

# KUMTAŞLARINDAKİ İKİNCİL GÖZENEKLİLİK

## *Secondary Porosity in Sandstones*

Hükmü ORHAN Selçuk Üniversitesi- Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, KONYA

**ÖZ:** İkincil gözeneklilik kumtaşlarının diyajenezinde önemli rol oynar. 1970'lerden sonra yapılan araştırmalar kumtaşlarındaki gözenekliliğin yarısından çoğunun ikincil kökeni olduğunu göstermiştir. Kimyasal, fiziksel, fizikokimyasal, biokimyasal ve biyofiziksel prosesler sonucu ikincil gözeneklilik kumtaşlarındaki çimento ya da tanelerin çözünmesi, buruşması, oyulması ve çatlak-kırık oluşması şeklinde gelişir. İkincil gözeneklilik sedimenlerin depolanmasından hemen sonra ve raatemorfizma öncesi herhangi bir zamanda oluşabilir. Yaşlı kumtaşlarında ikincil gözenekliliğin büyük bir kısmı kalsit, dolomit ve siderit gibi karbonat minerallerinin mezozenetik olarak çözünmesi sonucu oluşur.

Feldispat, karbonat, sülfat ya da kay aç parçacıkları gibi duraylı olmayan sedimentler tane ya da çimentonun çözünmesi veya çatlaklanması sonucu, oluşan ikincil gözeneklilik kumtaşlarında oldukça yaygındır.

Çatlaklarım dışındaki ikincil gözenekliliğin bir çok açıdan birincil gözenekliliğe benzemesi, ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında birden fazla belirtinin bulunmasını gerektirir. Kısmi çözülme, mold, homojen olmayan, paketlenme, aşırı boyutlu boşluk, sıralanmış gözenekler, kemirilmiş taneler, tane içi gözeneklilik, kırılmış ya da çatlaklanmış taneler ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında kullanılan petrografik belirtilerdir.

**ABSTRACT:** Secondary porosity play an important role in the diagenesis of some sandstones. Studies after 1970's have shown that more than half of the porosity in sandstones is secondary in origin. Chemical, physicochemical, biocemical, physical, and biophysical processes result in secondary porosity through, leaching and shrinkage of rock constituents or through the opening and shrinkage of rock constituents or through the opening of fractures. Secondary porosity can originate anywhere in the diagenetic history. Most of secondary porosity in ancient sandstones formed as a result of mesogenetic leaching of the carbonate minerals such as calcite, dolomite and siderite.

Secondary porosity resulting from, the dissolution of unstable framework or cement such as feldspar, carbonate, sulfate or rock fragment is common in sandstone.

Recognition, of secondary porosity should be based on multiple evidence because nonfractured secondary porosity often mimics primary porosity. Petrographic criteria for recognizing secondary porosity include partial dissolution, molds, inhomogeneous packing, oversized pores, corroded grains, intraconstituent pores and fractured grains.

## İKİNCİL GÖZENEKLİLİĞİN ÖNEMİ

Kumtaşlarındaki ikincil gözeneklilik, 1975 yılına kadar pek fazla önemsenmemekteydi. Proshlyakov (1960) kumtaşlarındaki gözenekliliğin önemli bir kısmının yeraltında tozlu, formasyon suyu (salin formation water) tarafından, oluşturulduğunu ilk olarak önermiştir. Fakat onun bu önerisi, uzun bir süre ihmal edildi. Kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliği tanıttıcı kriterler ilk olarak Chepikov ve dig. (1961) tarafından ve ikincil gözenekliliği oluşturan olası proseslerin ayrıntılı bir tartışması Savkevic (1969) tarafından yayınlandı.

1975 tarihinden önce kumtaşlarındaki gözenekliliğin çok küçük bir yüzdesi ikincil

gözeneklilik olarak tanımlanmıştı (Şekil 1). Kumtaşlarındaki gözenekliliğin ayrıntılı bir şekilde çalışılması daha önce birincil gözeneklilik olarak tanımlanan gözenekliliğin büyük bir kısmının aslında ikincil kökenli olduğunu ortaya çıkardı. Şu ana kadar yapılan çalışmalar, kumtaşlarındaki gözenekliliğin en az üçte birinin ikincil kökenli olduğunu kesinleştirmiş bulunmaktadır (Şekil 1).

Schmidt" ve diğ. (1977), McBride (1977), Schmidt ve Mc Donald (1979a, 1979b) ve Hayes (1979) yaptıkları ayrıntılı araştırmalar sonucunda dünyadaki petrol rezervlerinde gözlenen gözenekliliğin büyük bir bölümünün ikincil olduğunu göstermiş bulunmaktadır.

