

miricilerden yalnızca *Progonomys* ve *Occitanomys* çalışma bölgemizde bulunmuştur, bu zonlarda ayırtmanın özellikteki tür olarak yer alan diğer türlere rastlanmamıştır.

Bütün bunlar Mein'in zonlamasının Türkiye kemirici fosil topluluklarına doğrudan doğruya uygulanamayacağını göstermektedir. Bu doğaldır, çünkü Türkiye farklı bir biyoprovenste bulunmaktadır. Her provensin kendine özgü fosil toplulukları vardır. Ayrıca, ortak olan fosillerin yaş konakları da bir provenste diğerlerinden farklı olabilir. Bu nedenle, zonlama türlerinden hangisi kullanılırsa kullanılsın, bunların stratigrafik olduğu kadar coğrafik sınırları da vardır. Uzak bölgeler arasındaki zaman denestirmeleri, ancak sağlıklı ve ayrıntılı yerel ve bölgesel stratigrafiye dayandırılırlarsa sağlam ve güvenilir olarak yapılabilir. Standart olabilecek yerel bir biyostratigrafik istif kurmak Türkiye için de gereklidir. Memeli fosiller, karasal Tersiyer çökelleri için bu olanağı verir. Kurulacak istif mutlak yaş tayinleri, manyetostratigrafi, pollen toplulukları ve denizel biyozonlarla denetlenmelidir. Ancak bu şekilde diğer bölgelerle daha güvenilir zaman karşılaştırmaları yapılabilir.

#### KATKI BELİRTME

Bu yazı için gerekli kaynakları sağlayan Dr. Hans De Brujin'a ve çizimler için Neşe Oral'a teşekkür ederim.

## Çökellerin Kayaca Dönüşümü ve Bu Kayaçlarda İkincil Değişimler : Diyajenez ve Metajenez

Mustafa KARABIYIKOĞLU Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Jeoloji Dairesi, Ankara

#### GİRİŞ

Diyajenez, çökellerde çökme sonrası başlayan ve çökellerin çökel kayaca dönüşümüne değin işleyen süreçler dizisini tanımlar. Metajenez ise diyajenez sonrası evrede gerçekleşen ikincil değişimlerdir.

Çökellerin, çökel kayaca dönüşümü sırasında geçirdiği değişimler ve diyajenezin evreleri petrol ve kömür araştırmalarında önemli bir yer tutar. Örneğin, diyajenetik tepkimeler çökellerdeki organik gerecin değişimini denetler ve petrol oluşumuna neden olur. Hidrokarbonların yoğun değişim süreci katajenez evresinde başlar. Petrol göçü ve kapanması olayı

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Savage, D. E., 1955, California Univ. Publ. Geol. Sci. 31, 1 - 26.
- [2] Tedford, R. H., 1970, Proc. North Amer. Paleont. Conv., 666 - 703.
- [3] Osborn, H. F., 1910, MacMillan Co, New York. 635 s.
- [4] Thenius, E., 1959, Handbuch der stratigraphischen Geologie. 111, 2, 328 s.
- [5] Thaler, L., 1965, C. R. Som. Geol. France, 4, s. 118.
- [6] Bruijn, H. de ve van Meurs, A.P.H., 1967, Kon. Ned. Akad. v. Wetensch. Proc., B, 70, 113 - 143.
- [7] Bosma, A. A., 1974, Utrecht Micropal. Bull. Spec. Publ., 9 - 126.
- [8] Mein, P., 1975, Report on Activity of the R.C.M.N.S. Workings Groups, Bratislava, 78 - 81.
- [9] Weerd, A. van de, Utrecht Micropal. Bull., Spec. Publ., 217 p.
- [10] Fahlbusch, V., 1976, Newsl. Stratigr., 5, 160 - 167.
- [11] Hedberg, H. D., 1976, International stratigraphic guide. Wiley ve Sons, New York, 200 s.
- [12] Sickenberg, O. ve diğerleri, 1975, Geol. Jb., B, 15, 167 s.

da diyajenetik tepkimelere bağımlı olarak gelişir ve büyük ölçüde katajenez evresinde gerçekleşir. Öte yandan, kömürleşme süreci de diyajenetik tepkimelerin bir sonucu olarak katajenez evresinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla petrol ve kömür araştırmalarında diyajenez sürecinin, özellikle katajenez evresinin ve kuşağının dağılım ve uzanımının ayrıntılı olarak bilinmesi bir gereksinimdir.

