



Mavi Gezegen

Popüler Yerbilim Dergisi

Yıl 2006 • Sayı 13



Zonguldak Karaelması

Kırmızı Tortullar

Doğal Köprüler, Utah (ABD)

Deprem Geliyorum Diyebilir mi?

Kehribar

En Kıymetli Mineral: Yeşim

Yapıtışı Olarak Travertenler

Sıvı Kapanım

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır



Sahibi

TMMOB
Jeoloji Mühendisleri
Odası Adına
İsmet Cengiz

İMO Yönetim Kurulu

İsmet Cengiz
Bahattin Murat Demir
Dündar Çağlan
Çetin Kurtuluş
Hüseyin Alan
Buket Ecemiş Yararbaş
Serap Durmaz

Editör / Yayın Yönetmeni

Veysel Işık
isik@eng.ankara.edu.tr

Editör Yardımcıları

M. Cihat Alçıçek
alcicek@pau.edu.tr

Korhan Esat
esat@eng.ankara.edu.tr

Adres ve Dergi Merkezi

Mavi Gezegen Dergisi
PK 464 06444
Yenişehir / Ankara

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
Bayındır Sokak 7 / 11
06410 Yenişehir / Ankara

Grafik ve Tasarım

Korhan Esat

Yayın Türü : Yerel Süreli Yayın
Baskı : Berkay Ofset
Ali Suavi Sokak No: 1/27
Maltepe-ANKARA
Tel : 0.312 231 28 42
Baskı Tarihi : 22 / 03 / 2007
Baskı Adedi : 2000

Mavi Gezegen Dergisi

Mavi Gezegen, yerbilimleri ve yerbilimleri ile yakın ilişkili diğer bilim dallarına ait bilgileri ve bu konudaki teknolojik gelişmeleri okuyucuya sunan popüler bir dergidir. Bu çerçevede insanoğlunun karşılaştığı, merak ettiği, bilgi sahibi olmak istediği jeoloji ve alt dalları, coğrafya ve çevre ile ilgili özgün yazı, derleme ve diğer dillerden çeviri yazılarını yayımlar.

Bu Sayıda

Sayın Okuyucumuz,

Kömür hala önemli fosil yakıtlar arasındadır. Zonguldak havzası Türkiye'nin Karbonifer yaşlı işletilen tek kömür alanıdır. 19. yüzyılın ilk yarısından itibaren işletilmeye başlanan bu kömürler ile ilgili temel bilgiler ve bölge insanına olumlu olumsuz katkıları "Zonguldak Karaelması" başlıklı yazıda sunulmaktadır.

Çevrenizde her renkte kaya oluşumları görmemiz olasıdır. Kayaların farklı renkte olmalarının nedenleri pek çok çalışma ile ortaya konulmuştur. Yerkabuğunda yaygınca bulunan kaya çeşitlerinden biri de tortul kayalardır. Bunlardan bazıları çarpıcı bir şekilde kırmızı renkte görünür. İşte bu tortulların neden kırmızı renkte olduğu "Kırmızı Tortullar" başlıklı yazıda ele alınmıştır.

Doğanın sanatçı kimliğine bir şekilde tanıklık ettiğimiz anlar vardır! Doğrusunu söylemek gerekirse bunların bazıları oldukça çarpıcı olabiliyor. ABD'nin Utah eyaleti milyonlarca yıl öncesi oluşan kumtaşı köprüleri ile ünlüdür. Doğal parklar içerisinde korunmaya alınmış bu doğa eserlerinin nasıl oluştuğu "Doğal Köprüler" yazısında anlatılmaktadır.

Deprem... Herkesin kelime dağarcığı içerisinde sıkça telaffuz ettiği bir kelime. Yerbilimciler deprem ile ilgili çalışmalarını hız vererek sürdürmektedirler. Acaba insan yaşamını olumsuz etkileyen bu doğal afeti, oluşmadan önce bilmek mümkün mü? Bu sorunun cevabını "Deprem Geliyor Diyebilir mi?" yazısında irdelenmektedir.

Kehribar, pek çok medeniyetlerin hazineleri arasındadır. Ağaç reçinesi ve canlı, cansız çeşitli maddenin bulunduğu bu oluşum pek çok araştırmaya konu olmuştur. Eğer Kehribar'ı detayları ile merak ediyorsanız bu sayımıza göz atmanız yeterli olacaktır.

Bu sayımızda keyifle okuyacağınızı umduğum bir mineral yazısı bulacaksınız. Kendine has rengi ve güzelliği ile ilgi çekici olan bu mineral yeşimdir. Süs taşları arasında önemli bir yeri olan ve mineralojideki adıyla piroksen olan bu mineralin özellikleri ve konu olduğu efsane "En Kıymetli Mineral; Yeşim" başlıklı yazıda verilmektedir.

Estetik ve dayanım başta olmak üzere çeşitli nedenler ile kayalar kaplama taşı olarak kullanılmaktadır. Kendine has rengi, görünümü ve işlenebilirliği travertenleri önemli yapı taşı sınıfına sokar. Ulu önder Atatürk'ün ebedi istirahatında bulunduğu Anıtkabir, traverten ile kaplıdır. Ancak zaman içerisinde bu travertenler de bazı değişimler olabilmektedir. Bu konu "Yapıtışı Olarak Travertenler; Bozunmanın Travertenler Üzerindeki Etkileri" başlığı altında bahsedilmektedir.

Sayımızın son yazısı mineraller içerisinde sıvı yada katı olarak kapanlanan oluşumlar üzerinedir.

Keyifli okuma ve bilgi edinme dileğiyle...



Editör

İÇİNDEKİLER

Zonguldak Karaelması

Ayşe Çağlayan



4

Kırmızı Tortullar

Elif Mutlu



9

Doğal Köprüler, Utah (ABD)

Levent Selçuk



15

Deprem Geliyorum Diyebilir mi?

İlker İleri



19

Kehribar

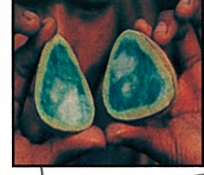
Onur Aydın



25

En Kıymetli Mineral: Yeşim

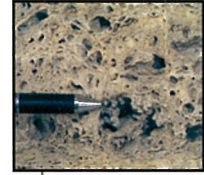
Yeşim Ercan



29

Yapıtaşı Olarak Travertenler

Mutluhan Akın



32

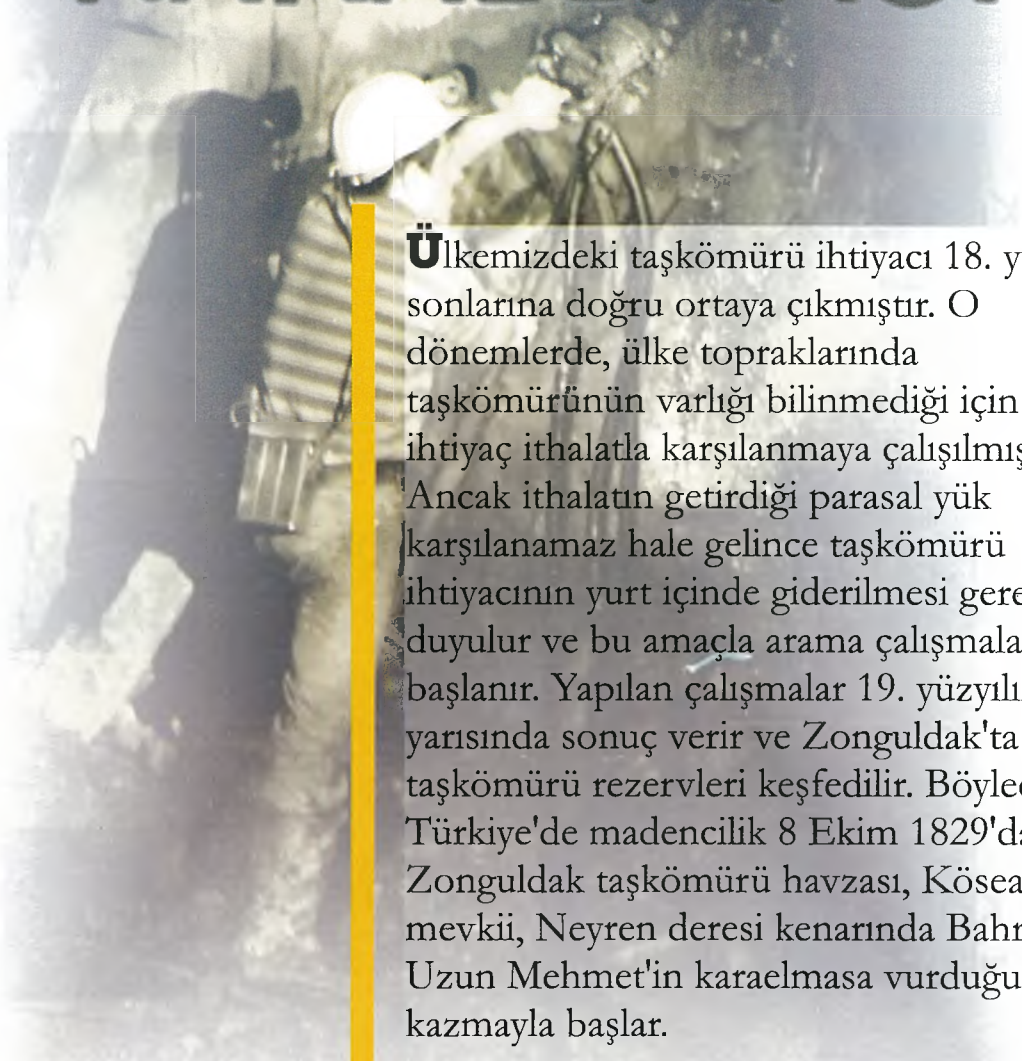
Sıvı Kapanım

Elif Mutlu, İ. Sönmez Sayılı



37

ZONGULDAK KARAEELMASI



Ülkemizdeki taşkömürü ihtiyacı 18. yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. O dönemlerde, ülke topraklarında taşkömürünün varlığı bilinmediği için bu ihtiyaç ithalatla karşılanmaya çalışılmıştır. Ancak ithalatın getirdiği parasal yük karşılanamaz hale gelince taşkömürü ihtiyacının yurt içinde giderilmesi gereği duyulur ve bu amaçla arama çalışmalarına başlanır. Yapılan çalışmalar 19. yüzyılın ilk yarısında sonuç verir ve Zonguldak'ta taşkömürü rezervleri keşfedilir. Böylece Türkiye'de madencilik 8 Ekim 1829'da Zonguldak taşkömürü havzası, Köseağzı mevkii, Neyren deresi kenarında Bahriye Eri Uzun Mehmet'in karaelmasa vurduğu ilk kazmayla başlar.

Ayşe Çağlayan
ayse-caglayan@hotmail.com

1938 yılında, Etibank'a bağlı Ereğli Kömür İşletmesine (EKİ) buradaki taşkömürünü işletme yetkisi verilir.

1957 yılında Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumunun (TKİ) kurulması ile Ereğli Kömür İşletmesi faaliyetlerini bu kuruma bağlı olarak yürütür, 1983 yılında Ereğli Kömür İşletmesi, Türkiye Taşkömürü İşletmesinden ayrılarak Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) olarak yeniden yapılandırılır. Bölge 1957'ye kadar yerli ve sayıları 57'yi bulan Fransız, Belçika, Almanya, İtalya ve İngiliz şirketleri tarafından işletilmiştir. Üretilen kömürler, ilk defa harp ve ticaret gemilerinde, trenlerde buhar kuvveti elde etmek amacıyla kullanılmış zamanın tophane, darphane ve tersane gibi kurumlarının yakıt ihtiyacını karşılamıştır.

Kömürün Oluşumu

Kömür, değişik oranlarda organik ve inorganik bileşenler içeren tortul bir kayadır. Kömürü oluşturan ana element karbon olduğu için kömür oluşumu karbon döngüsüne bağlıdır. Kömürleşmenin başlıca kaynağı bitkilerden, havadan ve yüzeysel sulardan alınan karbon-dioksittir. Kömürleşme olayı bataklık ortamlarında başlar. Bu ortamlarda bozulma ve çürümeye uğramamış bitkilerin zamanla biyokimyasal ve fiziksel etkilerle değişimi sonucu kömür oluşumu gerçekleşir. Kömürleşme olayında iki evre vardır. Bunlar biyokimyasal evre olarak adlandırılan turbalaşma ve dinamo-kimyasal evre olarak adlandırılan kömürleşme evreleridir. Bataklıklarda ağaçlar ve diğer bitkilerin serbest oksijen etkisinde kalmasıyla turbalaşma oluşur. Bir turba kesitinde tavandan tabana doğru, karbon oranı %45'ten %60'a kadar yükselirken nem ve boşluk miktarı hızla azalarak sıkışma gözlenir. Karbon, hidrojen ve oksijen oranı da kömürleşmeyi önemli ölçüde etkiler. Uygun ortamlarda yığılan bitki kalıntılarının, biyokimyasal etkilerle çürümesi, çürümüş malzemenin ileri derecede bozularak yok olması, kimyasal ve fiziko-yapısal değişimleri kömürleşmenin derecesini ortaya koyar. Kömürleşme derecesi arttıkça karbon yüzdesinin

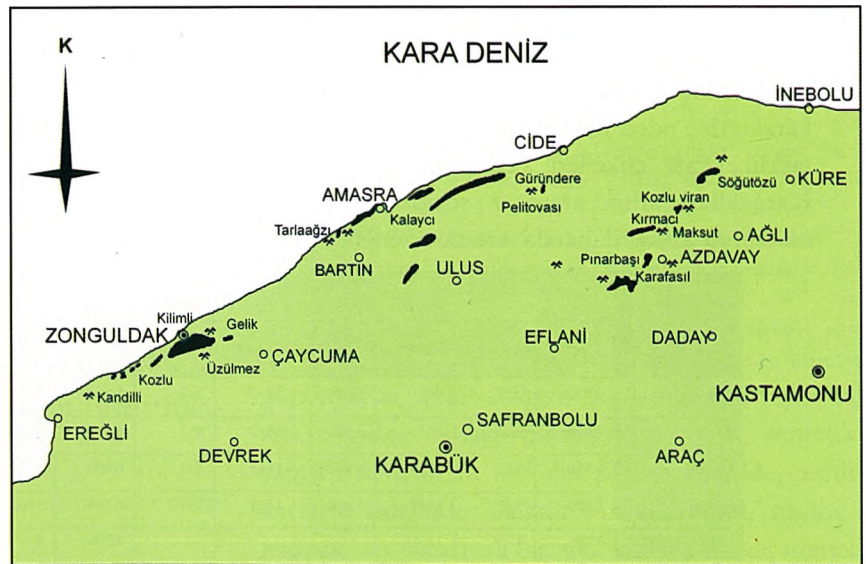
arttığı, oksijen yüzdesinin azaldığı saptanmıştır. Turbanın, jeolojik ve kimyasal etmenlerin etkisiyle kömürleşme derecesinin ilerlemesi sonucu; linyit, yarı bitümlü-bitümlü kömürler, antrasit ve meta-antrasitler oluşur.