Gözeneklilik üzerine yapılan çalışmalar., birincil

gözenekliliğin mekaniksel ya da kimyasal sıkışma (compaction) ve çimentolarına sonucu tamamen ya da kısmen gömülmenin başlangıcında tahrip edildiğini göstermiştir. Belirli bir derinlikten sonra ikincil gözeneklilik çimento,, tane ya da yer değiştirme minerali olarak gözlenen karbonat ya da. sülfatlar gibi kolayca çözülebilen minerallerin tamamen ya da. kısmen çözülmesi sonucu oluşabilir. Son yıllarda, yapılan yoğun çalışmalar; daha önceki pek fazla, bir etkinliği olacağı düşünülmeyen silikat çözünmesi sonucunda da önemli boyutlarda İkincil gözeneklilik, oluşabileceğini göstermiştir (Surdam ve diğ., 1984, Surdam ve Crossey, 1937; Crossey, 1985).. Gömülmenin başlangıcında, oluşan, -ikincil gözeneklilik tanelerindeki kırılma, ve yeniden düzenlenme sonucu çabukça tahrip edilebilir. Fakat gömülmenin sonlarında oluşan ikincil gözeneklilik daha yavaş olarak tahrip edilmektedir. Çünkü bu aşamada sıkıştırma prosesi ihmal edilecek kadar azdır. Kuşkusuz ikincil gözenekliliğin kökeninin,, oluşma zamanının ve dağılımının bilinmesi jeolojik açıdan, bilhassa, petrol ve ye. ra. ti. su. y. o. araştırmasında, oldukça önem taşımaktadır.. Petrol yataklarında gözlenen ikincil gözeneklilik petrol göçünden kısa. bir süre önce oluşur. Gözenekliliğin derinlikle azaldığı varsayılarak teorik olarak hesaplanan derinlik ve gözeneklilik arasında lineer. bir ilişkinin olduğu (yani hesaplanan değerler derinlik-gözeneklilik diyagramına aktarıldığında noktalar bir çizgi üzerine düşer) gözlenmiştir (Maxwell, ,1964; Atwater ve Miller 1965). Bu 'diyagramlarda gözenekliliğin monotonik olarak derinlikle azaldığı varsayılmıştır, İkincil gözeneklilik derinlik-gözeneklilik diyagramında, birincil gözenekliliğin tahribi süresince oluşabileceği gibi daha derinlerde de oluşabilir (Şekil 2).., Uzun bir süre, belirli bölgelerde belirli bir derinlikten sonra rezerv gözenekliliğinin oluşamayacağı düşüncesi rezervuar jeologları tarafından kabul, edilmekteydi. Bu düşünce derin. petrol rezervlerinin bulunulması ile ortadan kalkmış bulunmaktadır\*

Kumtaşların diyajenez, sedimentlerin gömülmesi esnasındaki pozisyonlarına göre üç aşamaya bölünmüştür (Schmidt ve McDonald 1979).

**Eodiyajenez:** Gömülmenin başlangıcında yüzeyde ya da yüzeye yakın kesimde oluşan diyajenetik prosesleri içerir. Taneler arası su, yüzeydeki ortam tarafından kontrol edilmektedir.

**Mezodiyajenez:** Etkili gömülmenin olduğu süredeki diyajenetik prosesleri içerir.

**Telodiyajenez:** Etkili gömülmeden sonra birimin yüzeye ya da yüzeye yakın bir bölgeye çıkmasıyla oluşan diyajenetik prosesleri içerir.

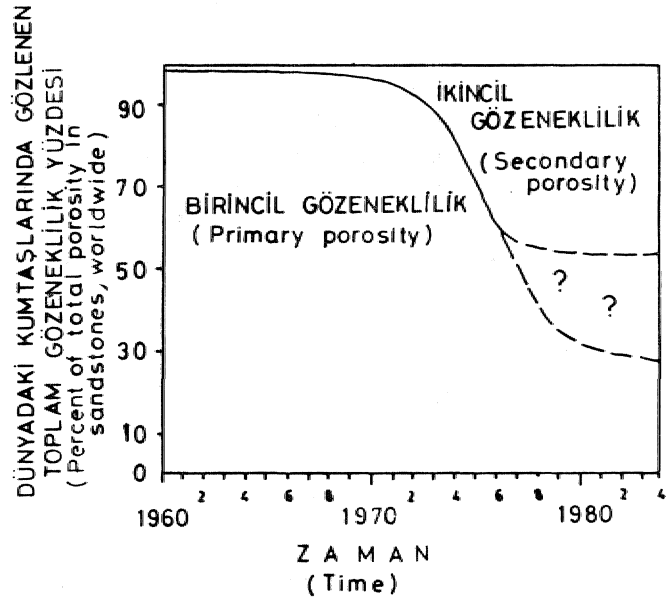
ikincil gözenekliliğin bu ortamdaki oluşma miktarları ortamdaki ortama değişmektedir. İkincil gözenekliliğin çok küçük bir kısmı Eodiyajenez

sürecinde ve çoğunlukla sediment tanelerin çözünmesi sonucu oluşur, ikincil, gözenekliliğin büyük bir kısmı Mezodiyajenez süresince oluşmakta ve genellikle kum taşlarında çimento ya da tane olarak, bulunan karbonat minerallerinin çözülmesi sonucu gelişmektedir. İkincil, gözenekliliğin oldukça küçük bir bölümü daha ziyade ayrışma, çatlak,, ya da. kırık oluşumları şeklinde Telodiyajenez süresince oluşur.