Bundan ötürü çökelbilimciler son 30 yılda diyajenez konusunda olağanüstü bir ilgi göstermiş ve bu konuya ilişkin çok yönlü araştırmalar sürdürmüşlerdir. Günümüzde diyajenez konusuna ilişkin yayınlanmış pek çok yapıt olmasına karşın, ülkemizde bu



konuya ilişkin çalışmalar ve yayınlar çok sınırlı bir düzeyde kalmıştır [1, 2].

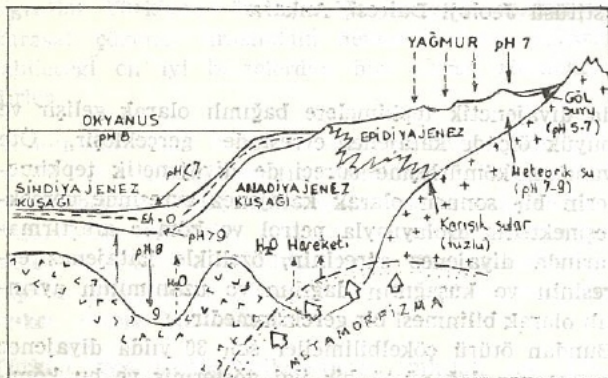
Bu yayın bu konudaki boşluğa katkıda bulunmak amacı ile hazırlanmıştır. Burada diyajenez olgusunun genel bir tanıtımı yapılacak ve çökellerin çökel kayaca dönüşümüne değin geçirdiği süreç ile taşlaşma sonrası geçirdiği değişimin fizikokimyasal doğası ortaya konulacaktır. Bu çalışma, çökellerin oluşumu ve çökel kayaca dönüşümü konusunda özgün çalışmalar yapmış olan Strakhov'un [3] görüşlerinden kalkılarak hazırlanmıştır.

## DIYAJENEZ

Diyajenez herhangi bir çökel kütlede, çökellerin depolanmasını izleyen evreden, çökel kayaca dönüşümüne değin geçen sürede gerçekleşen fiziksel, inorganik kimyasal veya biyokimyasal değişimlerin bütünü olarak tanımlanır. [4, 5, 6]. Yüksek ısı ve basınç altında çökel kayaların bileşim, doku ve iç yapılarının değişmesi süreci, diğer bir deyişle metamorfizma, diyajenez sonrası gerçekleşen bir olaydır.

Diyajenez teriminin kökeni oldukça eskiye gitmektedir. Bu terim ilk kez Von Gumbel (1868) tarafından çökellerde, çökelleme sonrası işleyen süreçleri tanımlamak için önerilmiştir. Ancak terimin yaygın olarak kullanılması Walther'in (1894) bu terimi kullanması ve tanımlaması ile başlar. Walther'e göre diyajenez, çökellerin kaya basıncı ve magma sıcaklığı etkisinde kalmaksızın geçirdiği tüm fiziksel ve kimyasal değişimlerdir.

Diyajenez süreci çökellerin depolanması ile başlar, ve taşlama (lithification) olayı ile son bulur. Bu süreç içinde yeni minerallerin oluşumu, çökellerdeki maddelerin yeniden kristallenmesi ve dağılımı ile sıkışma, çimentolanma ve taşlaşma olayları gerçekleşir. Diyajenezin gerçekleşmesi için geçen zaman aralığı diyajenez evresidir. Fairbridge [5] diyajenez evresindeki değişimlerin sınır ve boyutlarını tanımlamak için diyajenetik fazlar kavramını gündeme getirmiştir. Fairbridge'e göre diyajenez üç alt evrede ele alınabilir: 1 — Sindiyaenez alt evresi, 2 — Anadiyaenez alt evresi, 3 — Epidiyaenez alt evresi (Şekil 1).



