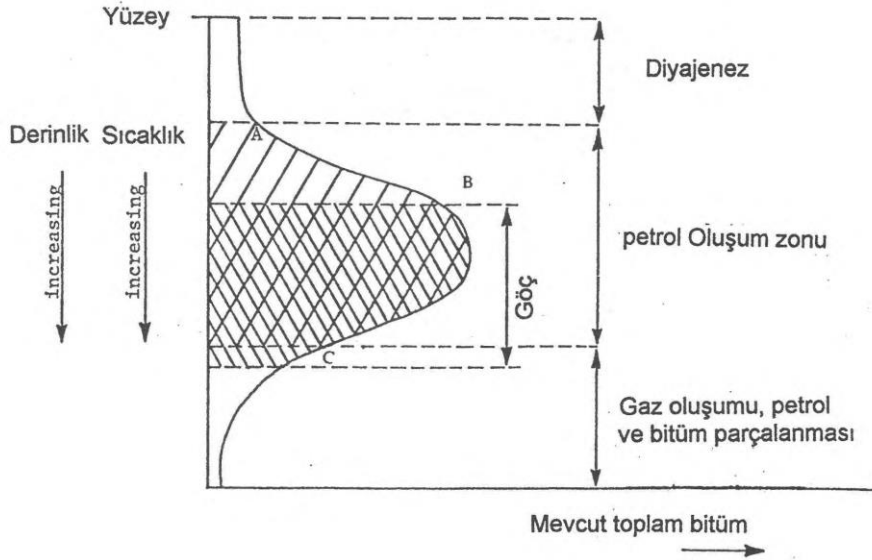
oluşumunun meydana geldiği derinliğe karşılık gelir. Fakat oluşum ile göç arasında ne kadarlık bir gecikme vardır? Bu kompleks sorunun cevabı her durumda etkili olan belirli göç mekanizmalarındadır. Philippi'e (1965, 1974) göre ilk oluşan bitüm kerojen yüzünde tutulur ve migrasyon (göç) ancak bütün absorbe işlemi tamamlandıktan sonra meydana gelir. Bu görüşe göre bazı gecikmeler bitümün oluşumu ve göçü arasında meydana gelmiş olmalıdır. Philippi'nin iddiasınının solüsyon yada sürekli faz göçüne eşit olarak uygulanabileceği görülmektedir. Mikrokırıklar boyunca olan göçünde bu nedenle bir gecikmeye ihtiyacı vardır, çünkü mikrokırıklar (bunlar kısmen de olsa kerojen katajenezi tarafından meydana gelirler) yeterince iç akışkan basıncı tarafından oluşturulana kadar meydana gelmez.

Diğer mekanizmalar göç için özel oluşumları önermektedir. Killerin ayrışması Power (1967), Burst (1969) tarafından suyun kaynağı olarak önerilmektedir. Şayet bu görüş doğru ise, o zaman göç; göç işlemi kullanılan suyun oluşmasını temin eden killerin ayrışma işlemi tamamlanana kadar meydana gelmez. Son yıllardaki çalışmalar, yinede killerin dehidratasyonun genellikle bitüm oluşumundan önce meydana geldiğini işaret etmektedir, ve şayet gerçek solüsyon önemli bir göç mekanizması olsa bile, bu killerin dehidratasyonuna bağlı olamaz (Waples, 1980).

Göçün muhtemelen biraz geciktiği ve bitüm oluşumu başladıktan sonra olduğu görülmektedir. Şekil 4.4 bu görüşü destekler görülmektedir, göç bitüm oluşumuyla aynı zamanda başlıyorsa, bitüm konsantrasyonu hiçbir zaman maksimuma ulaşamaz, daha ziyade düşük seviyede kalır, bitüm kaynak kayadan oluşur oluşmaz göçer.

Bu görüş noktasından hareketle, göçün bitüm oluşumunun sona ermesinden hemen sonra biteceği görülmektedir. Şekil 5.6 göç oluşumuyla bitüm oluşumu arasındaki korelasyonu göstermektedir.