## İKİNCİL GÖZENEKLİLİK OLUŞTURAN PROSESLER

Kumtaşlarında ikincil gözenekliliğin oluşmasına sebep olan prosesler 5 grup altında toplanmıştır- (Schmidt ve McDonald,, 1974).

a- Kimyasal. Prosesler (Chemical Processes): Taneler arası suyun tuzluluk derecesindeki ya da iyon çeşitlerinin oranındaki değişim,, sabit sıcaklık, ve basınçla gözenek oluşturan çözünmeye sebep olabilirler.. Taneler arası suda karbonik asidin oluşması buna güzel bir örnektir. Bu pH'in düşmesine ve karbonat minerallerinin çözünmesine sebep olur.. Telodiyajenetik ortamda karbonik asit genellikle atmosferik CO<sub>2</sub>'in su ile reaksiyonu sonucu oluşur. Mezodiyajenetik ortamda karbonik asit genellikle sedimentler içinde bulunan organik materyalin ısıya bağlı olarak değişimi sonucu oluşur. Kerojenin sıcaklık artmasıyla çeşitli değişikliklere uğradığı ve bu değişikliklerin oluşumu sırasında suda çözülebilen organik bileşenler, sıvı hidrokarbonlar ve doğal gazların oluştuğu çeşitli araştırmacılar (Surdam. ve



Şekil 1: Kumtaşındaki gözeneklerin tanımının zamana göre değişimi (Schmidt ve McDonald, 1979),

Figure 1 : Change of interrelation of nature of sandstone porosity (Schmidt and McDonald, 1979)

Crossey, 1987; Surdam ve diğ., 1984; Tissot ve Weite, 1982) tarafından gösterilmiştir.

**b- Fizikokimyasal Prosesler** (Phy&icochemical Processes): Taneler arası suyun **tuzluluk** ve iyon oranının sahil kalması, ortamın sıcaklık ya da basıncının değişmesi, çimento ya da tanelerde çözünme ve buruşmaya sebep olabilir. Örneğin hidrostatik zonda bulunan gözenek, suyunun jeostatik zona geçmesi halinde, basınç artması dolayısıyla karbonatça doymun olan gözenek suyunun, karbonatça doymun, olmamasına, neden olur. Bu da mesojenetik karbonat çözünmesine sebep olur.

**c- Fiziksel Prosesler** (Physical Processes): Hidrolik ya da mekaniksel streslerdeki değişiklik kırık oluşumuna sebep olabilirler. Bu, organizmaların biyokimyasal olarak kayaçları oyarak kendilerine yuva yapması, bitkileri gövde ve kökleri için gerekli boşluğu açmak şeklindedir., Alg ve diğer organizmaların **metabolik** bozuşması karbonik asidin oluşumuna ve dolayısıyla karbonatlı materyalin çözülmesine sebep olabilir. Aynı şekilde sülfat indirgeyici bakteriler sülfat minerallerinin çözülmesine sebep olurlar..

**d- Biyokimyasal Prosesler** (Biochemical Processes): Çoğu zaman oyucu organizmalar gözenek oluşumuna sebep olabilirler. Bu, organizmaların biyokimyasal olarak kayaçları oyarak kendilerine yuva yapması, bitkilerin gövde ve kökleri için gerekli boşluğu açmak şeklindedir.. Alg ve diğer organizmaların metabolik bozuşması karbonik asidin oluşumuna ve dolayısıyla karbonatlı materyalin çözülmesine sebep olabilir. Aynı şekilde sülfat indirgeyici bakteriler sülfat minerallerinin çözülmesine sebep olurlar..

**e- Biyofiziksel Prosesler** (Biophysical Processes): Bu proseslerin ikincil gözenekliliğine olan katkıları oldukça azdır. Oyucu ya da gömücü organizmalar' mekaniksel olarak, gözenek **oluştururlar**. Ayrıca kayaçların içinde gelişen bitki gövde ve kökleri çatlak ve kırık oluşumuna sebep olabilirler.

Oluşum kökenlerine göre kumtaşılarında oluşan ikincil gözeneklilik, beş grup altında toplanmıştır (Şekil 3, Schmidt ve McDonald, 1979).

1- Çatlak ve kırılma ile oluşan **ikincil gözeneklilik**. (Porosity created by fracturing); Kumtaşılarında oluşan tüm çatlak ve kırıklar bu grup altında toplanır.,

2- Çekme, buruşma ile oluşan, ikincil **gözeneklilik** (Porosity created by shrinkage): Bu grup gözeneklilik, glokonit, hematit gibi mineralleri, ya da çamur (mud) gibi agregatların **dehidratasyonu** ya da yeniden kristalleşmesiyle oluşurlar.. Gözenek boyutları değişkendir.,

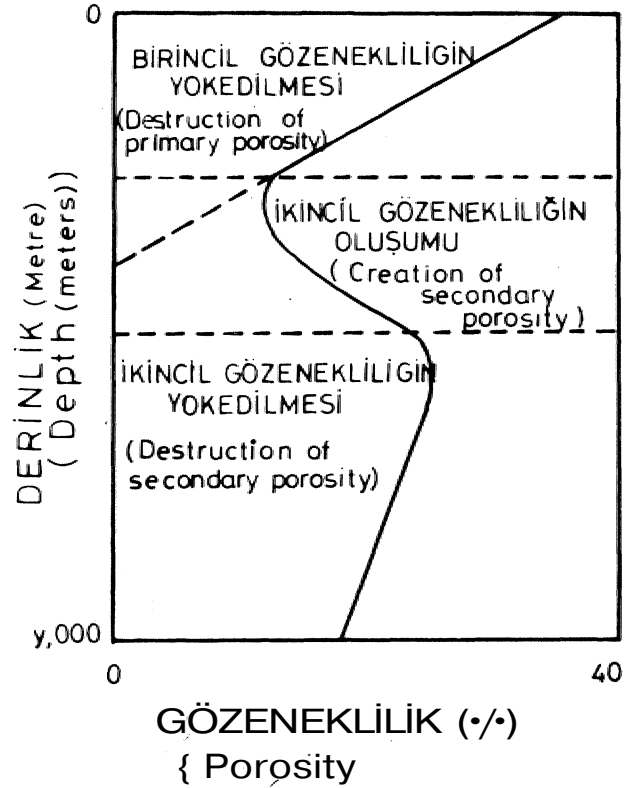
3- **Sedimenter materyalin çözünmesiyle oluşan gözeneklilik** (Porosity created by dissolution of sedimentary constituents): Bu tür gözeneklilik,