Şekil 1. — Bir kıta kenarındaki çağdaş denizel çökelleme alanlarını ve diyajenezin evrelerini gösteren kesit [5].

Bunlardan sindiyajenez, diyajenezin başlangıç evresidir. Çökelleme evresi olarak da tanımlanan bu evre, çökellerin deniz tabanına inmesinin ardından, çökeller ile deniz suyu arasında gerçekleşen ilk tepkimeler ile başlar. Sindiyaenez 0-100 m arasında değişen bir derinlikte ve bin ile yüzbin yıl arasında değişen bir zaman aralığında gerçekleşir. Bu alt evrede; a) başlangıç ve b) erken gömülme aşamaları ayırt edilmiştir. Sindiyaenez süresinde çökellerde görülen değişimler çökelleme ortamının oksitleyici ve indirgeyici koşulları altında gerçekleşir. Oksitleyici koşullar başlangıç, indirgeyici koşullar ise erken gömülme aşamalarını nitelendirir. Bu değişimler çoğunlukla erken taşlaşma ve eşzamanlı, yerinde yeni mineral oluşumuna (syngenetic authigenesis) neden olur.

Anadiyaenez, derine gömülmenin yanı sıra metamorfizma olasılığının geçerli olduğu evredir. Bu evrede çökellerin sıkışması ve olgunlaşması söz konusudur. Kırıntılı çökeller bu evrede sıkışma ve çimentolanma sonucu çökel kayaca dönüşür. Anadiyaenezin başladığı derinlik sınırı sindiyajenezin alt sınırı (0-1000) ile başlar, ve 10 bin m derinliğe değin uzanır. Anadiyaenez  $10^3$  ile  $10^8$  yıl arasında gerçekleşir.

Diyajenezin son alt evresi olan epidiyaenez, taşlaşma sonucu oluşan çökel kayacın yeniden yüzeye çıkışı ve atmosfer koşullarına açılışıdır. Epidiyaenez  $10^3$ - $10^9$  yıllık bir zaman aralığında ve 1 ile bin m arasında değişen bir derinlikte gerçekleşir. Yüzeğe yeniden çıkan bu çökel kayalar üzerinde günlenme (Weathering) sonucu başlayan ayrışma ve bozuşma süreçleri ile diyajenez olayı son bulur.

Görülmektedir ki, diyajenez kavramı herhangi bir kaynak kayacın ayrışması ile başlayan ve yeniden çökel kayaca dönüşümü ile son bulan bir çökelleme döneminin (sedimentation cycle) son evresinde gerçekleşen süreç ve değişimleri kapsamaktadır.

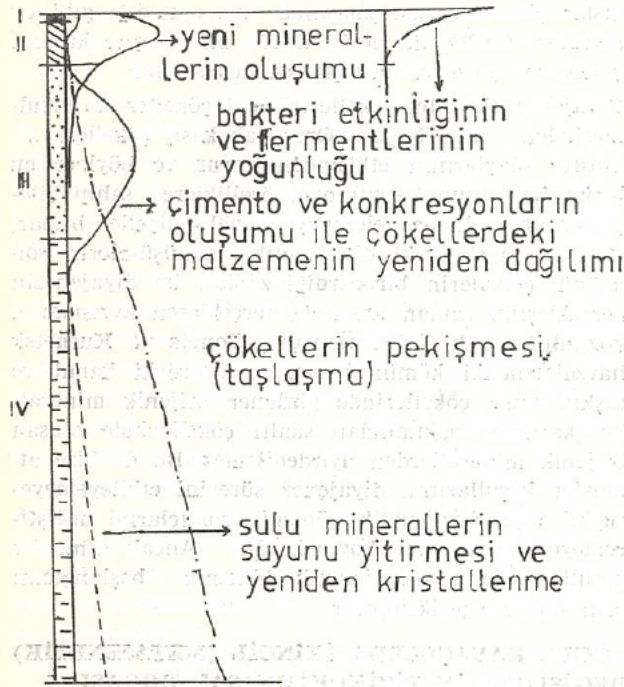
Ancak Strakhov [3] kaynak kayacın ayrışması ile oluşan gerecin, oluşumundan tekrar kayaca dönüşümüne değin geçirdiği uzun evrimi (çökelleme dönemi), iklim ve tektonik etkenler ile belirlenen ve düzenli olarak süregiden bir jeolojik süreç olarak tanımlar. Litojenez olarak adlandırdığı bu evrimi üç alt evrede ele alır; 1) Sedimentojenez 2) Diyajenez ve 3) Metajenez