Şekil 5.6. dan da görülebileceği gibi göç penceresi (derinlik, sıcaklık, ve göç için zaman sınırları) aslında bitüm oluşum penceresinden çok az dardır. Birçok durumda oluşum ve göç için gerekli zaman periyodu birkaç milyon yıldan daha fazla olmayacaktır.



Şekil 5.6 Petrol oluşum başlangıcı ve göçünün karşılaştırılması

Pratik bakış noktasına göre, bitümün oluşum ve göçünün hemen hemen eş zamanlı olduğu düşünülebilir. Şayet bitümün oluştuğu derinlik ve zaman tanımlanabiliyorsa, o zaman göçün oluştuğu zamanda tanımlanabilecektir. Bu eş zaman petrol oluşumu için geçerli olan zaman sıcaklık modeli uygulanabildiği zaman çok yardımcı olacaktır (Bölüm 8).

Fakat bu koşul hiçbir durumda olmayacaktır, çünkü oluşan petrol kaynak kayadan göçebilmektedir. Model bu nedenle yalnızca göçün oluştuğu zamanı tahminden ibaret değildir.

#### 4. İkincil Göç Mekanizması

Gerçek solüsyon içerisinde rezervuara doğru hareket eden bitüm; sıcaklık, basınç ve tuzluluğun değişmesiyle solüsyondan ayrılır ve petrolün rezervuarda kapanlanmasına yardımcı olur. Bu teorisinin zayıf bir yönü, solüsyondan ayrılan bitümün kapanlanmak için kesinlikle iyi bir kapana ihtiyaç duyduğudur. Bundan başka; bitümün solüsyondan ayrılmasına neden olan değişimlerin ani ve şiddetli olduğunu gösterir. Göç eden akışkanlar içerisindeki basınç ve sıcaklık değişimlerinin dereceli bir şekilde olduğu bilinmektedir, halbuki tuzluluktaki değişimler ani olabilmektedir. Bunların hiçbirisi tek başına petrolü solüsyondan ayırarak büyük miktarlarda oluşmasını sağlayamaz.

Petrol küreciklerinin ikincil göçün başlangıç safhasında oluştuğunun tahmin edilmesi son derece mantıklıdır. Akışkan bilgisinin temelinde hiçbir favori olamayan pek çok olasılık bulunmaktadır. İlk olasılık, küreciklerin genellikle mineral-akışkan etkileşmesinin çok şiddetli olarak oluşmasına tepki olacak şekilde kaynak kaya ve ikincil göç oluşukları ara yüzeyinde birdenbire oluşabilmesidir. İkinci olasılığa göre, küreciklerin küçük organik birimlerin birleşmesiyle sonuçlanan sıcaklık, basınç ve tuzluluğun dereceli bir şekilde değişmesiyle bütün ikincil göç yollarında oluşabileceğidir. Üçüncü bir olasılık, küreciklerin kaynak kayada bitüm zuhurları şeklinde önceden bulunduğuudur. Bu durum, şayet birincil göç ya sürekli faz yada mikrokırıklarla oluşuyorsa olabilir.

Bütün durumlarda, ikincil göç genellikle petrol kürecikleri yada damlacıkları içerecektir. Gözenek akışkanı boyunca damlacıkların göçü kaynak kaya içerisinde olduğundan çok daha kolay olmaktadır. Nispeten büyük damlacıkları uygun hale getirmek için büyük gözenek içerisinde boşluklar bulunur, ve artan gözenek çapları kapiller iç basınçları azaltacak ve damlacıkların daha uygun bir şekilde hareket etmesine müsaade edecektir.