kurutaçlarında oldukça yaygın, ve önemlidir. Sedimenter tane ya da matriksinin (çoğu zaman karbonat mineralleri) seçmeli çözünmesiyle oluşurlar. Gözeneklerin boyutları 1 mikrondan birkaç santimetreye kadar değişebilirler.

4- **Otijenik çimento materyalinin çözünmesiyle oluşan gözeneklilik** (Porosity created by dissolution of authigenic cementing minerals): Kumtaşılarında oluşan ikincil gözenekliliğin, büyük bir bölümü bu grup altında toplanır., Kumtaşılarında çimento olarak, bulunan kalsit, dolomit ve siderit gibi kolayca çözünebilir minerallerin çözünmesi bu tür gözenekliliği oluşturur. Çeşitli boyut ve şekillerde gelişir.

5- **Otijenik mineral yer değiştirilmesiyle oluşan gözeneklilik** (Porosity created by dissolution of authigenic replacement minerals): Sedimenter tane ya da çimentosunun kalsit, dolomit, siderit, feldspat gibi kolayca çözünebilir kesiminin çözünmesiyle çeşitli boyut ve şekilde oluşur.

İkincil gözeneklilik tek kökenli olduğu gibi birden fazla, kökenin ürünü olabilirler.. Birden fazla, kökenli ikincil gözeneklilik "hybrid" gözeneklilik olarak adlandırılır (Schmidt ve McDonald, 1979).



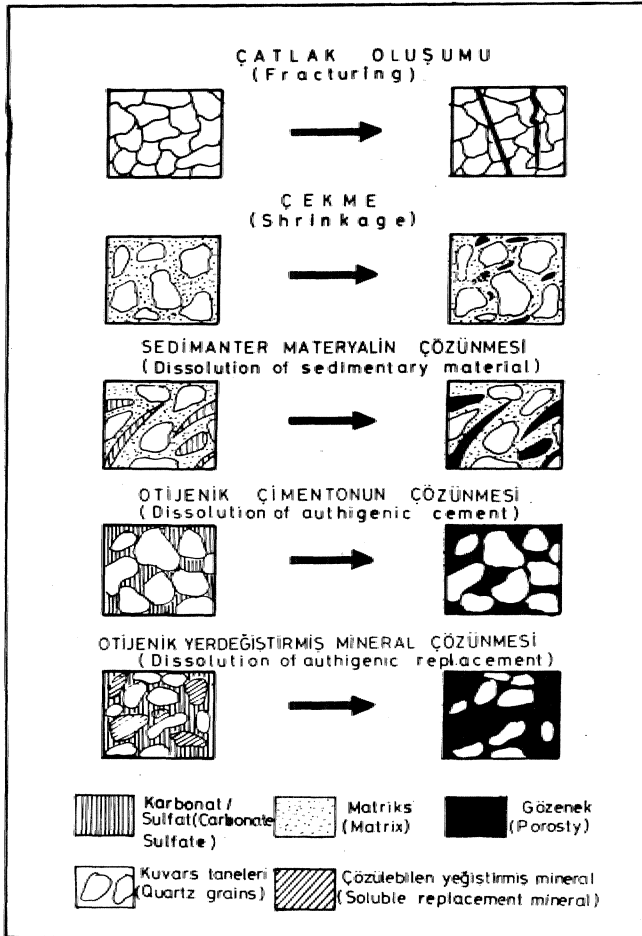
Şekil 2: Birincil ve ikincil gözenekliliğin değişim safhaları ve derinliklerdeki dağılımı (Hayes, 1979)  
Figure 2: Depth distribution and evolutionary sequence of primary and secondary porosity (Hayes, 1979).

## İKİNCİL GÖZENEKLİLİK DOKULARI

Çatlak-kırk dışındaki ikincil gözeneklilik, çoğu kez yanlışlıkla birincil gözeneklilik olarak tanımlanmakta ve dolayısıyla genellikle varlığı farkedilmemektedir. Bu daha çok ikincil gözenekliliğin, birincil gözenekliliği şekil olarak taklit etmesi, ve çoğunlukla benzer dokulara sahip olmaları nedeniyledir. Şu da bir gerçektir ki, çoğu kez araştırmacı ikincil gözenekliliğin varlığına ve tanımlatıcı kriterlerine yabancıdır. Bu makale, kurutanlarının diyajenezini çalışanlara, ikincil gözenekliliğin önemini, vurgulamak, ve tanıtıcı kriterleri, verme amacını güder.