Sedimentojenez akaçlama alanlarında ve navzalarda çökel oluşumu ve dolgulanmasına ilişkin süreçleri içerir, ve çökel kayaların oluşumunun ilk evresini kapsar.

Diyajenez ise, çökelleme sonrasında, çökellerin çökel kayaca dönüşmesi sürecidir. Bu, çökellerin depolanması ile başlar ve kayacın oluşumuna değin sürer. Ancak su altında (deniz ve göllerde) gerçekleşen diyajenez ile atmosfer koşulları (karasal ortamlar) altında gerçekleşen diyajenez farklılıklar sunar (şekil 2). Metajenez evresi ise oluşan çökel kayacın geçirdiği ikincil değişimleri tanımlar. Katajenez ve erken me-



tamorfizma (Proto - metamorphism) aşamaları ile tanımlanan bu evre de litojenezin son dönemi olmaktadır.



Şekil 2 — Çökellerdeki diyajenetik evreler ve süreçler [3].

### SUALTI KOŞULLARINDA DİYAJENEZ

Gölsel veya denizel havzalarda yeni çökelmiş gereç daima kolayca ufalanabilir ve akışkan bir kütle halindedir; mikroorganizmalarca (bakteriler) zengindir ve kısmen katı, kısmen de sıvı ve gaz halinde olabildiğince çeşitli kimyasal-mineralojik gereç içerir. Bu maddelerin birleşmesinde en önemli özellik, birbirleri ile karşılıklı tepkime yapabilecek durumda olan pek çok bileşen arasındaki dengenin yokluğudur. Bundan ötürü bu çökeller duraysız bir fizikokimyasal sistem oluştururlar.

Gerçekten bu çökeller  $SO_4$ ,  $Fe_2O_3$ , n,  $H_2O$ ,  $Mn$  hidroksitler ve bunlar gibi oksijence zengin ve oksijen verebilen maddelerin yanı sıra az veya çok miktarda serbest oksijen içerirler. Ayrıca bu çökellerde ölü organik gerecin yanı sıra, yaşamını sürdürürebilmek için  $O_2$  gereksinimi olan çeşitli organizmalar ve bakteriler de bulunur. Çamurlardaki gözenek suyu dipteki sudan pek farklı olmamakla beraber, genel olarak  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $SiO_2$ , fosfatlar veya diğer bileşenlerce doymun değildir. Fakat çökeller normal olarak biyojenetik olarak çökelmiş veya aslı gereç olarak gelişmiş kalsit içerir. Kil mineralleri ise soğurulmuş (absorbed) durumda çeşitli kasyonlar içerirler ve kasyonlar çamurdaki suyun ilk bileşiminden farklıdır.

Görülebileceği üzere, havzada yeni çökelmiş gereç iç dinamik olarak dengeye ulaşmamış ve birbirleriyle tepkimeye girebilecek olan bir maddeler sistemidir. Do-

layısıyla fizikokimyasal anlamda dengesiz bir sistem oluşturmaktadır. Doğal olarak gereç dibe çökmez, çökellerdeki dengeyi sağlamaya yönelik bir dizi süreç işlemeye başlar ve maddeler arası gerçekleşen çeşitli kimyasal dönüşümler sonucu fizikokimyasal dengenin gerçekleştiği bir sistem oluşur ve kayaca dönüşüm gerçekleşir.

İşte, yerkabuğunun yüzeyinde varolan termodinamik koşullar altında gerçekleşen ve karmaşık, çok bileşenli maddelerden oluşan çökel sistemdeki dengeyi sağlamaya yönelik süreçler dizisi, çökellerin diyajenezi veya çökellerin kayaca dönüşümü olarak tanımlanmaktadır.