KÖMÜR ÇEŞİTLERİ	Karbon (C)	Hidrojen (H)	Oksijen (O)
TURBA	57.0	5.2	36.8
LİNYİT	65.0	4.0	30.0
BİTÜMLÜ KÖMÜR	88.0	5.3	5.0
ANTRASİT	94.0	2.9	1.9

Kömürün oluşumunda sıcaklık, basınç, zaman, tektonik olaylar gibi pek çok etmen etkilidir. Sıcaklık, kömürleşme olayının derecesini belirleyen en önemli etmenlerden biridir. Basınç kömürleşme sürecinde etkisini, tektonizmaya uğramış bölgelerde kömürleşme derecesini artırarak gösterir. Basınç sonucu sıkışma ile gözenekliliğin azalması buna bağlı olan nem miktarının azalması da kömürleşmenin derecesini belirler.

Zonguldak Taşkömürü Havzasının Jeolojisi

Ülkemizdeki en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak havzasında yer alır. Havza sınırları, Zonguldak ilçesi Ereğli'den başlayarak Kandilli, Zonguldak, Amasra, Pelitovası, Azdavay ve Söğütözüne kadar uzanan bölgeyi kapsar. Havza, dik eğimli yamaçların ve derin vadili derelerin oluşturduğu oldukça dik bir topografyaya sahiptir.



Zonguldak taşkömürü havzasının jeolojisi günümüzden milyonlarca yıl öncesine uzanmaktadır. Havzanın tabanını Silüriyen (440-410 milyon yıl)-Devoniyen (410-360 milyon yıl) yaşlı kuvarsitler oluşturmaktadır. Bu kayaları Alt Karbonifer (360-336 milyon yıl) yaşlı denizel birimler örter. Paleozoyik dönemli denizin giderek çekilmesi sonucu denizel fasiyes, Namuriyende (336-305 milyon yıl) karasala dönüşmeye başlamıştır. Delta, lagün, gel-git düzlüğü gibi fasiyes özelliklerinin görüldüğü ve kumtaşı, silttaşı, kilttaşlarının olduğu ortam, yoğun bitki gelişimine uygun hale gelmiştir. Kıyılara yakın bataklıklarda gelişen flora topluluğu, bu döneme özgü nemli ve bol yağışlı iklimin etkisiyle hızla çoğalmıştır. Bu bitkiler yaşamlarının sonrasında



durgun veya çok az hareketli sulara çöküp gövde, sap hatta yaprak morfolojileri çok iyi korunmuş kömürlü tabakaları meydana getirmişlerdir. Karboniferin Vestfaliyen (315-305 milyon yıl) dönemi havzanın en enerjik hale dönüştüğü zaman aralığıdır. Denizin çekilmesinin hızla devam etmesi ile güneydeki kara yükselimi artmış böylece morfoloji daha çok dikleşerek enerjisi yüksek ve etkin akarsu ağının gelişimine uygun hale gelmiştir. Bunun sonucunda çökelim havzasına taşınan materyal artmış ve çeşitlenmiştir. İri çakıllı konglomeralar, kaba taneli kumtaşları ile daha sakin bir dönemi karakterize eden kilttaşı, silttaşı gibi ince malzemeli taşkın ovası çökelleri peş peşe istiflenmişlerdir. Karasallaşmanın artması sonucunda kömürü oluşturan flora daha da artarak zenginleşmiş, bu

bitkisel materyalin periyodik olarak çökmesiyle de çok sayıda kömür damarı oluşmuştur. Yapılan jeolojik araştırmalar bölgede Karboniferin Vestfaliyen (315-305 milyon yıl) döneminde 20'yi aşkın kömürlü seviye oluşumunu ortaya koymuştur. Zonguldak taşkömürü havzasını oluşturan Paleozoik yaşlı ve bunların üzerini uyumsuz olarak örten Kretase (140-65 milyon yıl) yaşlı formasyonlar Hersiniyen ve Alpin olmak üzere başlıca iki büyük orojenez (dağ oluşumu) etkisinde kalmıştır. Orojenez sonucunda oluşan kıvrımlar ve çeşitli yönlerde gelişen faylar, formasyonları birbirinden kopuk birimler haline dönüştürmüştür. Bu bakımdan havza, kömür aramaları ve işletmeciliği açısından oldukça zorluk sergilemektedir. Havzada işletilen kömür damarı kalınlıkları yanal olarak değişim göstermektedir. Havza, 52 adet kömür damarına sahip olup bunların sadece 22'si üretime uygundur. Havzada yeraltı işletmeciliği uygulanmakta ve mevcut üretimin %66'sı kalınlığı 1,5 m ile 4 m arasında olan damarlarda yapılmaktadır. Yeraltı işletmeciliği, galeri olarak adlandırılan damara inen bir tünel açıldıktan sonra çeşitli yöntemler uygulanarak yapılır. Tavanın ağırlığını taşıması için belirli kalınlıklardaki kömür sütunları yerinde bırakılarak üretime devam edilmektedir.



Kömürün yoğunluğu sabit karbon, uçucu madde, nem ve içerdiği kül miktarına bağlıdır. Karbon miktarının artmasıyla yoğunluk yükselir. Zonguldak havzası kömürlerinin yoğunluğu 1,4 gr/cm³ olup

NİTELİKLER	ARMUTÇUK MÜESSESESİ			AMASRA MÜESSESESİ			KOZLU VE ÜZÜLMEZ MÜESSESESİ			KARADON MÜESSESESİ		
	AİD (kcal/kg)	KÜL(%)	NEM(%)	AİD (kcal/kg)	KÜL(%)	NEM(%)	AİD (kcal/kg)	KÜL(%)	NEM(%)	AİD (kcal/kg)	KÜL(%)	NEM(%)
+50	7.050	9±2	2±1	6.050	15±2	3±1	6.950	13±2	2±1	6.950	13±2	2±1
18-50	7.000	9±2	3±1	6.000	14±2	4±1	6.900	13±2	3±1	6.900	13±2	3±1
10-18	6.800	9±2	5±1	5.850	14±2	6±1	6.800	12±2	4±1	6.800	12±2	4±1
0-10	6.050	9±2	14±2	5.450	12±2	14±2	6.300	11±2	12±2	6.200	12±2	12±2
SANTRAL YAKITI	3300	47	12-16				3300	47	12-16	3300	47	12-16

AİD: Alt Isı Değeri

TTK Genel Müdürlüğü, Mart 2006

karbon içeriği yüksektir. Havza kömürleri siyah renkli, parlak görümlü ve gevrek niteliktedir. Havzanın kömür damarlarında, özellikle kırık zonlarında piritleşme mevcuttur. Zonguldak kömürleri, nem oranı %5-7 arasında, orta derecede uçucu madde içeriğine sahip, genel olarak %0,24-0,86 oranında kükürt içermektedir. Zonguldak kömürleri, doğrudan metalürjik kok üretimine uygun niteliktedir. Üretilen taşkömürünün müesseselere göre karakteristik özellikleri bir önceki sayfadaki tabloda görüldüğü gibidir.

Türkiye Taşkömürü Kurumunun resmi kayıtlarına göre Zonguldak havzasındaki müesseselerin toplam rezervleri tabloda verilmektedir.

MÜESSESE	HAZIR	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM (TON)
ARMUTÇUK	1.594.016	11.309.172	15.859.636	7.883.164	36.645.988
KOZLU	6.845.314	72.976.934	40.539.000	47.975.000	168.336.248
ÜZÜLMEZ	3.572.567	138.130.579	94.342.000	74.020.000	310.065.146
KARADON	3.051.765	140.278.156	159.162.000	117.034.000	419.525.921
AMASRA	354.355	172.743.629	115.062.000	121.535.000	409.685.184
TTK	15.418.217	535.438.470	424.954.636	368.447.164	1.344.258.487

TTK Genel Müdürlüğü, Mart 2006

Zonguldak Havzasındaki tektonik etkilerin fazla olması, damarların kalınlık ve eğimlerinin homojen olmaması, grizu miktarının fazla olması nedeniyle, kazı ve tahkimat yöntemlerinde mekanizasyon tam olarak uygulanamamaktadır. Zonguldak taşkömürü havzasında, taşkömürü üretimi her yıl biraz daha derin kotlara inilerek gerçekleştirilmektedir. Derin kotlara inildikçe havzanın kot rezervi azalmakta ve çalışma koşulları güçleşmektedir. Bununla birlikte teknik zorluklar ortaya çıkmakta ve üretim artışı sağlanamamaktadır.

Zonguldak kömür havzası ile ilgili süregelen pek çok problem bulunmaktadır. Bunların başlıcaları şunlardır:

*Gereken yatırım programlarının gerçekleştirilememesi,

*Havzanın jeolojik koşullarına uygun üretim ve kömür hazırlama teknolojisinin olmaması,

*Maden makineleri endüstrisinin geliştirilememesi,

*Üretim maliyetleri ve iş kazalarının istenilen düzeylere indirilememesidir.

Üretim sahasında, patlama ve göçük gibi madenciliği etkileyen büyük sorunlarla karşılaşmakta ve çalışma alanında ortaya çıkan kömür tozu, nefes darlığı (emfezima), akut bronşit ve siyah ciğer (Pneumoconioses) hastalığı gibi madencileri tehdit eden meslek hastalıklarına yol açmaktadır. Siyah ciğer hastalığı, çalışma ortamına göre tenneffüs edilen çok ince boyuttaki kömür tozunun akciğer dokularına yerleşmesi sonucu gelişmekte ve çoğunlukla ölümlü sonuçlanmaktadır. İşçiler çalışma sırasında işitme kayıpları, bel ağrısı gibi çeşitli nedenlerden dolayı gelişen iş kazalarına maruz kalmaktadır. Taşkömürünün yeraltından çıkarılması sırasında, zorluklarla ve olumsuzluklarla karşılaşılmasının yanında taşkömürü Zonguldak ili için önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Türkiye Taşkömürü Kurumu bünyesinde 2006 yılı verilerine göre 9148 işçi ve 2087 personel çalışmaktadır.

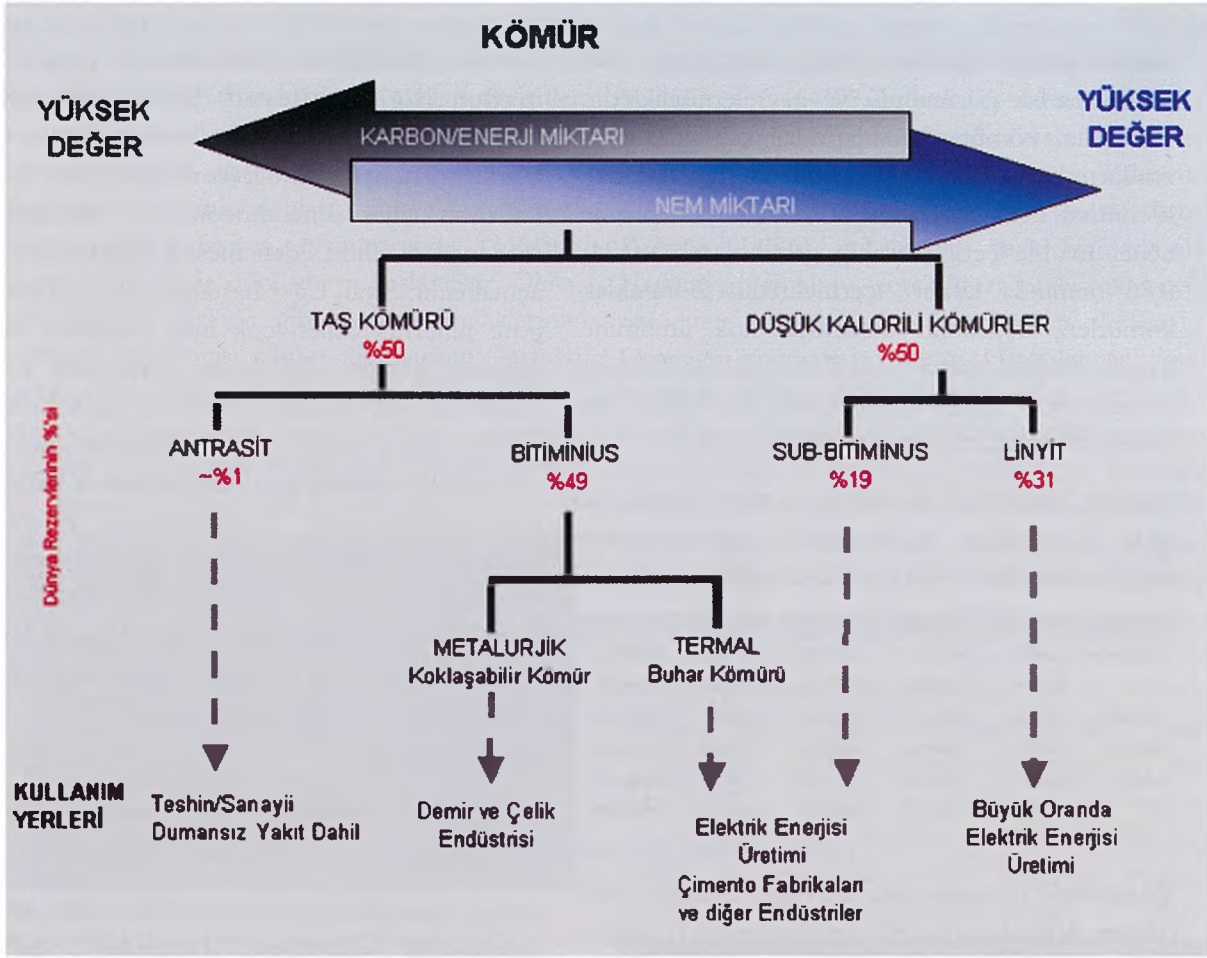
Zonguldak Kömürlerinin Kullanım Alanı ve Geleceği

Zonguldak taşkömürü havzası, Türkiye'de varlığı ile demir-çelik sektörünün oluşmasını sağlamış yaklaşık 400×10^6 ton (1865-2001 yılları arası) tüvenan (kömürün madenden ilk çıkarılmış hali) üretimi ile ülkemizin tek taşkömürü havzasıdır. Zonguldak taşkömürü, demir-çelik sanayi, enerji sektörü (Çatalağzı Termik Santrali), çimento sanayi ve ulaşım gibi pek çok alanda kullanılır. Kömür,

SEKTÖRLER	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
DEMİR-ÇELİK (KARDEMİR, ERDEMİR)	TTK	410.399	233.335	392.692	410.400	417.865	18.102
	RÖDÖVANS	—	—	—	—	30.386	1.590
	TOPLAM	410.399	223.335	392.692	410.400	448.251	19.692
ENERJİ (ÇATES)	TTK	1.479.905	1.393.054	1.272.763	1.149.963	1.004.575	51.358
	RÖDÖVANS	—	—	—	26.374	417.105	69.382
	TOPLAM	1.479.905	1.393.054	1.272.763	1.176.337	1.421.680	120.740
MUHTELİF-TESHİN	TTK	402.465	486.540	375.448	320.500	205.210	9.189
	RÖDÖVANS	—	—	—	—	—	—
	TOPLAM	402.465	486.540	375.448	320.500	205.210	—
TOPLAM	TTK	2.292.769	2.102.969	2.040.903	1.880.862	1.627.650	78.649
	RÖDÖVANS	—	—	—	26.374	447.491	70.972
	TOPLAM	2.292.769	2.102.969	2.040.903	1.907.237	2.075.141	149.621

TTK Genel Müdürlüğü, Mart 2006

günümüzde yakıt olarak kullanılmaktan başka ziraat, gübre sanayi, plastik eşya, boya, sentetik yapıştırıcı, deterjan, naftalin, patlayıcı madde, çeşitli ilaçların imalinde, elektrik sanayi, tekstil, naylon, kauçuk ve metalürji sanayi kollarında da temel



madde olarak aranmaktadır. Demir-çelik her türlü sanayinin temel ihtiyacı olup kömür ve demir-çelik üretimleri birbirine paralel ilerlemektedir.