Birincil gözeneklilik morfolojisiyle karşılaştırıldığında ikincil gözeneklilik şekilleri üç grub altında toplanır (Schmidt ve McDonald, 1979a, b).

a-) **Birincil gözeneklilikle aynı morfolojide olan ikincil gözeneklilik:** Kum taşlarının depolanmalarından hemen sonra diyajenezin erken safhalarında çözünebilir bir materyal ile çimentolanan



Şekil 3: Kumtaşlarındaki ikincil gözenekliliğin farklı kökenli oluşumu. (Schmidt ve McDonald, 1979)

Figure 3: Textural, origin, of secondary sandstone porosity (Schmidt and McDonald, 1979)

kum taşlarında yaygındır. Bu tip ikincil gözeneklilik çözünen materyalin sadece gözenek dolgusu çimentosu olduğu yerlerde olur.

b-) Birincil gözenekliliğin değiştirilmiş morfolojisine sahip ikincil gözeneklilik; Daha çok birincil gözenek etrafındaki tane ve çimentonun çözünmesi sonucu birincil gözenekliliğin genişleyerek değişmesiyle olur. Bu gruptaki gözenekler hem çimentonun hem de sedimenter tane ve tane büyümelerinin kenarlarını o kısmen, ya da tamamen çözünmesi sonucu gelişir.

o-) Birincil gözeneklilik morfolojisinden bağımsız olan ikincil gözeneklilik: Sedimenter tane ya da tane büyümelerinin kısmen yada tamamen çözünmesi, iane ya da kayaç çatlaklanması ve tane, matriks, ya da çimentonun çekmesi sonucunda oluşur.

İkincil gözeneklilik şekilleri, birincil, gözeneklilik şekillerinden şu açılardan ayrılır; 1) ikincil gözeneklerin boyutları ve şekilleri daha çok değişkendir, 2) ikincil gözeneklerin ağzlarının boyut ve şekilleri oldukça çok çeşitlilik, gösterir.

İkincil gözeneklilik dokuları beş ana gruba altında toplanmıştır (Schmidt ve McDonald, 1979).

a- Taneler arası **gözeneklilik** dokusu (Intergranular pore texture): Sedimenter taneler arasındaki boşluklar bu grup gözeneklilik dokusunu oluştururlar. Üç alt gruba bölünür.

Normal taneler arası gözeneklilik (Regular intergranular pore) depolanma esnasındaki taneler arası, gözenekliliği yansıtır ve birincil gözeneklilikle aynıdır. Bu tür gözenekler, ianeler arasında bulunan matriks, çimento ya da yer değiştirmiş materyalin çekmesi ya da çözünmesiyle oluşabilir.

**Küçültülmüş taneler arası gözeneklilik** (Reduced intergranular pores), depolanma esnasındaki gözenekliliğin, tane deformasyonu, tane kontaklarındaki çözünmeyle oluşan, kimyasal sıkışma (chemical compaction), tane büyümesi (syntaxial cementation) ya da boşluk ta g e l i ş e n ( f r i n g i n g cementation) çimentolanmayla kısmen doldurulması sonucu oluşur.

Genişletilmiş taneler arası gözeneklilik (Enlarged intergranular pores), depolanma esnasındaki gözenekliliğin sedimenter tanelerin, çekmesi, buruşması,, tane kenarlarında tane büyümesi şeklinde oluşan çimentolarıma ya da, mineral değiştirmesiyle oluşan kesimin çözünmesi sonucu genişlemesiyle oluşur.

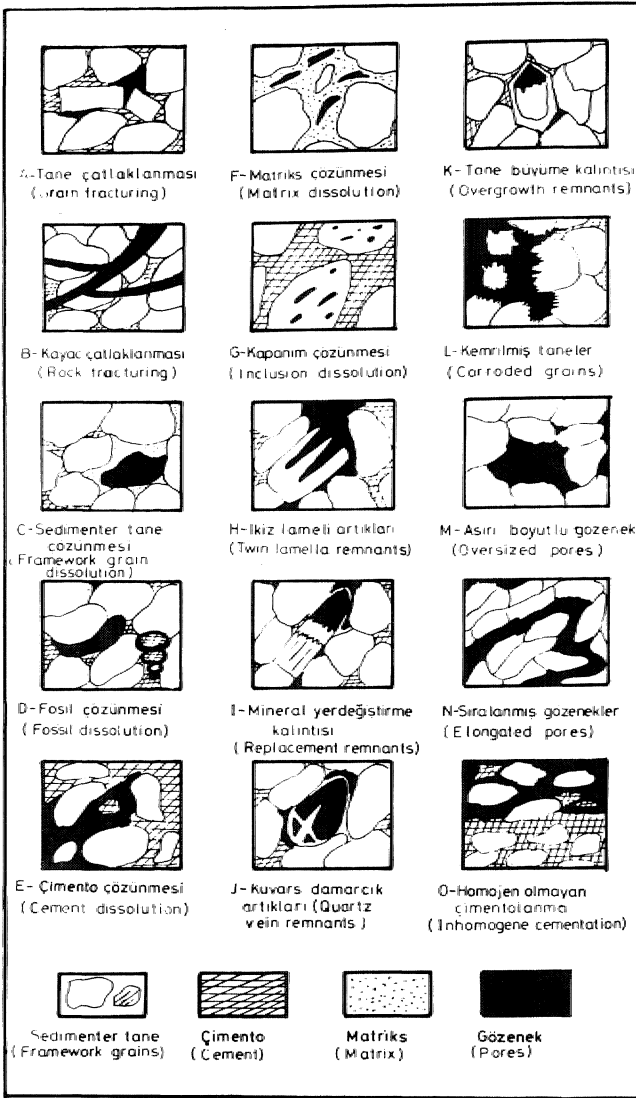
b« **Aşırı boyutlu** gezecekli. İlk dokusu (Oversized, pore texture); Çatlak kırk dışındaki, herhangi bir gözenek, gözenek kenarındaki tanelerin boyutundan en az 1-2 kez daha geniş boyutlu ise bu gruba girer., İki alt gruba bölünür.