Denge, birbirleriyle yakın ilişkili ve bütün olarak süreklilik gösteren bir fizikokimyasal süreçler dizisi sonucu gerçekleşir.

Bu süreçlerin ilki, çamurlardaki sudan serbest oksijenin organizmalar tarafından soğurulması olayıdır. Bunu izleyerek  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+4}$ , V, Cr hidroksitlerinin ve sülfatların ( $SO_4^{-2}$ ) indirgenmesi başlar. Çökellerdeki ortam böylece oksitlemeden indirgemeye dönüşmüştür ve oksitleme - indirgenme potansiyeli düşmüştür, pH değeri genel olarak yükselmiştir. Çökellerde bulunan  $SiO_2$ ,  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  gibi katı maddeler bu bileşenlerde doymun olmayan su ile uzun süre boyunca ilişkide olduğundan ötürü, bu maddeler giderek erir ve doymun eriyikler durumuna erişir. Bu arada kil mineralleri tarafından soğurulmuş kasyonlar ile çamurlardaki suyun kasyonları arasında karşılıklı değişim olur. Bunun sonucu olarak, hem çamurlu eriyiğin hem de killi minerallerin bileşimlerinde değişimler gerçekleşir ve pek çok minör element çeşitli miktarlarda çamurlu eriyiğe eklenir. Aynı zamanda organik maddenin kendisi de bozular ve bunun sonucu olarak bir kısmı  $CO_2$ ,  $H_2S$ , H,  $N_2$ ,  $NH_3$  gazlarına ve suda eriyebilen bileşenlere dönüşür; diğer bir kısmı ise çökellerde, katı madde biçiminde duraylı karmaşıklar olarak korunur.

Bu süreçler sonucu olarak çökellerdeki, özellikle killi çamurdaki suyun niteliği belirgin olarak değişir. Bu su, az çok sülfatlardan arınmıştır ve alkali içeriği belirgin olarak artmıştır. Aynı zamanda  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $SiO_2$ , organik gereç, fosfatlar ve minör elementlerce zenginleşmiş ve yiten  $O_2$  yerine  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ , H almıştır. Eh çok belirgin olarak -150 -300 e değin düşmüştür, pH ise 6.8 ile 8.5 arasında değişen değerler almıştır.

Tüm bu değişimler sonucu, çökellerdeki ortamsal koşullar ile havza tabanındaki dip suyunun ortamsal koşulları birbirlerinden farklı olarak ayrılmaktadır. Çamurlu eriyiğin oluşumu birbirinden öz olarak farklı iki önemli sürecin doğmasına neden olur:

1. Dip suyu ile çamurlu eriyik arasındaki maddelerin değişimi sürecidir. Burada diyajenez sırasında çökellerden ayrılan  $O_2$  ve  $SO_4^{-2}$  ile  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  dip suyundan tekrar çamur suyuna difüzyon yolu ile katılır ve çamur tarafından soğurulur. Diğer taraftan  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  gibi çamurda biriken gazlar ile çamurlu eriyiği zenginleştiren  $Mn^{+2}$ , P,  $Fe^{+2}$ ,



SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub> ve diğer bileşenler yavaşça dip suyuna karışır. Dip suyu ile çamurlu su arasındaki değişim, S ve Mg<sup>2+</sup> gibi bazı bileşenlerin çökellerde büyük miktarlarda birikmesine neden olduğu gibi, çökellere biyojenik olarak getirilmiş SiO<sub>2</sub> gibi bazı bileşenlerin de tümüyle ortadan kalkmasına neden olur.

2. Çökellerde diyajenetik mineral oluşumuna neden olan süreçtir. Eriyikte bulunan çeşitli iyonların birleşmesi ergeç doygun duruma erisecek ve bunun sonucu olarak çökelmeye başlayarak diyajenetik mineral oluşumuna neden olacaktır. Bu tür mineraller kapsamında leptoklorit, siderit, demir sülfitler, kurşun, çinko yer almaktadır.