Dünyada taşkömürü piyasasına egemen olan ABD, Avustralya, Güney Afrika gibi ülkeler, jeolojik koşulların elverişli olmasıyla üretimin büyük kısmının açık işletmelerde yapılması gibi çok önemli avantajlara sahiptir. Buna karşın derin yeraltı işletmeciliği yapan ülkeler Almanya, İspanya, Güney Kore, Japonya'da çalışma koşulları nedeniyle, üretim maliyetleri yüksektir ve uluslararası taşkömürü maliyetleriyle rekabet edememektedir. Zonguldak taşkömürü havzasında da benzer sıkıntılar yaşanmaktadır.

Gelecek 30 yıl için işletmede alt yapı hazırlıkları tamamlanarak, Türkiye Taşkömürü Kurumu tarafından 5 milyon ton, özel sektörçe 4.5 milyon ton olmak üzere toplam 9.5 milyon ton/yıl üretim gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. 4 milyon tonun üzerinde koklaşabilir kömür üretilmesi amaçlanmakta ve böylece ülkemizin demir-çelik

sektörü ihtiyacının tamamı havzadan karşılanabilecek olup bu sektördeki dışa bağımlılık azaltılacaktır. 2004 yılında kurum zararı 68 milyon YTL olup 2005 yılında 23 milyon YTL'ye düşmüştür.

Kaynaklar

- Kural, O., 1988. Kömür Kimyası ve Teknolojisi, 657 s.
- MTA., 1992. Zonguldak Değirmen Ağız ile Göbü arasındaki alanın jeolojisi ve kömür varlığı.
- Tübitak - Bilim ve Teknik dergisi, 2006/7, s. 93.
- Türkiye 1. Kömür Kongresi, 1978. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Yayını, 744 s.
- Türkiye 4. Kömür Kongresi, 1984. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 418 s.
- Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 1993. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 407412 s.
- Türkiye 13. Kömür Kongresi, 2002. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi, 503 s. Bildiriler Kitabı
- Türkiye Taş Kömürü Kurumu İnceleme Kurulu Raporu, 1995, 141s.
- Türkiye Taş Kömürü Kurumu Genel Müdürlüğü Özet Tanıtım Bilgileri., Mart 2006, 46s

Kırmızı Tortullar

Kırmızı renkli kırıntılı tortul kayalar genel olarak karasal ve geçiş ortamlarında, nadiren ise denizel ortamlarda depolanırlar. Silisiklastik malzeme bakımından zengin olup, daha çok kurak ve yarı kurak iklimleri temsil ederler. Bununla beraber nadiren yağışlı iklimlerde depolanan kırmızı tortullar da vardır. Bu tip tortullar kömür oluşumuna işaret etmektedir. Jeolojik kayıtlara göre, kırmızı kırıntılıların büyük bir çoğunluğu genellikle benzer özelliklere sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle, bunların benzer süreçlerle oluştuğu görüşü ortaya atılmıştır⁽¹⁾.

Elif Mutlu

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

egunen@eng.ankara.edu.tr

Kırmızı renkli birimlerin genel özellikleri şunlardır:

- Bu istifler genellikle tipik olarak orojenik hareketlerle ilişkili çökellerdir ve feldispat içerikleri oldukça yüksektir.
- Kırmızı tabakalı istifler yüzlerce metreden binlerce metreye değişen kalınlıklar ile binlerce km^2 'lik bir yayılım alanına sahiptirler.
- Bu istifler karakteristik olarak havzaya doğru yanal olarak akarsu (fluvial) kumtaşlarına ve en son olarak da deniz sahili ya da mevsimsel göl (playa) ortamlarını belirten ince taneli çökellere geçen kenar konglomeralarından oluşmuştur.
- Çoğu klastik tabaklı istifler, ya kalın ve geniş alanlara yayılmış evaporitik çökeller içerirler, ya da onlarla ilişkilidirler.

Tortullara kırmızı rengini veren pigment, hematit mineralidir. Kırmızı tabakalardaki hematit pigmentinin oluşumu için çeşitli kaynaklar vardır:

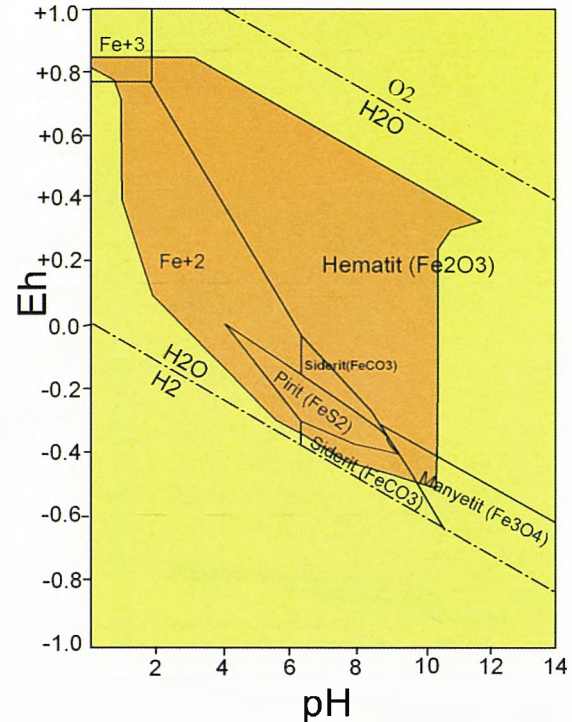
- İleri derecede ayrılmış kırmızı tropikal topraklardan direkt olarak taşınan kırıntılı (detritik) hematit⁽²⁾⁽³⁾.
- İleri derecede ayrılmış topraklardan taşınan sarı ve kahverengi detritik demir oksitlerin yerinde diyajenetik (ana kayadan parçalanma, taşınma, depolanma ve taşlaşma) süreçlerle hematite dönüştürülmesi⁽⁴⁾.
- Demir içeren detritik silikat minerallerin yerinde ayrışması sonucunda diyajenetik süreçlerle oluşan otijenik hematit⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾.
- Yaşlı kırmızı tabakalardan yeniden işleme ile taşınan detritik hematit⁽⁶⁾.



Kırmızı Tortulların Oluşumu

Diyajenetik olaylar söz konusu olduğunda, göz önünde bulundurulması gereken kavram, mineral duraylılık kanunudur: "Mineraller sadece içinde

oluştukları ortamlarda duraylıdır." Başka bir deyişle, bir mineralin olduğu ortamda bir değişiklik olursa, bu mineralin bu ortamda dengede olması olası değildir. Bundan dolayı mineral, yeni ortamda duraylı olacak şekilde değişmeye eğilim gösterir. Kırmızı tabakalardaki hematitin kaynağı olan ferromagnezyumlu silikatlar, feldispat vb. silikat mineralleri, sıcaklık ve basıncın yüksek olduğu, O_2 , CO_2 ve H_2O gibi bileşenlerin bulunmadığı bir ortamda oluşurlar. Bu mineraller, sıcaklık ve basıncın düşük, O_2 , CO_2 ve H_2O 'nun genelde bol olduğu su tablasının gerek altında ve gerekse üstündeki ortamlarda dengede değildir. Dolayısıyla ayrışmaya eğilimlidirler. Çökeller içindeki duraysız silikat minerallerinin ayrışmasını sağlayan birincil işlev hidrolizdir ve su, bu ayrışmanın gerçekleşmesi için gerekli olan tek ayıraçtır. Demirce zengin silikat minerallerinin ayrışması sonucunda açığa çıkan Fe iyonlarının hematit olarak çökebilmesinde çökeltme ortamının pH ve Eh'si önemli rol oynamaktadır. Eh ve pH'a bağlı olarak hematitin duraylılık alanı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu diyagram jeolojik koşullara uygulandığında, taneler arası hidrolizle serbest kalan demir, suyun Eh ve pH'ına bağlı olarak, ya Ferrous (Fe^{+2}) olarak çözelti içinde kalır ya da ferrik oksit (Fe^{+3}) halinde çöker⁽⁹⁾.



Yaygın demir minerallerinin duraylılık alanlarını gösteren Eh-pH diyagramı⁽⁹⁾

Eğer taneler arası ortam ferrous (Fe^{+2}) iyonların duraylılık alanı içinde kalırsa, Fe iyonları ya çözelti içinde kalarak taneler arası su içinde göç eder, ya da Fe^{+2} içeren mineraller (pirit, siderit ve kil mineralleri) şeklinde çöklerler. Bu koşullardaki bir ortamda, çökeller gri ya da açık yeşilimsi gri renge sahiptirler.

Diğer taraftan eğer taneler arası ortamdaki suyun pH ve Eh'si hematitin duraylılık alanında ise, ayrışmayla serbest kalan Fe, taneler arasında hematit şeklinde çökler. Hematitin çökmesiyle birlikte bu ortamdaki çökeller zamanla kırmızılaşır. Bir ortamdaki taneler arasındaki suyun kimyası sonsuza dek aynı kalmaz. Ortamın Eh ve pH'ında zamanla değişimler olabileceğinden, daha önceden kırmızı olan çökellerin ağarmasına ya da daha önceleri gri renkte olan çökellerin kırmızı bir renk almasına neden olur.



Örneğin, taneler arası ortamın hematit duraylılık alanından Fe^{+2} iyon duraylılık alanına kaydıracak kadar fazla bir Eh, ya da pH düşmesi, ayrışma ile açığa çıkan demirin çözeltide kalmasına ve daha önce çökelmiş otijenik hematitin çözülmesine neden olur. Bu koşullarda kırmızılaşma olayı durur ve daha önce kırmızılaşmış çökellerde de renklerini kaybetmeye başlarlar. Buna karşın ortamın pH ve Eh'si, Fe^{+2} alanından hematit alanına geçecek şekilde yükselmesi halinde, yukarıda açıklanan olayın gelişmesini ters yönde etkiler. Diğer bir deyişle, ayrışma ile açığa çıkan ve/veya çözelti içinde bulunan demir, hematit olarak çökelecektir ve gri renkli olan çökeller kırmızı bir renk almaya başlayacaklardır⁽⁹⁾.

Kırıntılı çökeller ilk çökdiklerinde kırmızı değildir⁽¹⁾. Kırmızılanma süreci çökmeden hemen sonra başlar. Demir içeren kırıntılı tanelerin ayrışması ile açığa çıkan demirden hematit oluşumu, çökmeden sonraki herhangi bir dönemde gerçekleşebilir. Bu durum, taneler arası suyun pH ve Eh değerlerinin, hematit duraylılık alanında kalmasına bağlıdır. Hematit oluşumu, tüm Fe içeren duraysız minerallerin tamamen ayrışmasına, ya da ayrışmanın, çökellerin çimentolanmasıyla durmasına kadar devam eder.

Farklı yaşlardaki kırmızı tabakalar incelendiğinde, pigment gelişiminin dereceli bir şekilde kendini gösterdiği belirlenir⁽¹⁾. Çökellerin kırmızılığı, pigmentlerin dereceli gelişmesinin hangi evrede olduğunu belirtir. Gelişimin en genç safhasında Genç Tersiyer ve Pleistosen yaşlı çökellerde olduğu gibi, hematit pigmentleri, gerek X-ışınları analizleri, gerekse taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları ile tayin edilemeyecek şekilde kırmızı renkli amorf (kristal-şekilsiz) oksitlerden ibarettir. Bu safhada çökeller tipik olarak kırmızımsı sarı renktedir. Gelişimin orta safhalarında, Miyosen yaşlı çökellerde olduğu gibi, oldukça ince taneli kristallenmiş hematit oluşmaya başlar. Hematit kristalleri gerek X-ray, gerekse SEM çalışmalarında belirlenebilir. Bu safhadaki çökeller çok açık kırmızı renktedir. Gelişimin ilerleyen evrelerinde, Triyas yaşlı çökellerde olduğu gibi, yeniden kristallenmeyle beraber ince taneli kristaller daha iri taneli hematit kristallerine dönüşürler ve çökeller kırmızımsı kahverengiden koyu kırmızıya değişen renklerde olurlar. Bu da tortul istiflerdeki kırmızılanmanın depolanma öncesinden çok, depolanma sonrası işlemlerle olduğu görüşünü kuvvetlendirir⁽⁹⁾.



Dünyadaki önemli kırmızı tabakalı istiflerin geniş evaporit çökelleri ile beraber bulunduğu bilinmektedir. Evaporit çökelleri beraber buldukları kırmızı tabakaların kökeninin tanımlanmasında oldukça önemlidir. Çünkü evaporitler bölgesel olarak depolanma esnasında kurak iklimin egemen olduğunu açıkça gösterirler. Evaporit ve kırmızı tabakaların beraber bulunması, tüm kırmızı tabakaların çöl ortamında oluştuğunu kanıtlamaz. Ancak kırmızı tabakaların oluşması için özellikle kurak iklimlerin uygun olduğu belirtilir⁽¹⁾.

Bölgesel kuraklıktan dolayı, kaynak bölgesinde oluşan taneler, çok az bir kimyasal ayrışmaya uğrar. Bundan dolayı kaynak bölgesindeki duraysız silikat mineralleri, kaynak bölgesinden çökeltme ortamına aşırı derecede ayrışmaya uğramadan taşınırlar ve orada depolanırlar. Çökeltme ortamında duraysız silikat minerallerin, yüzeysel ayrışmalarla tahrip edilmeleri olası değildir. Çünkü, jeolojik ölçekte havzadaki çökellerin depolanması süreklilik gösterir. Bunun sonucu olarak da, çökelen sedimanlar daha sonra genç çökeller tarafından örtülür. Böylece havzada çökelen tortulların yüzeysel etkilerle ileri derecede tahrip edilmeye zaman bulamadan genç çökellerce örtülür ve gömülürler. Çöl ortamlarının çökelen sedimanlar içindeki duraysız minerallerin kimyasal ayrışmasını önleyen ideal bir konumu vardır. Çökeller içindeki minerallerin ayrışması çökeltmeden sonra onlarca milyon yıl sürebilir⁽¹⁾.