Fabrik seçmeli aşırı boyutlu gözeneklilik (Oversized, fabric selective pores), genellikle kayaçlardaki fabrik elementlerinin kontrolünde

gelişir. Bu ikincil gözenekliliğin tanınmasında önemli bir kriterdir.. Diğer gözenek türlerinde olduğu gibi, bu tür gözeneklilik tane ya da çimento materyalinin çekmesi ya da çözünmesiyle oluşur.

Aşırı boyutlu kesme gözeneklilik (Oversized crosscutting pores) oldukça ender fakat ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında önemli bir kriterdir. Bu tür gözeneklilik kayalardaki fabrik elementlerini kesecek gelişir.

c- Moldik gözeneklilik dokusu (Moldic pore texture): Oluşumlarından önceki materyalin karakteristik izlerini gösteren gözenekler bu grup altında toplanır Üç ait gruba bölünür.



Şekil 4: Kum taşı arıudaki ikincil gözenekliliğin tanınmasında kullanılan/kriterler (Schmidt ve McDonald, 1979 ve Shanmugam, 1985).  
Figure 4: Criteria for recognizing secondary porosity in sandstones (after Schmidt and McDonald, 1979 and Shanmugam, 1985).

Tame mold gözeneklilik (Grain-mold pore) kumtaşlarında oldukça, yaygın ve kayalarda tane seçmeli çözünme sonucu gelişirler (Şekil 4-C).

Çimento mold gözeneklilik (Cement mold pore),, ard arda, gelişen, en az üç diyajenetik değişme sonucu oluşur; a) Çözünmüş euhedral kristal yüzeyli ya da başka bir morfolojideki mineralin yüzeyleri ilk olarak çünentolanır, b) geriye kalan boşluk başka bir çimento ile doldurulur, c) gözeneklilik oluşturan prosesler seçmeli olarak ilk çimentoyu çözerler (Şekil 4-1).

Yerdeğiştirme mineral mold gözenekliliği (Replacement-mold pore Texture) euhedral kristal yüzeyleri geliştirerek oluşan yerdeğiştirme minerallerinin çözünmesi şeklinde gelişir.

d- Tane içi Gözeneklilik Dokusu (Intra-constituent Pore Texture): Sedimenter tane, matriks, çimento ya da yerdeğiştirmiş mineraller içinde gelişen gözeneklilik bu gruba girer. Tane içi gözeneklilik, tane kenarlarından çok tane içinde gözeneklilik oluşturan proseslerle gelişir, yüksek oranda tane içi gözeneklilik, içeren taneler balpeteği yapıları tane "honeycombed, grains" olarak tanımlanır ve ikincil kökenlidir.

e- Kırık-çatlak Gözeneklilik Dokusu (Fracture Pore Texture): Kayac tane ya da kayacın, kendisinin belirli bir yüzey boyunca ayrılması çatlak ve kırık oluşumuna sebep olur. Kumtaşlarında üç çeşit kırık-çatlak gözenekliliği gözlemlenir.

Açık kayac çatlaklar (öpen rock, fractures), birden fazla, tane ya da taneler arası boşluğu, kesen bir ayrılma yüzeyine sahiptirler,. Bazen bu çatlaklar tane kenarlarını izler, fakat çoğu kez sedimenter tane, çimento, matrix ve diğer diajenetik fabrikleri keserler (Şekil 4-B)

Açık tane çatlaklarda. (Open Grain Fracture), ayrılma yüzeyi sadece bir tane içinde gözlenir (Şekil 4-A). Taneyi baştan başa kesen çatlaklar kuşkusuz ikincil kökenlidir. Fakat tanenin sadece bir bölümünü, kesen çatlak birincil ya da, ikincil kökenli olabilirler.

Açık taneler arası çatlaklarda (öpen intergranular fractures), çatlak sadece, tanelerarası boşlukta gelişmiştir. Bu tür çatlaklar tane arası çimento» matriks ya, da yerdeğiştirme mineralleri içinde oluşur.

## İKİNCİL GÖZENEKLİLİĞİN TANINMASI

İkincil gözenekliliği tanımlarken,, herşeyden önce şu, gerçeğin, farkında olmalıyız,. İkincil gözeneklilik çoğu kez birincil gözenekliliğe benzer dokular- gösterir» hatta bazen birincil, gözenekliliği şekil olarak taklit eder.. Bundan dolayıdır M, ikincil gözeneklilik son zamanlara kadar farkedilmemiştir.

İkincil gözeneklilik, çoğu kez, bazı petrografik kriterlerin kullanılmasıyla, kayac ince kesitlerinin petrografik mikroskop altında incelenmesiyle tanımlanabilir (Chepikov ve diğ. 1961, Schmidt ve

McDonald,, 1979). Elekran mikroskop (Scanning Electron Microscope), petrografik mikroskopta gözlenen ikincil gözeneklilik tanımlanmasının doğrulanmasında kullanılır (Pittman, 1972; Burley ve Kantorowicz, 1986). Aşağıdaki sekiz petrografik kriter, kumtaşlardaki ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında yardımcı olur (Chepikov ve diğ., 1961; Schmidt ve McDonald, 1979; Shanmufan, 1984 ve 1985).