İkincil göçte önemli rol oynayan ya misellen yada damlacıklar şeklinde bazı indirekt deliller bulunmaktadır. Bray ve Foster (1980)'e göre CO<sub>2</sub> ve hidrokarbon gazlarının bulunması kumtaşları içerisindeki petrol göçünü kolaylaştırmaktadır. Bu etki çözünürlüğün artmasıyla açıklanamaz ve bu bundan dolayı bazı çok sayıda moleküller organik yapının oluşumunu içermek zorundadır.

Kürecikler yüzmeye tepki şeklinde hareket ederler. Bunlar sudan daha küçük yoğunlukta dırlar ve bu nedenle suya nazaran yukarıya doğru hareket etmeye meyillidirler. Çok küçük kürecikler yükselmek için yeterli yüzme yeteneğine sahip değildirler, ve bunlar bu nedenle gerekli yüzmeyi sağlamak için birkaç tane küreciğin birleşmesinin sağlanmasına kadar suya nazaran hareketsiz kalırlar. Tissot ve Welte (1978) tarafından tartışılan yüzme yeteneğini (yükselmeyi) etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir hidrodinamik akış yüzme yeteneğine ilave edilir, bu hidrodinamik gradyanın yönüne bağlı olarak ya yüzme akışının net etkisini azaltır yada ilave kazanç sağlar. Tissot ve Welte (1978) de bu noktayı tartışmışlardır.

#### 5. Birikme

İkincil göçün kürecik teorisine karşı petrol birikimini içeren fiziksel prosesler oldukça basittir. Çünkü hidrokarbon molekülleri yüzme gereksinimine tepki şeklinde hareket ederler. Bunların hareketleri kendilerinin yukarıya doğru hareketlerinin engellenmesiyle

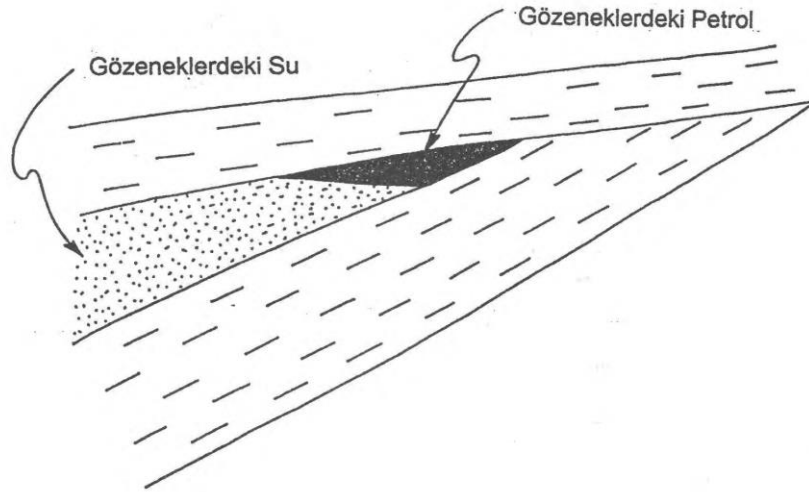
durdurulabilir. Bu tıpkı helyumla doldurulmuş olan bir balonun tavana kadar yükselip orada engellenmesi gibidir. İkincil göç bu şekilde göz önünde canlandırıldığında, niçin rezervuarların aralarda bulduklarının en kolay açıklamasıdır. Şekil 5.7'de bir petrol kapanlanması görülmektedir.

Akışkan geçirimli kayacın uzunluğu boyunca doludur, fakat kayanın üst sınırının kapalı olması sebebiyle hiçbir sıvı akışı olmamaktadır. Akışkanların hareketi, daha çok yüzebilen petrol küreciklerinin aşağı doğru hareket eden suyla yer değiştirmesiyle oluşan dereceli bir yükselme hareketidir.

İkinci örnek normal antiklinal rezervuarıdır (Şekil 5.8). Daha çok yüzme yeteneği olan petrol kürecikleri rezervuardaki en yüksek noktaları dereceli bir şekilde dolduracaktır. Bu iş için etkili fiziksel ve kimyasal prosesler gerekmez, birikme hiç bir pürüz olmadan fizik yasalarına göre meydana gelir.