Kırmızı tabakalar içindeki hematit pigmentlerinin diajenetik kökenli olduğunu savunanların diğer önemli bir kanıtı da, bu çökeller içinde özşekilli hematit kristallerinin yaygın olarak bulunmasıdır. Yaşlı kırmızı tabakaların bazılarında hematit kristalleri, ince kesitte mikroskop altında görülebilecek büyüklüktedir. Fakat, çoğu durumlarda hematit kristalleri ancak SEM (Taramalı Elektron Mikroskop) kullanılarak belirlenebilmektedir.

Ortamsal faktörlerdeki lokal ve bölgesel değişiklikler, çökellerin farklı şekillerde renklenmelerine neden olabilirler. Bu faktörler ve bunların renk oluşumu üzerindeki etkileri şöyledir:

1) *Kaynak kayalarda demir içeren duraysız minerallerin*

varlığı: Duraysız ferromagnezyumlu silikat minerallerden özellikle ojit ve hornblend önemli bir demir kaynağı olabilir. Diğer koşulların aynı kalması durumunda ojit ve hornblendce zengin kaynak kayalardan gelen çökeller, bu minerallerce fakir olan ana kayalardan gelen çökellerden daha hızlı bir şekilde kırmızılaşır.

2) *Ortamda bulunan su miktarı:* Kırmızılaşma işlevinde su, üç açıdan önemli rol oynar: (a) Demir içeren minerallerin kimyasal hidrolizi için ortam oluşturur ve açığa çıkan demir oksitini boyayıcı olarak çökeltmesini sağlar. (b) Gerek çökellerin sağlandığı bölgede, gerekse çökellerin depolandığı yerde, havadaki ve çökellerin yüzeyindeki kil minerallerinin mekanik olarak kil içine filtrelenmesini sağlar. (c) Bitki örtüsünün gelişmesine yardım eder. Bitki gelişmesi, çökellerin duraylı olmasını ve aşınmadan korunmasını sağlar. Böylece tortulların, kırmızılaşma için oldukça uygun olan bir ortamda uzun süre kalması sağlanır. Deniz ile sınırı olan kumullarda kırmızılaşmanın hızı, sahil boyunca nem oranının fazla olmasından dolayı çöl içlerine göre daha yüksektir. Bir ortamdaki nemin kaynağı; yağmur, çığ ya da yer altı suyudur.

3) *Zaman:* Kırmızı rengini verecek olan minerallerin ayrışması için belirli bir zamana gereksinim vardır. Tam bir kırmızılaşma süresi onlarca milyon yıl sürebilir.



4. *Tane boyu ve şekli:* Çökeller taşınırken, iri taneler ince tanelere oranla daha hızlı bir şekilde aşındırılır. Bundan dolayı iri taneler, daha iyi yuvarlaklaşır ve tane şeklindeki orijinal düzensizliklerin sebep olduğu girinti çıkıntılarının sayısı ve boyutları azalır. Taneleri kaplayan demiroksit, eğer aşındırmadan korunabilirse, iri taneli kumların yüzeyinde ince taneli kumların yüzeyine oranla daha az bulunur. Çok ince taneler çok yavaş olarak aşınırlar, ya da hiç aşınmazlar. Bundan dolayı, tane yüzeyindeki orijinal düzensizlikler korunur. Bu taneler demir oksitle bir defa bile boyansa, öyle kalmaya eğilimleri vardır. Bundan dolayı, kumullarda ince taneli kumlar, daha çok kille sıvanmıştır, daha çok pigment içerir ve iri taneli kumlardan daha kırmızıdır.

5. *Taşınma uzaklığı:* Taşınma uzaklığı, çökellerin kırmızılanmasında zaman parametresiyle aynı etkiye sahiptir. Taşınma uzaklığının artması normal olarak kırmızılanma için gerekli materyali sağlayan ayrışma süreci için gerekli zamanı uzatır.

6. *Kum taneleri üzerindeki kaplamalardaki kil minerallerinin tipi:* Demir, kil minerallerinin kristal yapıcısı olarak, ya da kil mineralleri yüzeylerinde sıvanmış olarak taşınır⁽⁷⁾. Bu demir kil minerallerinin dengede olamayacağı meteorik sular ile bulunduğu anda, ayrışma süreçlerinin etkisi sonucunda serbest hale geçer. Çöl ortamlarında taneler arası suyun Eh ve pH'ı yüksek olduğundan, ayrışma ile açığa çıkan demir hemen çökler. Tane yüzeyinde sıvanma şeklinde yer alan killerin ayrışmasıyla ortaya çıkacak demirin miktarı; kısmen kil kaplaması içinde bulunan kil minerallerinin cinsine bağlıdır. Çünkü kil minerallerinin, kristal kafeslerinde demir bulundurma özellikleri aynı değildir⁽⁷⁾.

7. *Yaşlı kırmızı tabakalardan taşınan kum tanelerinin oranı:* Bu tip çökeller bölgesel olarak önemli olabilir. Fakat, buldukları yerden uzaklara taşındıkça gerek çözünme, gerekse diğer çökellerle karışmaları sonucu renklerinin koyuluğu azalır.

Kırmızı Kırıntılılarda İklim Düzeni

Kırmızı tabakalar tek başlarına nemli tropikal ortamların, ya da kurak iklimlerin kesin bir belirticisi değildir. Evaporitlerle ilişkili kırmızı

tabakalar içindeki hematit pigmenti, olasılıkla kurak bir iklimde çökelmeyi izleyen bir dönemde gelişmiştir. Fakat çökeltme ortamında etkili olan kuraklık, hematit pigmentinin varlığıyla değil, evaporitlerle beraber bulunmasından kaynaklanmaktadır.



Ancak genel olarak bakıldığında; kırmızı kırıntılıların kurak veya yarı kurak iklim koşullarını ifade ettiği gözlenmektedir. Walker⁽⁶⁾, kurak veya yarı kurak iklim etkisindeki çöl kırmızı kırıntılıları ile nemli iklim kırmızı kırıntılılarını ayırt etmeye çalışmış; nemli iklim koşullarındaki klastiklerin kömür oluşumu ile açıklandığını, çöl kırıntılılarının ise playa göllerinde oluştuğunu göstermiştir. Nemli iklimde oluşan kırmızı kırıntılılara örnek olarak; Alp ve Himalayalar'daki oluşumlar verilebilir. Nemli iklimde, organik madde su tablasının yüksek olması nedeni ile çöktür. Birikme ise çabuktur. Organik maddenin fazla olması kömür oluşumu için önemlidir. Kurak veya yarı kurak iklimde oluşan kırmızı kırıntılılara örnek olarak ise Çankırı Tersiyer Havzası içerisindeki ve evaporit istifleri arasında yer alan Üst Miyosen yaşlı Kızıllırmak formasyonun eş değeri olan Süleymanlı formasyonu verilebilir.



Buradan alınan 6 adet numunenin X-ışınları kırınımı analiz sonuçlarına göre; bu formasyonun alt sınırlarına doğru simektit ve kaolinit grubu kil minerallerinin bolca görüldüğü, üst sınıra doğru yaklaştıkça ise illit ve klorit grubu kil minerallerinin ortaya çıktığı saptamıştır⁽¹⁰⁾. Yapılan çalışmalarla kaynağın aynı olması durumunda, simektit ve kaolinit grubu kil minerallerinin, ortamda kimyasal ayrışma bol olacağı için, sıcak iklimi; illit ve klorit grubu kil minerallerinin ise mekanik ve fiziksel ayrışma bol olacağı için soğuk iklimi temsil ettiği öngörülmüştür.



Buna göre, Süleymanlı formasyonu içerisinde yer alan kırmızı kırıntıların çökelişi esnasında iklimin nispeten daha kurak olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

- (1)Walker, T. R., 1976. Diagenetic origin of continental red beds; in R. Falke, (Editor), The Continental Permian in Central West and South Europe; NATO ASI Series C, Mathematical and Physical Sciences, c. 22, p. 240-282.
- (2)Chuckhrow, F. V., 1973. On mineralogical and geochemical criteria in the genesis of red beds, Chemical Geology, v. 12, p. 67-75.
- (3)Krynine, P. D., 1949. Origin of red beds; New York Acad. Sci. Trans. Series 2, v. 11, p. 60-68.
- (4)Van Houten, F. B., 1973. Origin of red beds a review: 1961-72; Ann. Rev. Earth and Planetary Sciences, c. 1, p. 39-61.
- (5)Walker, T. R., 1967. Formation of red beds in modern and ancient deserts; Geol. Society of America Bull, v. 78, p. 353-368.
- (6)Walker, T. R., 1974. Formation of red beds in moist tropical climates: A hypothesis, Geol. Soc. of America Bull, c. 85, p. 633-638.
- (7)Carrols, D., 1958. Role of clay minerals in the transportation of iron; Geochem. Et Cosmochim Acta, v. 14, p. 1-27.

- (8)Walker, T. R., 1979. Red color in dune sand; U. S. Geological Survey Professional Paper 1052, p. 61-81.
- (9)Orhan, H., 1992. Tortul İstiflerdeki Kırmızı Tabakaların Kökeni, Jeoloji Mühendisliği, s. 104-108.
- (10)Güven, E., 2002. Kırmızı Kırıntıların Sedimantolojisi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seminer, 24p.

Doğal Köprüler, Utah (ABD)

Amerika Birleşik Devletleri'nin Utah eyaleti, dünyada görülmeğe değer önemli jeolojik-jeomorfolojik oluşumları bulundurur. Bu oluşumlar çoğunlukla eyaletin güney ve doğu bölgesinde yer alır. Bölgedeki kayalarda egemen renk kırmızı ve kırmızının tonlarıdır. Bölgede yüzlerce mil uzunluk içersinde, kavisli kanyonlar, sarp dağlar ve sivri tepeler yaygınca görülür. Kanyonların temel özelliği uzun ve dar olması ve aynı zamanda erozyon sonucu oluşmuş kemer (arch) ve doğal köprü yapılarını içermesidir. Bu doğal yapılar çoğunlukla Green, San Juan, Colorado nehirleri ve bunların kolları etrafında yoğunlaşmış olup bugün bölgedeki Arches ve Conyonland Doğal Park alanları içerisinde koruma altındadırlar.

Levent Selçuk

Brigham Young University (BYU)
Civil & Environmental Engineering Dept.
Utah, ABD

lselcuk@et.byu.edu

Utah'ın güneydoğusunda yer alan Arches Doğal Parkında 1 ile 93 m açıklıklarında 700' ün üzerinde kemer yapısı, Utah eyaleti genelinde ise 2000'in üzerinde kumtaşı-doğal kemer oluşumları bulunmaktadır⁽¹⁾. Dünyanın en ünlü kemer yapısı (Delicate arch) yine aynı bölge içersinde yer almaktadır.



Arch doğal park alanındaki dünyaca ünlü ince kemer yapıları



Bridge park alanındaki doğal Owachomu köprüsü

Su ve rüzgar tarafından kaya yüzeylerinin aşınmasına bağlı olarak gelişen kemer yapıları, milyonlarca yıl önce oluşmuştur. Yerli inanışlarına göre, kemer yapıları gökyüzü tanrısı tarafından inşa edilmiştir. Bölgeye göçler ile yerleşen insanlara göre ise bu yapıların tarih öncesi (pre-historik) dönemde yaşayan insanların, kayalara şekil vermesi ile oluşturulduğu yönündedir⁽²⁾.

Doğal köprüler olarak adlandırılan jeolojik oluşumlar, kemer yapılarının bir çeşididir. Bu anlamda, doğal köprüleri tanımlamadan önce, doğal kemer yapılarını tanımlamak yerinde olacaktır. Doğal kemerler, kayalarda doğal yollarla bir açıklığın meydana gelmesi ile tanımlanabilir. Bu tanım yeterince basit gözükmesine rağmen, bu tanımın altında birçok alt başlık vardır.

1. Doğal kemerler kayalardan oluşmak durumundadır. Sıkışmış toprak, buz ve organik maddelerde oluşan bu yapılar, doğal kemer olarak tanımlanamamaktadır.

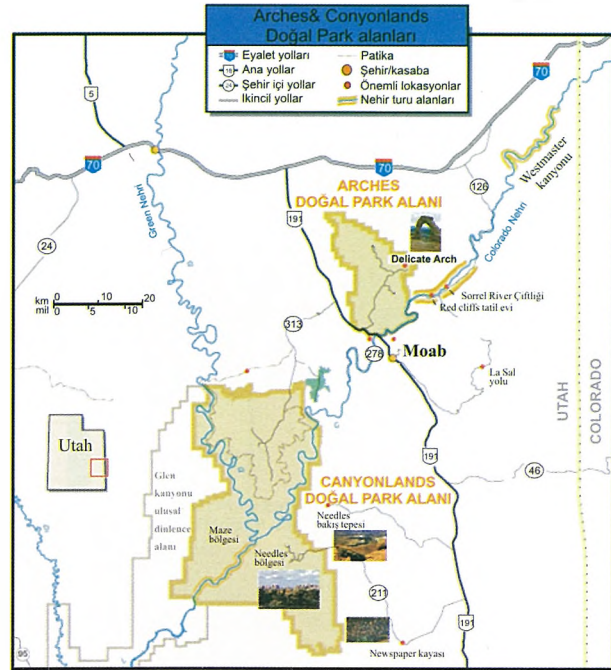
2. Doğal kemeri oluşturan kayacın her tarafı gözleme açık olmalıdır. Yani kayaç doğada sergilenmelidir. Bazen kemer yapısı zemine veya suya gömülü olabilir, fakat tamamen toprak ya da su ile kapalı olmamalıdır.

3. Kayaçtaki açıklık, matematik ve topolojik olarak bir açıklığın tanımına uymak durumundadır.

4. Açıklık doğal yollarla oluşmalıdır. Tipik olarak bu oluşum erozyonun bir sonucu olsa da, diğer doğal süreçlerle (lav akıntıları, vb.) oluşan açıklıklarda kemer olarak adlandırılmaktadır.

5. Açıklığın etrafındaki kayaç doğal süreçlerden bozulmamış olmalıdır. Çatlak ve eklem yapıları tanım içinde kabul edilmektedir⁽³⁾.

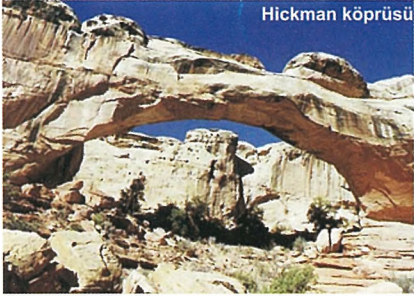
Son olarak, boyutlar tanım içerisinde bir faktör değildir. Ancak, bazı özellikler normal olarak doğal kemer yapılarını tanımlanamamaktadır. Örneğin, iki açıklığa sahip olan millerce uzunluktaki bir mağarayı düşünelim. Bu durumda, yukarıdaki tüm özellikler sağlamış olmaktadır. Boyuttaki diğer bir uç noktada, açıklığın oldukça küçük olmasıdır.