Diyajenetik mineral oluşumu diyajenez olayının sonunu vurgulamaz. Çökellerin çeşitli birimlerindeki fizikokimyasal ortamın (pH, Eh ve iyon yoğunlaşmalarındaki) değişikliği, diyajenetik minerallerin yeniden dağılımına neden olur. Bu dağılım çökellerde önce tekdüze bir dağılım olarak görülür ve bu da giderek düzensiz bir dağılıma geçiş yapar. Böylece birbirleri ile ilişkili, karmaşık süreçler dizisi sonucu olarak başlangıçta fizikokimyasal dengeden yoksun olan oynak reaktif maddeler sistemi zamanla iç dengeye ulaşmış bir sisteme ve çökeller de kayaca dönüşür.

Fizikokimyasal değişimlerle eşzamanlı olarak çökellerin fizikomekaniksel özelliklerinde de değişimler gerçekleşir. Çökeller iyice sıkışır ve serbest gözenek suyu çökelleri terkeder. CaCO<sub>3</sub> ve silisçe zengin çökeller az çok sıkı bir görünüm kazanır. Ancak bütün bu sıkılaşıma ve taşlaşma genel olarak yerseldir. Bütün olarak gözetilirse, oluşan kayacın büyük bir bölümü tutturulmamış ve kolayca ufalanabilir bir durumdadır ya da plastik bir görünümü vardır.

Burada unutulmaması gereken şey, diyajenez olayını belirleyen süreçlerin, çökellerin oluştuğu kuşakta var olan etkin termodinamik koşullar altında işlemedir. Yerel olarak 1° - 2° C'den fazla 8° - 10° C'ye doğru görülen bir artış; basıncın 2 atm.'den 20 - 30 atm.'e değin çıkması diyajenez olayının genel durumunu değiştirmez. Bu, diyajenez olayının, diyajenez döneminde süregiden karmaşık fizikokimyasal süreçlerin gerçekleşmesini sağlayan enerji sisteminde bulunan termodinamik koşulların değişiminden kaynaklanmadığını, fakat sedimentojenez döneminde stoklanan ve sistemi dengelemeye yönelik süreçlerin işlemesi sırasında serbest bırakılan, sistemin kendisinde var olan iç enerjisinden kaynaklandığını ortaya koyar. Diyajenezin itici gücü, sistemdeki maddeler arası içsel dengesizliğin bir sonucudur ve bu dengesizlik, reaktif maddelerin mineral biçimlerinin değişimleri ve bu maddelerin birbirleri ile denge sağlamaları ile giderek ortadan kalkar.

#### KARASAL ÇÖKELLERİN DİYAJENEZİ

Atmosfer koşullarına açık deluvium, proluvium, aluvium gibi karasal çökellerin diyajenez, sualtı koşullarında gerçekleşen diyajenezden tümüyle farklıdır. Karasal çökeller havanın, yağışların ve bu çökeller üzerinde yaşayan bitkilerin etkisine tümüyle

açıktır. Yağmur sularında eriyik halde bulunan CO<sub>2</sub> ve organik asitler, karasal çökellerin mineral bileşenlerinin ayrışmasında ve bu çökellerde eriyebilir tuzların yıkanmasında rol oynayan etmenlerdir. Yağışlar çökellerin ayrışmasında rol oynadığı gibi bu çökellere CaCO<sub>3</sub> da iletir. Bütün bu süreçler karasal çökellerde yalnızca bozuşmaya neden olur.

Diyajenez olayı bu çökellerin yeni çökeller ile örtülmesinden sonra başlar. Örtü tabakası, çökelleri atmosfer olaylarının etkisinden korur ve böylece bu birim ile bunun karşısı olan özelliklere sahip bileşenler arasında dengelenmeye yönelik ilişkiler başlar. Karasal çökellerdeki diyajenetik dönüşümlerin son ürünü, çökellerin biriktirdiği zaman ile diyajenezin gerçekleştiği zaman arasında gerçekleşen ayrışmanın yoğunluğuna bağlıdır. Örneğin, Donets ve Kutnetsk havzalarındaki kömür içeren istiflerdeki kanal ve taşkın ovası çökellerinde gözlenen otijenik mineraller, karakter bakımından sualtı çökellerinde oluşan otijenik minerallerden ayırılmaz. Bu da bize atmosfer koşullarının diyajenez sürecini etkileyemeyeceğini veya diyajenetik dönemin sonuçlarını değiştiremeyeceğini ortaya koymaktadır. Ancak atmosfer koşulları, daima diyajenetik dönemin başlangıcını uzun bir süre geciktirebilir.