1- Kısmi çözünme (Partial dissolution): Kısmi çözünme kumtaşlarda oldukça yaygın ve çoğu kez ikincil gözenekliliğin kesin bir belirtisidir., Sedi-  
menler tane ya da çimento çoğu kez, tamamen çözünmez., Bazı tane ve çimento artıkları gözenek içinde ya da kenarlarında, gözlenebilir. Fakat bu durumlarda, oldukça, dikkatli olmalıyız.. Çünkü tamamlanmamış çimentolanmada aynı dokuyu gösterebilir.. Kemirilmiş (Corroded) yüzeylerin varlığı, artık poikilitik çimento kristallerinin uniform olarak sönmesi çimento içi gözeneklilik ve çimentodaki zonlu büyümenin kesilmesi otojenik çimentonun kısmi çözünmesinin belirtileridir (Şekil 4, B,F)

2- Mold: Tane moldlar kumtaşlarında oldukça yaygın ve sık olarak, gözlenir., Çözünmeden önceki tane., çimento ya da yerdeğiştirmiş minerallerin karakteristik izlerini gösteren moldlar ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında oldukça faydalıdır.

3- Homojen olmayan paketlenme (inhomogeneous packing): Bu kumtaşlarında oldukça yaygın ve faydalı bir ikincil gözeneklilik belirtisidir., Gevşekçe paketlenmiş taneler ile sıkıca paketlenmiş tanelerin, yan yana bulunması, çözülebilen matriks ya da çimentonun dağılımının başlangıçtaki farklı olduğunun bir belirtisidir. Sıkı paketlenmiş kesimler taneler arası matriks ya da çimentonun çok az ya da hiç olmaması nedeniyle bu kesimdeki tanelerin mekanik olarak sıkışması ya da kimyasal kaynaşması sonucunda gelişir.. Taneler arası çimento ya da matriksin varlığı, tane sıkışması ya da tane kaynaşmasını engeller., Diyajenezin ileri safhalarında bu çimento ya da matriksin çözünmesi gevşek, paketlenene kesimlerin oluşmasına sebep olur., Homojen olmayan paketlenme, en iyi şekilde, tabakalanmaya dik olarak, paketlenme» en iyi şekilde, tabakalan.maya dik olarak kesilmiş kesitlerde gözlenebilir (Şekil 4-0).. Homojen olmayan paketlenme, çoğu kez el örneklerinde çıprak gözle ya da lup aracılığı ile gezlenebilir.

4- Aşırı boyutlu gözenek (Oversized Pores): Kenarlarındaki tanelerin boyutundan daha büyük boyutlu gözenekler' kumtaşlarında oldukça, yaygındır ve ikincil gözenekliliğin önemli bir belirtisidir (Şekil 4-M). Aşırı, boyutlu gözenekler çoğu kez, homojen olmayan paketlenmeyle beraber gözlenir. Aşırı boyutlu gözenekler, kumtaşlarında kanal oluşumuna neden olabilirler ki bu da açıkça ikincil gözenekliliğe işaret eder.

Aşırı boyutlu gözenekler, çoğu kez el örneklerinde gözlenebilir.

5- Sıralanmış gözenekler (Flogated pores): İkincil gözenekliliğin iyi bir belirticisidir. Fakat bu kriter kullanırken dikkatli olunulmalıdır. Çünkü, birincil, olarak sıralanmış gözenekler, çok miktarda yassı taneler içeren kumtaşları ya da iyi paketlenmiş, oldukça köşeli çok küçük tanelerden oluşmuş kumtaşlarında oldukça yaygındır., Sıralanmış gözeneklilik (Şekil 4-M) en iyi olarak, ince kesitlerde gözlenir..

6- Kemirilmiş Tane (Corroded grains): Gözenek kenarlarındaki tanelerin kemirilme belirtisi göstermesi ikincil, gözenekliliğin varlığını işaret, edebilir. Genellikle kum. tane kenarlarında gelişen mineral yer değiştirmesi ya da mineral büyümesinin farklı derecelerde çözünmesiyle oluşur., Otijenik kuvars büyümesi gösteren kuvars tanelerinin kem.rilm.esi ikincil gözenekliliğin varlığının inandırıcı bir belirtisidir. Kemirilmiş tanelerin sedimanler prosesler sonucunda da oluşabilmeleri nedeniyle bu kriteri kullanırken dikkatli olmalıyız. Tanelerdeki diyajenetik kemrilme, ince kesitlerin mikroskop altında yada örneklerin elektron mikroskopla incelenmesiyle gözlenebilir<sup>1</sup> (Şekil 4-L),

7-Tane içi. gözeneklilik (Intra-constituent pores): İkincil gözenekliliğin iyi bir belirtisi olabilir.. Bal peteği şeklindeki tanelerdepolanma sonrası çözünmenin iyi bir belirtisidir., Çünkü bu yapı taşınma ya da gömülme esnasında kolayca yokedilir. Bal peteği şekilli taneler en iyi şekilde incekesitlerde gözlenir (Şekil 4-G-H).