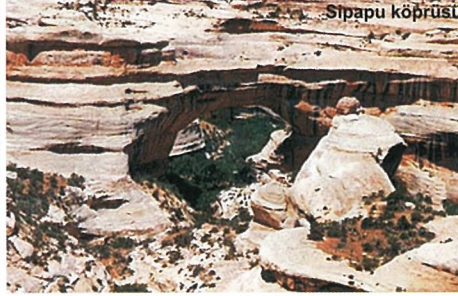
Moab (Utah) bölgesinin detaylı haritası

Doğal köprüleri, doğal kemerlerden ayıran temel farklar ise şunlardır:

1. Bir nehir ya da akarsu gibi, su bu açıklığın oluşmasında etken olmalıdır.
2. Bu açıklıktan suyun geçiyor olması gerekmektedir.
3. İnsanlar tarafından kullanılıyor ya da kullanılmış olmalıdır.
4. Görünüş olarak insan yapımı bir köprüyü andırıyor olması gerekmektedir.



Hickman köprüsü



Sipapu köprüsü

Doğal köprülerden Hickman ve Sipapu köprüsü

Bu jeolojik ve jeomorfolojik yapılarının önemli bir kısmı Jura yaşlı (208-145,6 Milyon yıl) Entrada kumtaşları içerisinde bulunmaktadır⁽⁴⁾. Entrada kumtaşı 41- 91 m kalınlıkları arasında masif, rüzgarla ilişkili (Aoliyen) kumtaşları olup Navajo kumtaşlarının stratigrafik olarak üzerinde bulunur. Kemer yapıları aynı zamanda Navajo kumtaşları içerisinde de oluşmuştur. Navajo kumtaşları, aşınmaya karşı Entrada kumtaşlarına göre daha dirençlidirler. Daha yaşlı kayalarda (Pensilvaniyen yaşlı, 322-290 milyon yıl) her hangi bir kemer yapısına rastlanılmaz, ancak bölgenin jeolojisinde bu kayaların önemli rolleri olduğu aşikardır.

Entrada kumtaşları üzerindeki eklemler ve kırıklar, tuz vadisi yapısı ile ilişkili olarak görülür. Bu eklemler vadinin eksenine yaklaşık olarak paraleldirler. Bununla birlikte bölgede normal faylar da bulunur. Bölgede, Moab fayı boyunca daha yaşlı Pensilvaniyen ve Permiyen Cutler formasyonu, Entrada formasyonu ile dokanak halindedir. Buradaki kayıp birimlerin yaklaşık kalınlığı ile, fayın 750 m'den fazla atıma sahip olduğu düşünülmektedir.

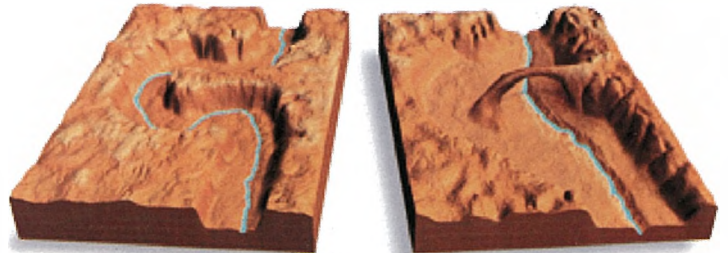
Doğal Köprü ve Kemer Yapılarının Oluşumu

Doğal Kemer ve köprü yapılarının her ikisine de, Colorado platosunda rastlamak mümkündür. Doğal köprüler nehirlerin erozyonu ile oluşmuşlardır ve kayalardaki açıklık nehir yolu boyunca gözlenmektedir. Doğal köprülere en güzel örnek Gökkuşaağı (Rainbow) Doğal köprüsü verilebilir. Aşağıda Gökkuşaağı (Rainbow) doğal köprüsünün oluşumu gösterilmektedir.

Doğal köprülerin aksine doğal kemer yapılarının oluşumları ayrışma ile oluşmaktadır; yani nehir erozyonu ile ilişkili değildir. Doğal kemer yapılarının oluşumunda ilk gereksinim, kaya duvarlarının (fin) bulunması ve kayanın kemer yapısını yeterince destekleyebilecek güçte olması gerekir. Arches Doğal Parkı bu tür kaya bakımından zengin bir bölgedir. Bu nedenle, bölgede şaşırtıcı sayıda kemer yapıları görülür.



Rainbow doğal köprüsü, Colorado nehri, Utah⁽⁵⁾

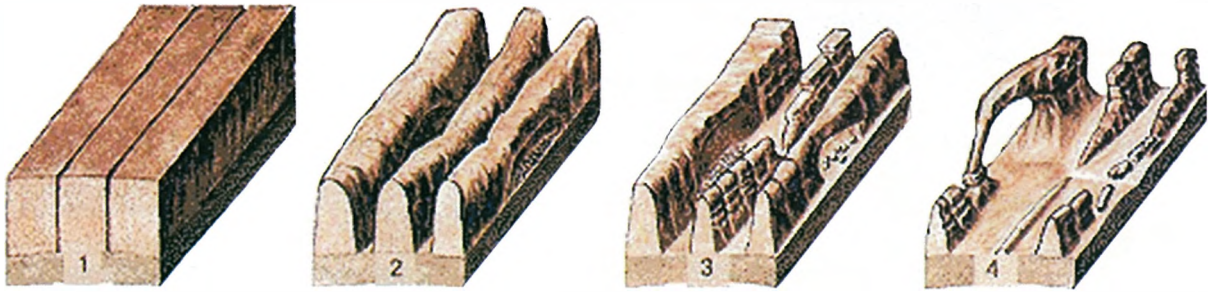


Rainbow doğal köprüsünün oluşumu⁽⁶⁾

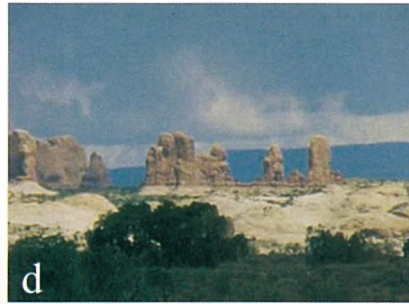
Kaya içinde bulunan kırık zonları zayıf bölgeler oluşturur; bozunma süreçleri ile birlikte kayadaki zayıf zonlar zamanla dar görkemli kanyondan ayrılmaktadır. Bu ilk durumun gelişmesini kayadaki paralel oluşmuş kırık hatları denetler. Meydana gelen aşınma sonucunda uzunlamasına sağlam dayanıklı kayalar kalacaktır, bu kayalar “fin” olarak tanımlanan kaya duvarlarını temsil eder. Bozunmanın bu duvarlarda etkili olması ile de kemer yapıları meydana gelir. Zaman içerisinde ayrışmanın derecesi oranında duvarlarda kaya düşmeleri oluşabilir. Bu da bu kesimlerde kemer yapıları yerine

ilginç kaya görünümlü yapılara bırakır⁽⁷⁾.

Arches ve Conyionland Doğal Parklarında bulunan bu şaşırtıcı doğal oluşumlar, bölgenin jeolojik, tektonik ve klimatolojik yapısı ile yakından ilişkilidir. Bu doğal park alanları içerisindeki bozunmaya bağlı olarak gelişen, bu tür kayaların kalınlığı ve şaşırtıcı miktardaki sayısı, hiç şüphesiz ki doğal park alanında neden bu kadar fazla sayıda kemer yapısının olduğunu açıklayan en önemli unsurlardır. Bu doğal oluşumlar jeolojik ve jeomorfolojik yapısı nedeniyle bugün doğal park alanlarında koruma altına alınmıştır.



Doğal kemer yapılarının genel oluşum aşamaları



Kaynaklar

- (1) Stevens, D. J., and McCarrick, J. E., 1988, The arches of Arches National Park Acomprehensive study: Moab, Utah, Mainstay Publishing, 169 p.
- (2) Barnes, F. A., 1978, Canyon country geology: Salt Lake City, Utah, Wasatch Publishers, 160 p.
- (3) <http://www.naturalarches.org/archinfo/faq.htm#whatis>
- (4) Cruikshank, K.M., and Aydin, A. 1995. Unweaving the joints in Entrada Sandstone, Arches National Park, Utah, U.S.A. Journal of Structural Geology. 17(3):409-421.
- (5) http://www.amwest-travel.com/awt_rainbow.html
- (6) <http://www.nps.gov/rabr/naturescience/geologicformations.htm>
- (7) Vreeland, Robert H., Nature's Bridges and Arches, Volume 1 General Information, self-published, 1976, 2nd Edition, 1994.
- (8) <http://www.uwsp.edu/geo/projects/geoweb/participants/dutch/VTrips/ArchesNP.HTM>

Doğal kemer yapılarının oluşumunda, farklı süreçlerden görüntüler, (Utah-ABD)⁽⁸⁾

Deprem Geliyorum Diyebilir mi?

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle biriken enerjinin aniden serbestlenmesiyle ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsması olayına "Deprem" denir.

Depremler insanlık tarihi boyunca toplumları en çok etkileyen ve korkutan doğal afetlerden birisidir. Bilindiği gibi yurdumuz dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Deprem Bölgeleri Haritası'na göre, yurdumuzun %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir.⁽¹²⁾

İlker İleri

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Tektonik Araştırma Grubu

ilkertleri@gmail.com

Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de sık sık oluşacak depremlerle büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız bir gerçektir. Depremlerden ileri gelen ölüm, hasar, sosyal ve ekonomik kayıpları en aza indirmek tüm insanları ilgilendiren önemli bir problemdir. Depremlerin önceden bilinmesi sayesinde bir bölgedeki sismik tehlikeyi en aza indirmek mümkün olacaktır. Bu yüzden depremlerin önceden tahmin edilmesi konusu insanların sürekli gündeminde olan bir konudur.

Depremin önceden bilinmesi, belli ve kabul edilmiş hata limitleri içinde, depremin oluş yeri, oluş zamanı ve büyüklüğünün bilinmesi olarak kabul edilir.

Depremlerin önceden bilinmesi konusunda yapılan bilimsel çalışmaların ise geçmiş çok yenidir ve bu konudaki çalışmaların başlangıcı 1960'lardan sonra modern sismoloji bilimine paralel olarak gelişmiştir.

Depremlerin önceden bilinmesi bazı haberciler olarak tabir edilen doğal ve yapay gözlemlerin yöntemli bir şekilde yorumlanmasıyla ortaya çıkar. Bunlar:

- 1-Sismisite oranındaki değişimlere bağlı yöntemler
- 2-P ve S dalga hızlarının ölçülmesine dayanan yöntem
- 3-Kayaçların elektriksel özelliklerinin ölçülmesine dayalı yöntem
- 4-Kabuk deformasyonu yöntemi
- 5-Yer altı su seviyesi ve kimyasının değişimlerine bağlı yöntem
- 6-Radon gazı ölçüm yöntemi
- 7-Hayvanlarda görülen anormal davranışların gözlemlenmesine dayalı yöntemdir.

Bu bilimsel veriler ve gözlemler yoluyla depremleri tahmin etmek mümkün gibi gözükse de her zaman güvenli sonuç vereceğinin garantisi yoktur. Bunlar, fay mekanizmasına, fayların geometrik özelliklerine, odak derinliğine ve büyüklüğüne bağlı olarak farklılık gösterirler. Deprem tahminlerinin güvenilirliğini arttırmak için bu yöntemleri beraber kullanmak faydalı olacaktır.

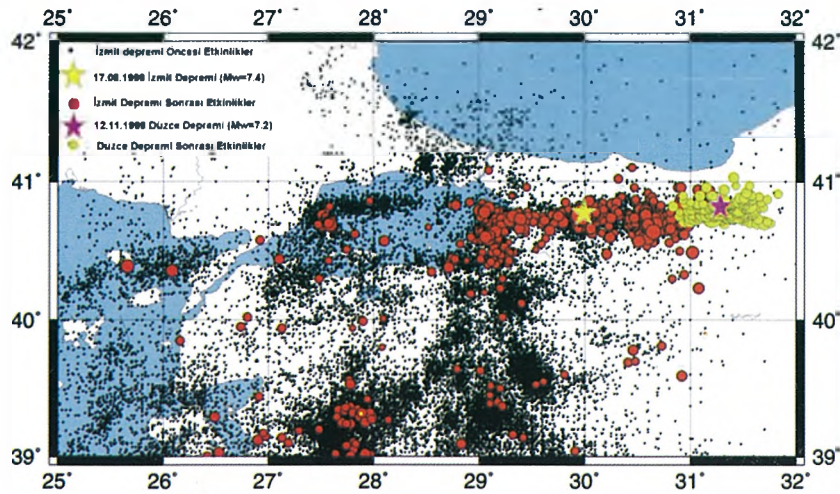
Sismisite Oranındaki Değişimler

Bir bölgedeki depremlerin alansal ve zamana bağlı olarak dağılımına sismisite denir. Tektonik olarak aktif bir bölgede sismisite (büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanma aralıkları, sismik boşluklar, öncül şoklar, vs) oranındaki bazı değişiklikler deprem tahmininde büyük bilgiler sağlamasına rağmen sonuçları diğer yöntemlerde olduğu gibi kesinlik arz etmezler.

Depremlerin önceden bilinmesi konusunda özellikle büyük depremlerin eski kayıtlarının incelenmesi kayıtların çok güvenli olmamasına rağmen önemli bir yer tutar. Büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanması, depremi yaratan fayın özelliklerine, bölgedeki gerilmelere bağlı olarak değişebilir fakat yinede uzun süreli bir aralıkta bu tekrarlanmalar bir düzenlilik sunarlar.

Kuzey Anadolu fayı üzerinde gözlemlenen büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanma aralıkları 100-150 yıl arasındadır. Bolu-Adapazarı arasındaki bölgede ise orta ve büyük magnitüdü depremlerin 15 yıl gibi kısa aralıklarla tekrarlandığı ifade edilmektedir⁽²⁾.

Sismik olarak aktif bir bölgede büyük depremler öncesinde belli bir zaman aralığında sismik suskunluklar (sismik boşluk) yaşanabilir. Böyle bir bölgede büyük bir deprem öncesinde bir kaç 10 yıllık dönemde hiç deprem olmayabilir. Bu bize bazı depremlerin başarıyla tahmin edilmesini sağlamaktadır.