Bununla birlikte, birikme her zaman petrolün oluşum ve göçündeki en son bölüm değildir. Örtü kaya gerçek bir örtü oluşturamaz ve nede her hangi bir kapan fay ve erozyonla meydana gelen olası bozulmadan ayrı tutulur. Önceleri yalnızca petrolün kapanlandığı birçok kırık örneği (fay kapanı) şimdi yalnızca katranlı kalıntılar yada ağır petrol içermektedir. Bu ilginç ve olağan dışı olayın iki yönü özellikle burada bizi ilgilendirmektedir.

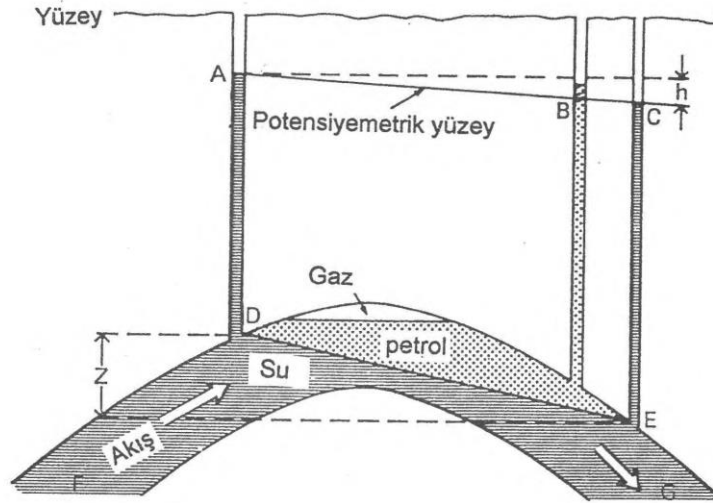
Başlangıçta göçen hidrokarbonlar genellikle kendilerine özgü rezervuar tıkaçlarını oluşturur. Stratigrafik kapanların oluşması ile bunlar genellikle yüzeyde veya yüzeye yakın bölgelerde evaporasyon yada biyodegragasyon (biyolojik ayrışma) ile petrolün koyulaşması sonucunda oluşan katran tarafından tikanır veya örtülürler. Katran örtüsü bu nedenle rezervuar örtüsünün bozulduğu yerlerde petrolün kaybolmasıyla yavaşlatır. İkincisi, bütün rezervuarlar gerçekte dinamik sistemlerdir. Hidrokarbon birikimi hidrokarbon göç miktarının sızıntı miktarından fazla olduğu zaman meydana gelir ve eğer sızıntı miktarı düşük ise göçün engellenmesinden sonra kalıcı olur.



Şekil 5.7. Göç kanalının tıkanması. Yüzme yeteneklerinin farklı olması nedeniyle üst bölüm petrol , alt bölüm ise su ile doldurulmuştur. Burada üst bölümün tıkalı olması nedeniyle hacimsel olarak akışkan yüzmesi olmaz. Petrol damlacıkları suyla yer değiştirerek yukarıya doğru hareket ederken su aşağıya doğru hareket eder.

Sızıntı miktarı kesinlikle pek çok mevcut rezervuarda oldukça farklıdır. Güney Kaliforniya'daki sahalarda oldukça aktif sızıntılar mevcuttur ve bu sızıntılar oldukça zayıftır. Halbuki Midcontinent gibi sahalarda petrol oluşmaz ve bugünde Paleozoik içerisinde kapanmıştır. Sızıntılı sahalarda yaşlı petrol üretimi bu tür birikimlerin yavaş yavaş kaybolması nedeniyle muhtemelen yeterli olmamaktadır.