8- Açık tane çatlaklar (Open grain fractures): Tane kaynaşması ya da. tane büyümesi gösteren, tanelerden oluşmuş kumtaşlardaki ikincil gözenekliliğin. tanım.lanmasın.da oldukça önemli bir kriterdir.. Tane çauâklanması en. iyi şekilde ince kesitlerin, mikroskop altında gözlenmesiye belirlenir (Şekil 4- A3)

## SONUÇLAR

Uzun bir süre öneminin farkına varılmayan ikincil gözenekliliğin kumtaşlarının diyajenezlerinde önemli rol oynadığı 1970lerden sonra yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucu ortaya çıkarılmıştır. Yerin derinliklerinde kumtaşlarında ikincil gözeneklilik oluşturan birçok mekanizma mevcuttur, ikincil gözeneklilik kumtaşlarının mineralojisine» dokusuna» yaşına ya da bulunduğu derinliğe bağımsız olarak oluşabilirler., Son yıllarda saptanan derin petrol yatakları bunun güzel bir kanıtıdır.

İkincil gözeneklilik, çoğu kez birincil gözenekliliğe çok benzer., fakat bazen oldukça değişik, dokulara, sahiptir., Bu nedenle ikincil gözenekliliğin varlığını tanımlamada birden çok kriterin .araştırılması gerekmektedir, Bir kriter tek başına yeterli olmayabilir.

Kumiaşlanndaki ikincil gözenekliliğin varlığı, belirli bir sayıdince kesilin iyi bir petrografik mikroskopa yukandaki kriterler kullanılarak tanımlanabilirler.

İnce kesit yapımı sırasında gözenek, kenarlarında yapılmış olası tatiribleri önlemek için kumtaşı örneklerinin renkli bir epoxy ile imprègne edilmesi, gerekmektedir.

Çoğu kez geleneksel petrografik, mikroskop ikincil gözenekliliğin tanımlanmasında yeterli olabilir. Fakat bazan tanımlanmanın doğruluğundan emin olabilmek için Cathodeluminescence mikroskop, Elektron mikroskop ya da microprobe analizlerine başvurulmalıdır.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Atwaiser, G.I. and EJE, Miller, 1965, The effect of decrease in porosity with depth on future development of oil and gas reservoirs in southern Louisiana (Abs): Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 49, p. 344.

BMiley, S.D. and J.D.. Kantorowicz, 1986, Thin section and S.E.M. textural criteria for the recognition of cement-dissolution porosity in sandstones: Sedimentology, v. 33, p. 587-604.

Chepikov, K.P., Y.P. Yermolova and N.A. Orlova and N.A., Orlova, 1961, Corrosion of quartz grains and examples of the possible effect of oil on the reservoir properties of sandy rocks: Doklady of Academy of Sciences of the USSR, Earth Science Sections, v. 140, P. 1111-1113 (In English).

Hayes, J.B., 1979, Sandstone diagenesis- the hole truth, SEPM Special Publication 26, p. 127-139.

Maxwell, J.C., 1964. Influence of depth, temperature and geologic age on porosity of quartzose sandstone. Am, Assoc. Petroleum Geologist Bull. v. 60, p. 543-553.

McBride E.R, 1977, Secondary porosity, importance in sandstone reservoirs in Texas; Transactions of the Gulf Coast association of Geological Societies, v. 27, p. 121-122,

Pittman, E.D., 1979, Porosity, diagenesis and productive capacity of sandstone reservoir, SEPM special Publication 26, p. 159-173.

Proshlyakov, B.K., 1960, Reservoir rocks as a function of their depth and lithology Geo. Neffı Gaza, v. 4, no. 12, p. 24-29.

Savkevich, S.S., 1969, Variation in sandstone porosity in lithogenesis (as related to the prediction of secondary porous oil and gas reservoir): Doklady of Academy of Sciences of the USSR, Earth Science Sections, v. 184, p. 161-163 (in English)

Schmidt, V., D.A. McDonald, and R.L. Platt, 1979, Pore geometry and reservoir aspects of secondary porosity in sandstones: Canadian Soc. Petroleum Geologists Bull, v. 25, p. 271-290.

Schmidt, V., and D.A. McDonald, 1979 a. The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis: SEPM Special Publication 26, p. 175-207.

Schmidt, V., and D.A. McDonald, 1979 b, texture and recognition of secondary porosity in sandstones: SEPM Special Publication 26, p. 209-225.

Shanmugan, G., 1984, Secondary porosity in sandstone: Basic contribution, of Chepikov and Savkevich: AAPG Bull. v. 68 P., 106-107.

Shanmugan, G., 1985, Significance of secondary porosity in interpreting sandstone composition: AAPG Bull. v. 69 p. 378-384.

Surdam, R.C., Crossey, L.J., 1987, Integrated diagenetic modelling: A process-oriented approach for clastic systems; Ann. Rev. Earth Planet. Sei., v. 15, p. 141-170.

Surdam R.C, and Crossey L.J., 1984, The chemistry of secondary porosity. In D.D. McDonald and R.C. Surdam (eds), Clastic Diagenesis; Amer. Assoc. Petrol. Geologists Memoir., 37, p. 127-149.

Tissot, B.P. and Weite, D.H., 1982, Petroleum Formation and occurrence, New York, Springer-Verlag 638 pp.