#### ÇÖKEL KAYAÇLARDA İKİNCİL (METAJENETİK) DEĞİŞİMLERİN FİZİKOKİMYASAL DOĞASI

Diyajenez izleyen evrede, daha uzun süreli olan bir dönem başlar ve bu dönem boyunca kayaçlarda ikincil değişimler görülür. Bu metajenez dönemidir. Çökel kayaç, oluşumundan sonra yer kabuğu hareketleri ile derinliklere götürülür ve burada daha belirgin olarak değişen termodinamik koşulların etkisinde kalır. Aynı zamanda kayacı oluşturan maddeler ile kayacın karşılaştığı termodinamik koşullar arasında giderek artan uyumsuzluk görülür. Bu uyumsuzluk kayacın yapısında ve dokusunda daha hızlı değişimlerin doğmasına neden olur. Tüm bu değişimlerin birleşmesi metajenez olarak tanımlanır. Bu süreçler sonucunda çökel kayaç metamorfik kayaca dönüşür. Metajenezin uzun dönemi sırasında iki dönem ayırdedilebilir: Katajenez ve erken metamorfizma (protometamorfizma).

Katajenez safhasında, termodinamik koşullar basınçta ve sıcaklıkta artma ile belirlenir. Basıncı 800-900 atm'e değin çıkar, sıcaklık ise 90° - 100° C'ye ulaşır.

Çökel kayaçların derinlere doğru gidildikçe giderek sıkıştığı ve taşlaşmaya uğradığı görülür. 3 - 3,5 km derinlikte kumların yerini artık kumtaşları, siltlerin ve killerin yerini silttaşları ve kilttaşları almıştır. Aynı zamanda çökel kayacın mineral bileşimi, dokusu ve yapısı az çok bir değişime uğramıştır. Ancak kayacın petrografisi ve çökel özellikleri değişmemiştir. Katajenez safhasında görülen değişme, değişen termodinamik koşullara karşı çökel kayacın gösterdiği tepkime sonucu olmuştur. Bu değişimler, yalnızca sıkılaşıma ve kayacın mineral bileşiminin ikincil bozuşmaları sırasındaki taşlaşmadır.



Katajenenez sırasında kayacın kimyasal-mineralojik değişimleri sınırlı olmasına karşın, bu değişimlerin doğası önemlidir. Killi kayaların taşlaşması sırasında önemli miktarda su dışarı atılır. Bu suyun bir kısmı kırıntılı ve karbonatlı kayaların gözeneklerini doldurur, diğer kısmı ise kayaların çatlaklarını doldurur. Bu taban suyu tuzlarla birleşir ve gözenek suyundaki tuz miktarı 250-300 gr/lt'ye değin ulaşır. Bu tuzlanma sırasında su, killi kayalar ile katyon alışverişinde bulunur ve kalsiyum klorür suyuna dönüşür. Diğer taraftan jips, anhidrit, florit çökelişi gerçekleşir ve kayaçta, özellikle karbonatlı kayalarda az çok belirgin bir sülfatlaşma görülür. Taban suyunun tuzlanmasından ötürü, pH ve oksitlenme-indirgenme potansiyeli kısa mesafelerde değişir ve dolayısıyla kayacın içindeki fizikokimyasal koşullarda bir değişim gelişir. Bu da katajenenez sırasında maddelerin yeniden dağılımına neden olur. Bazı yerlerde kırıntılı bileşenlerin pek çoğu (kuvars, ağır mineraller gibi) erimeye başlar, diğer yerlerde ise, farklı koşullar altında, eriyik halinde bulunan bileşenler çökerek bir miktar belirgin otijenik minerallerin oluşumuna neden olur (Örneğin anatas, rutil, biyotit, klorit, feldispatlar, epidot, vb. gibi). Bu tür otijenik mineraller özellikle kumtaşlarında egemendir. Kireçtaşlarında ise az miktarda bulunabilirler.