Marmara bölgesinde İzmit Depremi öncesi ve sonrası (1900-19.11.1999) etkinlikler (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Sismoloji Laboratuvarı)⁽¹⁹⁾

Sismisitedeki değişimler bazen büyük depremler öncesi gözlemlenen öncül şoklarla ifade edilebilir. Öncül şoklar, genellikle ana şoktan önce ana şokun episantr bölgesine yakın yerlerde oluşan küçük depremlerdir. Bu tür depremler, hasar yapıcı büyük magnitudlü depremlerin habercisi olabilir. Bu öncü şoklara dayanan ilk başarılı tahminler İtalyan sismologları tarafından gerçekleştirilmiştir. 1976 yılının Eylül ayı başlarında İtalya'nın kuzeyinde Friuli bölgesinde günlük deprem sayılarında önemli artışlar gözlenmiştir. Bu gözlemlere dayanarak bölge halkına tehlikeye karşı uyarılarda bulunulmuştur. 15 Eylül 1976 yılında bölgede Ms=6.0 büyüklüğündeki deprem meydana gelmiş ve birçok dayanıksız bina çökmüş fakat deprem en az can kaybıyla atlatılmıştır⁽⁶⁾.

P ve S Dalga Hızlarının Ölçülmesine Dayalı Yöntem

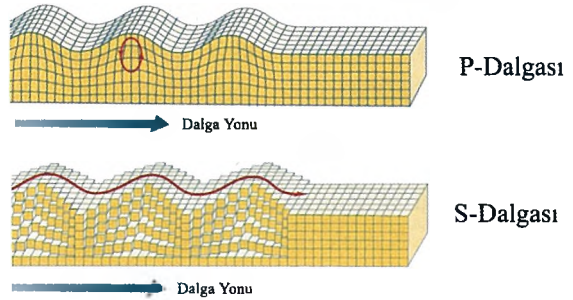
Yer kabuğunda ani kırılmaların veya çeşitli yapı patlamalarının meydana getirdiği titreşimler patlama noktasından itibaren her doğrultuda yayılan P (primer-birincil) ve S (seconder-ikincil) sismik dalgalarını oluşturur. P dalgaları, içerisinden geçtikleri kayacı sıkıştırıp gevşeterek haciminin değişmesine neden olurlar. S dalgaları ise içinden geçtikleri kayaçları, yayılma doğrultularına dik olarak hareket ettirerek kayaçlarda şekil değişikliğine neden olurlar.

Bir bölge tektonik kuvvetlerle basınç altında kaldığında o bölgedeki kayaçlarda sonsuz sayıda çok küçük çatlaklar gelişir. Böyle bir durumda P dalga hızları normaline göre daha düşük değerlere sahip olurken S dalga hızlarında pek bir değişiklik görülmez. Daha sonra çatlakların genişlemesi ve bölgedeki kayaçların hacimlerinin artması nedeniyle yeraltı suları çatlakların içine dolmakta ve P dalga hızlarını tekrar yükseltmektedir⁽²⁾.

P ve S dalgalarının seyahat zamanlarında, saniyenin yüzde biri kadar değişimler modern sismograflarca kolaylıkla ölçülebildiği için, bu dalgaların birbiri arasındaki oranın değişimi depremin önceden bilinmesine yönelik çalışmalarda büyük önem taşırlar. Bu yöntemde P ve S dalga hızları oranında görülen değişiklik oranının büyüklüğü, değişikliğin başladığı sürenin uzunluğu ve değişiklikler görülen

bölgenin büyüklüğü, depremin şiddetinin ve zamanının tahmin edilmesinde kullanılır⁽⁶⁾.

1969 yılında SSCB'den Nersesov ve Simbireva, Garm bölgesinde iki küçük depremi, ABD'den J. Healy 28 Kasım 1974 tarihinde Hollister bölgesinde meydana gelen bir depremi, dalgaların bu hız değişimlerini kullanarak tahmin etmişlerdir. Bazı sismik olaylarda bu şekilde başarılı sonuçlar veren bu yöntem, ABD'de San Andreas fayı için uygulandığında genellikle sonuçlar olumsuz olmuştur⁽²⁾.



Sismik P ve S dalgalarının hareketini gösteren blok diyagramlar⁽²⁰⁾

Kayaçların Elektriksel Özelliklerinin Ölçülmesine Dayalı Yöntem

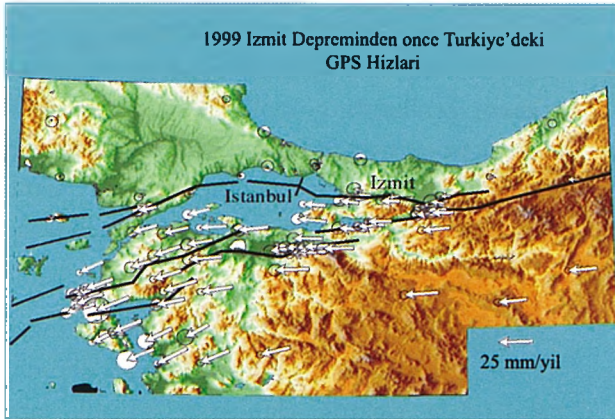
Bir bölge tektonik kuvvetlerle basınç altında kaldığında o bölgedeki kayaçlarda sonsuz sayıda çok küçük çatlaklar gelişmesi, çatlakların içindeki havanın iyi bir iletken olmaması sebebiyle kayaçların elektrik iletkenliğini azaltmaktadır. Bu yöntem yeraltında gömülü elektrotlar arasındaki elektrik potansiyel farkından oluşan elektrik alanın ölçülmesine dayanır ve bu elektrik alandaki değişimler depremin önceden tahmin edilmesi için kullanılır.

1980'den beri Atina Üniversitesinde Panayiotis Varotsos ve arkadaşları Yunanistan'daki depremleri yeraltındaki elektrik akımlarını ölçerek tahmin etmeye çalışmışlardır. VAN adını verdikleri tahmin yöntemi, birçok mevkide yapılan elektrot çubukları arasındaki gerilim farkına dayanır. Bu voltaj değerlerini takip eden araştırmacılar, depremlerden hemen önce oluşan dışı sinyaller olduğunu belirlemişlerdir ve bu sinyallere SES (Sismik Elektrik Sinyalleri) adını vermişlerdir⁽¹⁵⁾.

Buna rağmen, Yamazaki (1977) depremlerle elektrik alanındaki değişimler üzerine yapılan çalışmaları derlemiş ve depremlerle elektrik alan değişimleri arasında anlamlı bir ilişki kuramamıştır. Japonya'da elektriksel ortam, doğal ve yapay gürültüler ve karmaşık bir jeolojik yapı olmasından dolayı bu yöntemle depremin önceden belirlenmesine yönelik iyi örnek değildirlir⁽²⁾.

Kabuk Deformasyonu Ölçüm Yöntemi

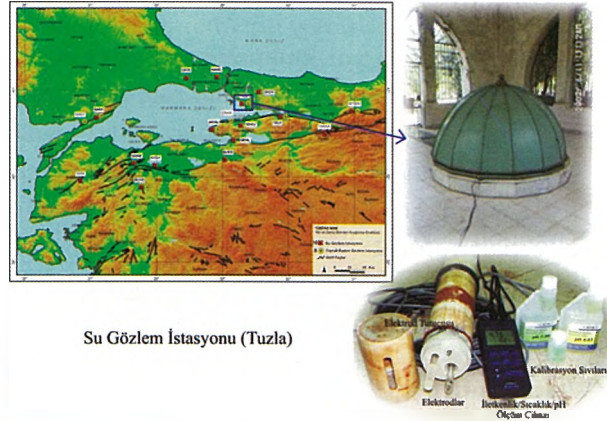
Yer kabuğundaki stres değişiklikleri, deformasyonda da değişiklikler meydana getirir ve bunun sonucunda depremler oluşur. Bu yüzden kabuktaki deformasyonun gözlenmesi, stres değişikliklerinin nasıl oluştuğunu anlamaya ve bunların ne zaman ani sismik enerji açığa çıkaracağı hakkında bilgi verir. Kabuk deformasyonu ölçümleri; düşey kabuk deformasyonu ve yatay kabuk deformasyonu ölçümleri olmak üzere iki şekildedir. Bir depremden önce yer kabuğunda bazı yükselmeler ve alçalmalar gerçekleşir. Kabuk deformasyonu ölçümlerinden depremin önceden tahmin edilebilmesi için ölçüm istasyonlarında periyodik ölçümlerin yapılması ve seviye değişim hızlarının çok iyi bilinmesi gerekir. Seviye değişimi ölçümleri genel olarak uzun süreli (yıllık) tahminleri yapmaya elverişlidir. Yani bu ölçümlerden depremin olacağı ay gün ve saati söylemek imkansızdır⁽²⁾.



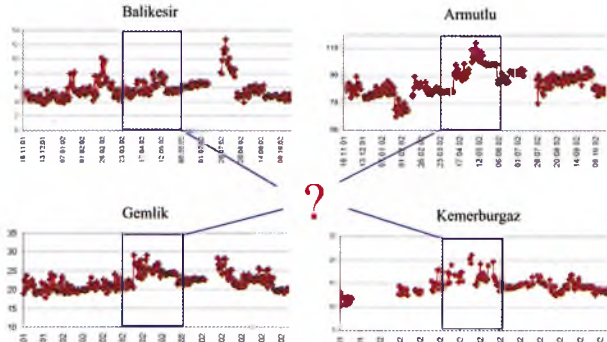
1999 İzmit depreminden önce Türkiye'deki GPS hızları (Bu harita İzmit depreminden önceki on yıllık bir dönemin kabuksal deformasyon ölçümlerini gösterir. Oklar GPS kullanılarak elde edilmiştir ve yer yüzünün hareketinin yönünü ve hızını gösterirler. En yüksek hızlar yaklaşık 25mm/yil civarındadır.)⁽²¹⁾

Yeraltı Su Seviyesi ve Kimyasınının Değişimlerine Bağlı Yöntem

Genellikle depremlerden kısa süre önce yeraltı sularının seviyelerinde kaynak suların sıcaklıklarında, sertliklerinde, elektrik iletkenliklerinde ve pH'larında belli belirsiz değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişimler depremin önceden bilinmesine yönelik çalışmalarda fayda sağlasa da tek başına bu yöntemin kullanılması çok başarılı sonuçlar vermez. Fakat sürekli gözlenmesinin kolay olması ve ucuza mal olması gibi nedenlerle bu yöntemde kullanılmasında fayda vardır. Depremin önceden tahmin edilmesi için yürütülen çalışmalarda yeraltı suyundaki değişimlerden yararlanmak için uygun kuyular seçilmelidir. Yeraltı suyundaki önemli değişimleri yakalayabilmek için derin kuyular tercih edilmelidir, sulama kuyuları bu amaç için kullanılmaz⁽²⁾.



Yeraltı suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri ölçmek amacıyla Marmara Bölgesinde gerçekleştirilen çalışma. Tuzla su gözlem istasyonunun yeri ve ölçümde kullanılan aletler resimde görülmektedir⁽³⁾



Marmara bölgesinde bazı su gözlem istasyonlarından alınan örneklerdeki suyun sertlik ölçüm değerleri görülmektedir. Farklı istasyonlardan alınan örneklerde aynı zaman aralığında sertlik değerlerinde gözlenen anomali dikkat çekicidir⁽³⁾

Radon Gazı Yöntemi

Radon doğada bulunan tek radyoaktif asal gazdır. Genellikle radon yarı ömrü ($T_{1/2}$) 3.825 gün olan ^{222}Rn ile anılır. Radonun ortalama yarı ömürleri daha kısa olan ^{220}Rn ($T_{1/2} = 54.5$ saniye) ve ^{219}Rn ($T_{1/2} = 3.92$ saniye) iki izotopu vardır. ^{222}Rn , Uranyum (^{238}U) bozulma serisine ait, doğrudan ^{226}Ra 'nın radyoaktif bozulması sonucu oluşan ve alfa partikülleri yayan hareketsiz bir gaz elementidir. Yer kabuğunda bulunan az miktardaki (ortalama 3 ppm) uranyumdan meydana gelen radon gazı, kayalar ve toprak arasından atmosfere yayılmaktadır ve böylece atmosfer içinde yaklaşık 0.1 pCi/litre'lik bir ortalama radon konsantrasyonu bulunmaktadır. Yer kabuğundaki kayalarda bulunan Radon ya doğrudan gaz olarak ya da yeraltı suyundan çözünerek yeryüzüne ulaşır ve oradan atmosfere yayılır ⁽²⁾.



Radon gazının bozularak yeraltı suyuna ve atmosfere karışmasını gösteren şematik şekil ⁽²²⁾

Yer kabuğundaki şekil değişimleri ve odak (episantr) alanı içinde veya yakınındaki kayalardaki gerilmeler nedeniyle meydana gelecek genişlemeler sonucu kayalardan yeraltı su sistemine radon geçişi artmaktadır. Bunun sonucunda sismik faaliyetlerin başlamasından önce çevredeki kuyu ve kaynak sularda radon konsantrasyonunda artışlar gözlenmektedir. Radon ölçümleri iki yolla yapılır. Birincisi genelde toprakta yapılan ve fay izinin saptanmasında kullanılan kısa süreli ölçümlerdir. İkinci yol ise genelde kaynaklarda yapılan ve fayın aktivitesini belirlemeye yarayan uzun süreli ölçümlerdir.

Yeraltı suyundaki radon miktarındaki değişimler 1966 yılında Özbekistan'ın başkenti olan Taşkent depreminden sonra deprem habercisi olarak

bilinmeye başlamıştır. Taşkent depreminden bir kaç yıl öncesinde çevredeki derin kuyulardan alınan yeraltı suyu örneklerinde radon miktarında artış gözlenmiştir ve depremin hemen öncesinde normal miktarının 3 katı seviyeye ulaşmıştır. Bu anormal değer deprem sonrasında normal seviyesine geri dönmüştür ⁽²⁾.



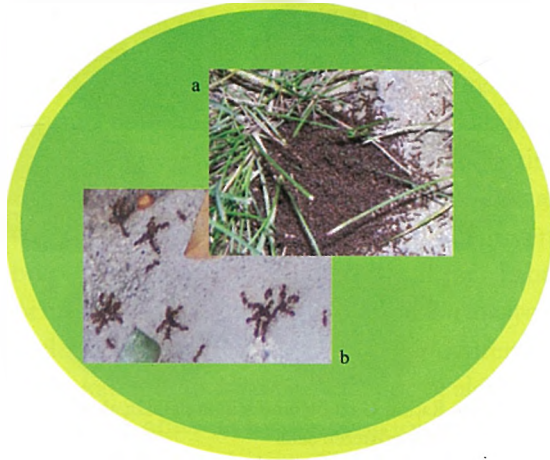
Toprakta Radon Gazı ölçümü için kullanılan aletler ve bu aletlerin kullanılmasını gösteren şekil ⁽²³⁾

Anormal Hayvan Davranışlarının Gözlenmesi Yöntemi

Yapılan saha gözlemleriyle ve kontrollü laboratuvar deneyleriyle hazırlanan birçok raporda saptanan temel bulgu, büyük depremler öncesinde, fayın son dönem kırılmasına kadar geçen süreçte canlılar üzerinde gözle saptanabilen bir etkileşim meydana geldiğidir. Bu çalışmalar ışığında hayvanlardaki davranış anomalilerinin depremin merkez üssüne yaklaştıkça haftalar öncesinden başladığı saptanmıştır ⁽¹⁷⁾.