Hareketli hidrokarbon birikimine ait grafik örnek, Mc Cullah (1969) tarafından Santa Barbara petrol sızıntısının yer aldığı Dos Cuadras sahasındadır. Burada rezervuar tıkaçı oldukça incedir, gözenekli kilitaşları 300 feetlik kalınlıktan daha azdır. Siltaşları sıg olan asil rezervuarın üzerindedir ve siltaşlarının asil kendisi üretilebilir hidrokarbon içermektedir. Sediment paketi bu nedenle yeniden işlenmiş sistem özelliği sergilerler, bu istif sondajla deliğinde hidrokarbonlar şiddetli bir şekilde boşalır.



Şekil 5.8 Rezervuarın tepesinde yüzen petrol ve gazın birikmesi. Hidrodinamik akış petrol - su kontağında bir yamaç oluşturur (A.I. Levorsen ve W.H. Freeman, 1967).

## 6. Birikme Yeteneği

Yıllardır, jeologlar ve jeokimyacılar katajenez süresince oluşabilen ve hatta rezervuarda petrol olarak kapanabilen % 1 veya % 2' lik bitümün petrolün mikrosyonunda çok yetersiz bir proses olduğunu düşünmektedirler. Bu teori tıpkı doğu Venezuelalla ağır petroleri, Suudi Arabistan'daki Ghawar sahası, ve Athabasca katranlı kumtaşları gibi çok büyük birikimler için gerekli olan kütle dengesiyle zıttır. Bu nedenle migrasyonun bunlar gibi normal olmayan durumlar için oldukça etkili, fakat normal petrol sahalarda ise düşük olması gerektiği tahmin edilmektedir.

Son zamanlarda bununla beraber kütle dengesi nispeten yapılan çalışmalarla hesaplanmıştır. Bazı petrol yataklarındaki göç yeteneğinin önceden inanıldığından daha yüksek olduğu görülmektedir. Kritik faktörler, verilen bir petrol sahasında etkili göçün nasıl oluştuğunun belirlenmesi doğada jeolojik olarak tahmin edilir.

Bu faktörler arasında en önemlisi çok fazla miktarda petrolün oluşabileceği basen merkezinden, kanatlara, muhtemelen de kapanların bulunabileceği alana doğru olan sürekli bir yanal göçün bulunmasıdır. Bu akışlar hem zaman ve hem de mekan içinde gözeneklerde sürekli olmak zorundadır. Tıpkı eski türbidit kanatları gibi oldukça fazla odaklaşmış akış, bu bakış yönüyle oldukça etkili olabilir. Şayet yanal göç zayıf ise, petrol birikimleri muhtemelen küçük olacaktır ve petrolün çok büyük bir kısmında hiç bir zaman basen kanatlarına ulaşamayacaktır. Basen içinde kapanlanan petrol ise sonraki gömülme ısıyla olan pişme nedeniyle gaz şekline dönüşecektir.

Petrol oluşumu ve yapı büyümesinin nispi ayarlaması şayet kapan oluşuyorsa çok gerekli olmalıdır. Şayet herhangi bir zamanda yapı, içerisindeki petrolü tutamayacak kadar küçük ise, o zaman petrol birikme yeteneğinin düşmesi nedeniyle taşacak (dökülecek) ve ileriye doğru göç edecektir. Zamanlamanın dikkatli bir analizi herhangi bir bölgesel gelişim için esastır.

Göç yeteneğindeki üçüncü önemli faktör, petrol oluşum süresince mevcut olan büyüme fayları gibi aktif fayların bulunmasıdır. Bu faylar çok uzun mesafelerdeki yanal göçler için hayal kırıklığı yaratabilir, fakat olumlu şekilde, basen kanatlarında yapısal kapanlarla ilişkili olmayan sayısız küçük birikimler oluşturabilir. Örneğin Gulp Kıyısındaki örnek gibi göç yeteneği bazen çok fazla olabilir. Fakat bazı durumlarda ise önceden sürekli olan yanal akış sonradan fayla kesilebilir. Faylar sürekli akışı engeller , petrolün göçüne ve akmasına engel olur.