Maddelerin katajenik devredeki değişiminde tuzlu taban suyu kadar basıncın da eritici etkisi vardır. Çimento içermeyen polimiktik kumtaşlarında basınç, kum tanelerinin birbirlerine değdiği noktalarda çok etkin olur ve tanelerin erimesine ve erimiş gerecin de komşu alanlarda birikimine neden olur. Bundan ötürü kumtaşı taneleri arasında mikrostilolitik izler gelişir. Aynı zamanda tanelerde büyümeler ve otijenik mineral gelişimi görülür. Bu süreçlerin et-

kinliği başlıca ilk gerecin bileşimi tarafından denetlenir.

Katajenik kuşağın üst bölümündeki organik gereç CO<sub>2</sub>'nin ortadan kalkmasına neden olur ve gaz birikimlerinin kayacın gözeneklerinde toplanmasına neden olur. 1,5 km yi aşan derinliklerde iyice sıkışan bu gazlar kayaçtaki petrol bileşenlerinin ortaya çıkmasına ve petrol depolarının gelişimine neden olur. Bundan ötürü katajenik dönem petrol oluşumu için önemli bir devredir.

Katajenik dönemde minerallerde aşırı büyümeler görülmesine karşın bu değişimler çökel kayacın özelliklerini fazla değiştirmez, ve kayacın iç yapıları tümüyle korunmuş olarak kalır.

Katajenizi izleyen erken metamorfizma devresinde kayaçta önemli değişiklikler yer alır. Erken metamorfizmada gerçekleşen en önemli olay minerallerin değişimleridir. Bunu, kayacın yapısı ve dokusunda görülen değişimler izler. Katajenenez aşamasında çok az etkilenen kil mineralleri erken metamorfizmada giderek tahrip olur ve suyunu tümüyle kaybeder. Benzer değişimler su içeren diğer minerallerde de görülür. Bunun sonucu olarak diaspor korunda, götit hematite dönüşür.

#### YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] Görür, N., 1981, Yeryüvarı ve İnsan 1-2, 62-66.
- [2] Balkaş, Ö., 1983, Petrol ve Aramacı, 12, 3.
- [3] Strakhov, N. M., 1967, Principles of Lithogenesis, Fitisimos, 1967.
- [4] Larsen, G., ve Chilingar, G. V., 1967 Diagenesis in Sediments'de, Elsevier, 1967, 1-17.
- [5] Fairbridge, R. W., 1967, Diagenesis in sediments'de, Elsevier, 18-89.
- [6] Fairbridge R. W., 1978, The Encyclopedia of Sedimentology, Dowden, Hutchinson ve Ross, Inc.

## Kömür Oluşumunun Fiziksel ve Kimyasal Koşulları

Fuzuli YAĞMURLU Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Bornova - İzmir

### GİRİŞ

Kömür, en düşük ısı değerli turba ile, en yüksek ısı değerli antrasiti içine alan geniş anlamli bir yakıt kaynağıdır. 1976 yılına göre dünyada bilinen doğal enerji kaynaklarının toplam rezervi 900 milyar tona (7000 kcal/kg ısı değerli taşkömürüne eşdeğer) ulaşır. Bu rezervin % 61,5 ini taşkömürü ve linyit oluşturur. Yeryüzündeki petrol ve doğal gaz rezerv-

lerinin hızla tükenmekte olduğu gözününe alınırsa bu oran kömür lehine sürekli değişmektedir [1]. Bütün bu veriler, enerji kaynağı olarak kömürlerin yakın gelecekte giderek daha çok önem kazanacağını vurgular.

Kömürlerin sınıflandırılması, ısı değerine, karbon oranına, uçucu madde miktarına, nem oranına ve yansıma şiddetine göre yapılmaktadır. Şekil 1 de