Hayvan davranışlarında görülen değişiklikler şu şekildedir: Büyük baş hayvanlar (at, eşek, inek) ahır kapılarından dışarı çıkmak isterler ve tepelere doğru koşarlar, tavşan ve fareler yapıların üst katlarına kaçışır, kediler kutu ve çöp bidonu içinde saklanırlar ve korkuyla titrerler, köpekler korku dolu havlarlar, balıklar göl ya da deniz tabanının ısınması sonucu yüzeye yakın yüzerler ve bazıları nedensiz bir şekilde ölür, ördek ve kazlar göle girmek istemezler, martılar çembersel olarak uçarlar, karıcalar ise yuvalarını boşaltırlar ve yuva kenarlarında çeşitli kümeleşmeler (çiçek tipi kümeleşme, çay posası kümeleşmesi) ve ölümler gözlenir.

Biyolojik parametreleri deprem tahmininde ilk defa kullanan ülke Çin'dir. Çin; ilk biyolojik gözlem projesini 1968 yılında Hsingtai'de başlatmıştır. Tarım ve hayvancılıkla uğraşan kesimin nüfusunun %80'ini kapsaması nedeniyle hayvanlardaki deprem öncesi davranış anomalileri çok daha rahat şekilde gözlenmiş ve meydana gelen iki büyük deprem bu verilerin de içinde bulunduğu öncü parametrelere dayanılarak tahmin edilmiştir⁽¹⁷⁾.



Depremden önce karıncalarda gözlenen anormal davranışlar.
a) Çay posası kümelenmesi, b) Çiçek tipi kümelenme⁽¹⁷⁾

Deprem tahmini maalesef hala tam olarak modellenememiş bir bilinmezdir. Ortada birçok model bulunmasına rağmen bu modellere dayanılarak yapılan kestirim çalışmalarında bilimsel anlamda tümüyle kabul gören bir sonuca ulaşamamıştır. Her ne kadar yapılan tüm deneylerde aynı sonucun alınması gerekliliği ile çalışmalar sürdürülse de depremin insan hayatını doğrudan etkileyen bir tehlike olması nedeniyle mutlaka çok disiplinli olarak araştırılması gereken bir konudur.

Kaynaklar

- (1)Atabey, E., 2000. Deprem. MTA Yayınları Eğitim Serisi, No:34
- (2)Özmen,B.,1995. Depremlerin önceden tahmin edilmesinde kullanılan yöntemler. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Semineri.
- (3)İnan, S., Seyis, C., Ergintav, S., Baş, M., Saatçılar, R., Cuff, K., Görür, N., Canan, S., Belgen, A., Karakaş, D., Akar, S., Kurt, L., Kafarov, R., Çakmak, R., Çetin, S., Yakan, H., 2002. Marmara Bölgesinde Sismik Aktivite Habercisi Olabilecek Bulguların Araştırılması, Atag-6 bildiri özleri (sözlü sunum).
- (4)Demirtaş, R., Erkmen, C., 2000. Deprem ve jeoloji.

- Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No:52.
- (5)Ergünay, O., 1976. Depremlerin önceden bilinmesi. Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, s.12, 36-55.
- (6)Çakıcı, H., 2003. Depremleri haber veren parametreler. Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi Bülteni, s.10, 8-9.
- (7)Koral, H., 1992. Büyük depremlerle ilişkili öncül kabuk hareketleri. Jeoloji Mühendisliği, s.41,109-117.
- (8)Rikitake, T., 1972. Earthquake prediction studies in Japan. Surveys in Geophysics, v.1, n.1, 4-26.
- (9)Wakita, H., 1996. Geochemical challenge to earthquake prediction. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol.93, pp.3781-3786.
- (10)Kirschvink, J. L., 2000. Earthquake prediction by animals: Evolution and sensory perception. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 90, no.2, 312-323.
- (11)Yaltrak, C., Yalçın, T., Yüce, G., Bozkurtoglu, E., 2005. Water-level changes in shallow wells before and after the 1999 İzmit and Düzce Earthquakes and comparison with long-term water-level observations (1999-2004), NW Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, vol.14, 281-309.
- (12)<http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm> , Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, Depremle ilgili teknik bilgiler
- (13)http://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=44 , Demirtaş, R., 2004, Depremler önceden kestirilebilir mi?
- (14)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/jeoelektrik-www.sismikhaber.org.pdf , Schewe, P, F., 1993, Jeo-Elektrik Sinyaller: Depremlerden önce mi ortaya çıkıyorlar? Türkçesi: Mustafa Güçlü
- (15)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/maxwell-www.sismikhaber.org.pdf , Physics in Action, 2004, Maxwell Denklemi ve Depremler, Türkçesi: Mustafa Güçlü
- (16)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/kayaclar-www.sismikhaber.org.pdf , Brown, T., T., Kayaçlardaki elektriksel doğal gerilim. Türkçesi: Hüseyin Savaş
- (17)www.sismikhaber.org/makaleler/documents/KARIN-CALAR-ve-DEPREM.pdf , Cabbar, Ö., Doruker, B., 2004, Karıncalar depremi haber verebilir mi?
- (18)http://interactive2.usgs.gov/learningweb/images/wallpaper1024_earthquake.jpg
- (19)<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/one mliler/19990817Marmara7.4/foreaftertr.jpg>
- (20)<http://www.istanbul.edu.tr/eng/jeoloji/akademik/gj/ders-uygulama/depremler.ppt>
- (21)<http://www.jpl.nasa.gov/releases/2003/images/bh-2-browse.jpg>
- (22)http://www.bfs.de/bfs/druck/infoblatt/Radonpfade_gross.jpg
- (23)http://www.mam.gov.tr/enstituler/ydbe/ydbe-projeler/yeni_metod/5027009.html

Kehribar:

Geçmişe Açılan Pencere

Kehribar, sanıldığığının aksine bir taş, bir kaya parçası değil, sıkışıp basınç altında kalarak fosilleşen, kozalaklı ağaçların reçinesidir. Katılaşmadan önce yapışkan reçine halinde bulunduğu için içerisine karışmış pek çok madde de içerebilir. İçerisinde bulunabilecek sayısız materyalin arasında çam kozalakları, odun parçaları, yapraklar, sinekler, böcekler, örümcekler, kurbağalar, akrepler ve hava kabarcıkları sayılabilir.

Kozalaklı ağaçlar, kendilerini hastalıklardan ve böcek istilalarından korumak için reçine salgırlar. Bu reçine, hayvanları kendisine çeken bir kokuya sahiptir. Hayvan ağaca yerleşmeden önce reçinenin cezbedici kokusuna kapılır ve reçineye yönelir. Reçine ile temasa geçtiğinde ise kaçınılmaz son olarak reçineye yapışır ve kurtulamaz. Bu da ağacı muhtemel bir istiladan korur. Bu reçinenin uygun şartlarda korunup fosilleşmesiyle de kehribar oluşur.

Onur Aydın

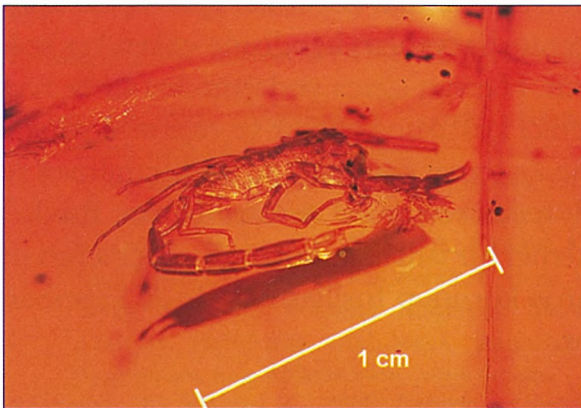
jeomuhoa@yahoo.com

Kehribarın içerisinde zaman zaman küçük canlılar görülmesi ve sürtüldüğünde elektriklenmesi eski çağlarda sihirli bir taş olduğu düşüncesini uyandırmıştır. Zaten elektrik sözcüğünün de kaynağı “kehribar” anlamına gelen yunanca elektron (Ηλεκτρόνιο <İlekttrōnio>) sözcüğüdür. Gerek sihirli olduğu inancı gerek egzotik görünüşü bu taşa ilgiyi arttırmış ve tarih boyunca önemli bir mücevherat olarak kullanılmasını sağlamıştır. İşlenmesi açısından en kaliteli kehribar şeffaf olanıdır. Bu tür parçalar günümüzde de takı ve mücevher yapımında kullanılır.



Kehribar ile yapılmış çeşitli takılar

Bazı kaliteli Çin vazolarının da kehribardan yapıldığı bilinmektedir. Ancak içerisinde çeşitli canlı kalıntıları içeren kehribarlar hiçbir işlem görmeden, kendi başlarına çok değerlidirler.



Kehribar içerisinde bir akrep. İçlerinde mükemmel olarak korunmuş canlılar barındıran kehribarlar kendi başlarına paha biçilemez örneklerdir

İnsanlar tarih boyunca, kehribarı üzerinde taşıyanların, taşın ısıtılmasıyla iyilikleri ve güzellikleri bir mıknaus gibi kendilerine çektiklerine inanmışlardır. Aşk acılarını dindirmede, başarılı olma arzusunda, zihin açıklığını ve ruhsal dengeyi sağlamada kullanılmış ve kuvvetli bir tanrı inancını da simgelemiştir. Aynı zamanda cesaret verdiğine inanılmış, dövüşler öncesinde Romalı gladyatörlere sunulmuştur.

Yine eski çağlarda akciğer, astım, bademcik, mide, bağırsak sorunları, hafıza kayıpları, baş ağrısı gibi çeşitli hastalıklara çare olarak kullanılmıştır.

Kehribar çeşitli bilim dallarının ilgi alanına girer. Jeologlar, fosil olduğu ve tarih öncesi çağlardan izler taşıdığı için; arkeologlar, geçmişte ticari bir mal olarak kullanıldığı için; organik kimyacılar, fiziksel ve kimyasal özellikleri için; botanikçiler ve böcekbilimciler, florayı ve faunayı olduğu gibi koruyarak günümüze kadar sakladığı için kehribar ile özel olarak ilgilenirler. Ayrıca, şairlere ve yazarlara yazıları için ilham kaynağı, filmlere de konu olmuş; mücevher bilim-ciler ve doğal taş satıcıları için rafları süsleyen değerli parça niteliğini kazanmıştır.



Bu gizemli taş birçok bilim dalının ilgisini çekmektedir

Kehribar organik kökenli bir madde olduğu için kimyasal yapısı çeşitlilik gösterebilir. Yine de içerisinde her zaman karbon, hidrojen, oksijen ve atmosfere yayıldığında çürük yumurta benzeri bir koku yayan hidrojen sülfür bulunur. Genel kimyasal yapısı $C_{10}H_{16}O$ (Süksinik asit) şeklindedir. Sertlik derecesi 2 - 2.5, özgül ağırlığı 0.96-1.1'dir. Isıtıldığı takdirde, 370-380°C'de erimeden ayrışır ve parlak bir alev çıkararak yanar.

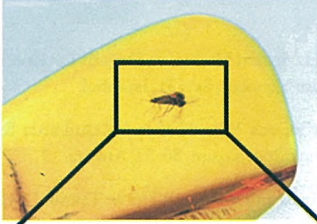
Kehribar sudan çok az miktarda ağır olduğu için yüzer ve bu da orijinal bölgesinden uzaklaşıp dünyanın çeşitli sahillerinde ortaya çıkmasına neden olur. Dünyanın başlıca kehribar kalıntıları Almanya'nın kuzey kıyılarından bulunur ve büyük olasılıkla İngiltere kıyılarından Baltık Deniz kütlesiyle buraya taşınmıştır. Kehribarın bulunabileceği diğer yerler ise; Burma, Kanada, Çek Cumhuriyeti, Dominik Cumhuriyeti, Litvanya, Fransa, İtalya, Romanya, İspanya, Meksika ve ABD'dir.



Amerika - Norfolk sahillerinden bir kehribar

Kehribar İçindeki Yaşam

Canlılar çok kısa bir sürede kehribar içerisine hapsoldükleri için genellikle çok iyi durumda korunurlar. Ayrıntılı incelemelerde hayvanın cinsiyeti dahi anlaşılabilir.



Dominik Cumhuriyeti'nden 30 milyon yıllık bir kehribar. İçindeki tatarcik sineği, tüylü antenlerinden dolayı muhtemelen bir erkek

Dominik Cumhuriyeti'nden çıkarılan kehribarlar, Baltık Kehribarı'na göre daha çok sayıda ve daha göz alıcı şekilde bitki ve hayvan kalıntıları içermektedir. Örneğin tek bir örnek içerisinde 2000 kadar karınca ya da 20 farklı hayvan bulunabilir. Bitki çeşitliliği de Dominik Kehribarı'nda önemli bir özelliktir. Hatta fosil kayıtlarında bile yer almayan canlı türlerini içeren örnekler vardır. Bu çeşitlilik dünyanın diğer bölgelerinden çıkarılan kehribarlarda pek görülmemektedir. Kehribarın devasa boyutlardaki örneklerine de rastlanmıştır. Doğu Prusya'daki Samland Adası'nda şimdiye kadar bulunmuş en büyük örnek 12 kg ağırlığındadır. Böyle büyük örnekler son derece ender olarak bulunmaktadır. Hatta ortalama 500 gramdan ağır örnekler dahi nadir sayılmaktadır.



Birmanya kehribarı. Bu örnek nadir sayılan büyüklüktedir

Bir dinazorun kanını emdikten sonra kehribar içerisine hapsolmuş bir sivrisinekten alınan DNA örneği ile tekrar canlandırılan dinozorları konu alan bir Hollywood filmi ile kehribarın günümüzdeki popülerliği artmıştır. Filme konu olan çalışmalar günümüzde de devam etmektedir.



Kehribar içerisine hapsolmuş bir çam kozalağı

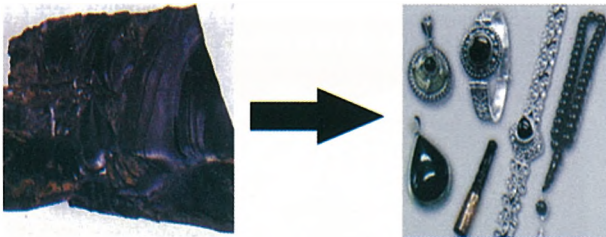
Siyah Kehribar (Oltu Taşı)

Siyah kehribar kömürün bir çeşididir, yani fosilleşmiş odundur. M.Ö. 1400'den bu yana çıkartılmaktadır. Romalıların Britanya'yı işgali boyunca Roma'ya dönüşlerinde gemilerin başlıca değerli yükünü teşkil etmekteydi. Hatta, Ren-Ron yolu olarak adlandırılan, Doğu Alpleri'nden geçen Kuzey-Güney bağlantısı tarihöncesi ticaret yolu "Kehribar Yolu" olarak biliniyordu.

Siyah kehribarın görünüşü cilalanarak büyük ölçüde değiştirilebilir. Sahip olduğu derin siyah renginden dolayı 19. yüzyılda yas mücevheri olarak çok popülerdi. Kehribar gibi siyah kehribar da sürtüldüğünde statik elektrik üretebilir. Dünyada en çok Çin, Fransa, Almanya, Hindistan, Polonya, Rusya, İspanya ve ülkemizde çıkarılmaktadır.

Ama tarihsel açıdan en iyi ve ünlü örnekler Whitby çevresinde, İngiliz kıyılarında ve Yorkshire'ın tortullarından çıkarılmıştır. Günümüzde bu bölgeden hala çok kaliteli örnekler çıkarılabilmektedir.

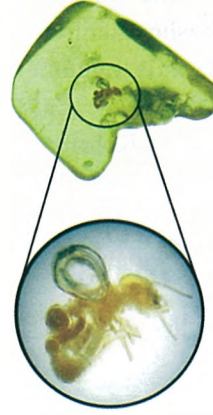
Siyah kehribar ülkemizde "Oltu Taşı" adıyla bilinir. Erzurum'un Oltu ilçesinde çıkarıldığı için adını o bölgeden almıştır. Oltu'nun Sülünköyü, Güllüce, Dutlu, Güzelsu ve Alataşlar köyleri civarında çıkarılır. Bu yöredeki esnaf tarafından sigara ağızlığı, tespih, kolye gibi süs eşyalarının yapımında kullanılmaktadır. Siyah kehribar yörede, yeraltında 1-7 cm kadar ince damarlar halinde bulunur. Zor şartlar altında çıkarıldıktan sonra esnaf tarafından işlenir ve gerektiğinde çıkarılıp işlenmek üzere tekrar toprak altına gömülür. Burada amaç taşın nemli ve yumuşak kalmasını sağlamaktır.



Oltu Taşı (Siyah kehribar) İşlendikten sonra göz alıcı takılara dönüşür

Kehribar, binlerce yıldır insanoğlu tarafından değerli bir taş olarak saklanmış, yeri geldiğinde hastalıkları iyileştirme yeri geldiğinde savaşçılara cesaret verme düşüncesiyle kullanılmıştır.

Günümüzde ise hala popüler bir mücevherat olarak kullanılmakla beraber bilim adamları tarafından da çeşitli amaçlarla ayrıntılı olarak incelenmektedir.



Kehribar içerisinde mükemmel korunmuş bir örnek



Muhtelif kehribar oluşumlar.

Kehribar Bilgi Dosyası

Grubu	Organik Materyal
Kristal Sistemi	Şekilsiz
Kristal Formülü	H ₂ O ile birlikte C ₁₀ H ₁₆ formülüne yakın fosil reçine
Sertlik	2 - 2,5
Yoğunluk	0,96 - 1,1 Max. 1,3
Bölünüm	Yok
Kırılma	Konkoidal
Renk	Sarı, kahverengi, kırmızı
Damar	Beyaz
Parlaklık	Reçineli
Saydamlık	Yarı saydam, saydam.
Işınırılık	Mavimsi beyaz ya da yeşil

Kaynaklar

Kehribar, Dünyanın Hazineleri Mineral ve Değerli Taş Koleksiyonu, 1998, Sabah-De Agostini Yayınları, Sayı 31, İstanbul.

Korur, E.,1989. Milyonlarca Yılın Hikayesi Kehribarda Saklı. Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı: 264, Kasım, 30-33, Ankara.

Öztan, Ü., 1977. Kehribarın Öyküsü. Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı: 118, Eylül, 23-26, Ankara.

<http://www.amberworldmuseum.com>

<http://www.crystal-world.com>

<http://www.erzurumtb.org.tr/erzurum/erzurum.htm>

<http://www.terratreasures.com>

http://cgi.befr.ebay.be/Baltic-Amber-Fossil-rough-amber-from-1-5-to-2-cm_W0QQitemZ6214088676QcategoryZ415QQcmdZViewItem

En Kıymetli Mineral:

YEŞİM

*Yok imiş arz üzre bir kıymet, yeşimden başka
Bilen yoktur nedir bu hikmet, Yeşim'den başka*

*Yeşim gelse elmas çatlar, zümrüt solar, lâl durur
Yeşim gitse cümle taşlar deli olur, kıldurur*

*Bezm-i Elest'ten beri takdir-i kıymet işimiz elbet
Bütün kıymetlerden füzun ziynet Yeşim'iz elbet*

Yeşim Ercan

Maden Tetkik ve Arama,
Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü,
Konya

yesimercan74@yahoo.com

Yeşim, diğer ismiyle Jadeit, $\text{Na}(\text{Al},\text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$ bileşiminde bir silikat mineralidir ^[1]. Deneysel formülü ise $\text{NaAl}_{0.9}\text{Fe}^{+3}_{0.1}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ olarak hesaplanmıştır ^[2]. Bu bileşimin molekül ağırlığı 205 g'dır. İçerisinde element olarak ağırlıkça % 11.21 Na, % 11.84 Al, % 2.72 Fe, % 27.40 Si ve % 46.82 O bulunur. Bileşik olarak ise yeşimin içinde % 15.11 Na_2O , % 22.38 Al_2O_3 , % 3.89 Fe_2O_3 ve % 58.61 SiO_2 yer alır.

Yeşim, yeşil renkli bir piroksen mineralidir. Çok yaygın olan bu parlak çimen yeşili renginin yanı sıra daha az rastlanan grimsi yeşil, açık mavimsi yeşil, açık mor ve beyaz türleri de vardır. Çizgi rengi beyazdır. Sarı renkli jadeite “nefrit” adı verilir ^[2]. Yoğunluğu 3.3 g/cm^3 , sertliği 6.5 olup, kırılmaya karşı dayanıklıdır. [110] kristalografik düzlemi boyunca dilinim belirgindir. Şeffaf ve yarı şeffaf olan yeşim kristalleri doğada taneli (granüler), lifsi veya masif yapıda bulunur.

Camsı-metalik parlaklık gösterir, fluoresan değildir, zayıf yanar-dönerlik özelliğine sahiptir ^{[3][4]}. Monoklinik sistemde kristalleşir ve daha çok prizmatik idyomorf şekil ve izometrik habitus özellikleri sunar. Eksen oranları a:b:c = 1.0999:1:0.6095 olarak belirlenmiştir ^[5].



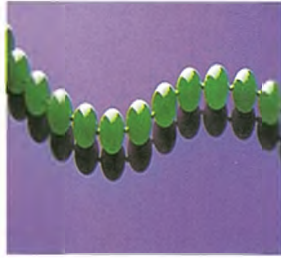
Çimen yeşili renkli, işlenmiş yeşim minerali
(kristal boyu 2.3 cm)^[7]

Bulunuşu

Jeolojik olarak yeşimin oluşumu son derece sınırlı şartları gerektirmektedir. Sodik amfibol içeren, bu yolla sodyum bakımından zengin olan serpantinleşmiş ultrabazik kayaların yüksek derece rejyonel veya kontakt metamorfizması ile türer. Sadece Çin'de ve Burma'da ekonomik çok kaliteli, süstaşı olarak kullanılan yeşim yataklarının olduğu bilinmektedir^{[6][7]}. San Benito, Kaliforniya, Meksika, Japonya ve Tibet diğer yeşim üretimi yapan ülkelerdir^[8].



Çimen yeşili-soluk yeşil renkli, Çimen yeşili renkli yeşim tespih
ikiye ayrılmış yeşim yumrusu (Tane boyu 0.5 cm)^[8]
(Yumru boyu 13 cm)^[8]



Gemolojik Özellikleri

Yeşim, diğer birçok süstaşı (gemstone) kadar ileri derecede yanar-döner (lüminesans) göstermese de, belirgin ve dikkat çekici yeşil rengi her zaman onu önemli kılar. Kolay işlenebilirliği benzerlerine göre büyük avantaj sağlar. Kıymetli veya yarı-kıymetli taş grubuna girmekte, süstaşı olarak kullanılmayacak kadar bozuk renkli, çatlaklı, kapanım (inklüzyon) içeren parçaları bile süslü taş (ornamental stone) olarak yapı malzemelerinde değerlendirilmektedir. Yüzük taşı, küpe, kolye, broş gibi takı malzemelerine malzeme olarak kullanılmasının yanında daha iri taneli olanlarından biblo, sigaralık, şişe kapağı, kapı-pencere kolu taşı, sandık ve diğer antika mobilyalara kakma taşı şeklinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda yapılan araştırmalara göre, kuvarstan daha yüksek olan piezo-elektrik özelliği nedeniyle, hafif akım verilerek kazandırılan titreşimle birlikte cilt üzerinde dolaştırılarak bel kaymasından sinir sisteminin gevşetilmesine kadar pek çok derde deva özelliği

de bulunmaktadır. Ama yeşimin çok eski zamanlardan beri bilinen ve uygulanan en önemli vasfı göz dinlendirici renge sahip olmasıdır. Yeşime ait yeşil renk zaten bu özelliğe sahip olup uzun süre mikroskopta çalışanlar, uzun yolda araç kulanlar, pilotlar, veya tek noktaya uzun süre bakması gerekenler her bir saatte bir beş dakika yeşil renkli bir cisme bakarak gözlerini dinlendirmesi gerekir. Yeşimin buna çok uygun ve parlak yeşil rengi, göz dinlendiriciliğinde ön plana çıkmaktadır.

Yeşim, İspanya'da böbrek taşları başta olmak üzere hemen hemen bütün böbrek hastalıklarına iyi geldiği iddiasıyla tedavide kullanılmaktadır. Çin ve Orta Amerika ülkelerinde ise yeşim, çok derin anlamları olan kutsal taş (religious stone) olarak bilinir. Konfiçyus öğretisinde, ibadet binalarındaki yeşim süslemelerinin meydana getirdiği gizli desenleri ayırt etmek, bilgelik merdivenlerinde basamak tırmanmaya vesile olmaktadır.

Bir Efsane

Rivayet bu ya, derler ki Bezm-i Elest'te bütün taşlar beyaz, bütün mineraller yumuşak, bütün metaller hafif imiş. Yokmuş farkı hiçbir taşın diğerinden. Ayırmak mümkün değilmiş gümüşü berilden, berili jipsten, jipsi antimonitten. Sadece adları belli imiş o kadar. Dileyen gider makam-ı kübraya müracaat edermiş. Küre-i arzda ne olmak istediğini bildirir beklermiş sabır ile. Günü gelince çağırır sıvazlarmış sırtını. O mineral de kazanırmış bütün özelliklerini bir anda. Rengini, birim ağırlığını, ne işe yarayacağını, nasıl aranacağını, nasıl bulunacağını, nasıl oluşacağını orada belirlerlermiş. Meselâ kalsitin kulağına eğilerek: “*Bundan böyle dilininim şu açıda olacak, optik açın şu kadar. Kirlenme beyaz kalsın rengin. Magneziuma ilgini kaybetme*” diye fısıldamışlar. Başkasına dönüp: “*Bak halit, küplerin bol olsun. İnsanoglu aslında susuz yaşar da sensiz yaşayamaz*” deyip, “*Ama sen sudan uzak dur yine de ha!*” diye eklemişler.

Böylece vasıfları, adı-sanı, yaftası belli olan mineraller nesep olsunlar, çoğalsınlar diye gönderilmiş dünyaya. Böylece pek çok mineralin işi tamamlanmış konuşlanmış çark-ı felekteki yerine. Ne yazık ki süs taşlarını seçmek, hangisine hangi özelliğin verileceğini belirlemek çok zor olmuş derler. Çünkü bütün minerallerin gönlünde en kıymetli taş olmak, en aranan rengi almak, prensesin gerdanından sultanların tacına göz kırpmak arzusu yatarmış. Bazılarında bu dayanılmaz arzu büyümüş büyümüş, ihtirasa dönmüş.

Kırmaya başlamışlar birbirlerini kenarlarından köşelerinden. Bakmışlar husumet artacak, daha burada ornatmalar, kapanımlar arş-ı âlâya çıkacak bir çare aramaya başlamışlar. Ve bin günlük uzun günlerden bir gün Bezm-i Elest'te bir yarışma tertibine karar vermişler. Tellâl çıkartıp: “Gönlü olan çıksın ortaya, işte meydan” diye bağirtmişlar.

Fakat bağirtmez olsalarmış keşke! Bir anda dolmuş meydan. Liflerine güvenen krizotilden pullarını kabartan muskovite, ışınsal volastonitten bal renkli sfalerite kadar hepsi fırlamış ortaya. Kimi yuvarlanarak, kimi salınarak, kimi ikizlerine basıp zıplayarak yer kapmaya çalışmışlar ilk sıralardan. Hatta derler ki, yarışmayı duyunca dönüp geri gelenler bile olmuş fani dünyadan. Neyse ki tertip heyeti en başta anlatmış kıymetli olanın başına gelecekte neler geleceğini de azalmış biraz yarışanların sayısı. Sonra başlamış müsabaka. Kısa sürede birkaç soru sorup bilemeyenleri kovunca da düşmüş yarışanların sayısı beşe: pirop, kuvars, nefrit, yeşim, bir de bizim oltutaşı. Başlamış esas final. Sorular zorlaştıkça ter gövdeyi götürür olmuş neredeyse. Uzun zaman geçmiş, güneş batmak üzere Bezm-i Elest'te. Ancak eşitlik fazla bozulmamış hâlâ. Ve son soru gelmiş: “Estetik nedir?” diye. Pirop atılmış hemen: “Güzelliğidir” demiş. Kopmuş vaveylâ, bir alkış tufanı bütün seyirci minerallerden. Çalınan ısıklar, atılan naralar kubbesini süslemiş meclisin. Sonra sırası geldiğini anlayan kuvars bir adım ileri çıkmış: “Estetik bütünü meydana getiren parçalar arasındaki uyumdur” demiş. Tezahürat daha da artmış. Şimdi gözler nefritte: “Estetik çoğunluğun boşuna gidendir” derken nefrit gittikçe sesi titremiş, ağlamaklı olmuş. “Neyin estetik olduğunu anlamak için çok kişiye sormak gerekir.” diye ekleyebilmiş son bir gayretle.

Bütün meclis susup, her taraf buz kesince nefrit de sapsarı kesilmiş hüsrandan. Oltutaşı bu sözlerin üstüne söz bulamayınca kekelemeye başlamış. Kekeledikçe önce gri bir renk almış yüzü, sonra karardıkça kararmış. Mecliste çıt yok. Kalpler bile durmuş, gözler yeşime dikilmiş.

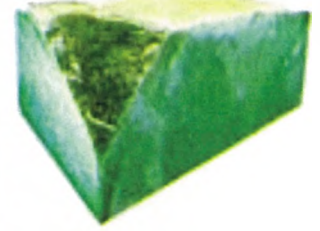
Yeşim önce yutkunmuş, bilemeyecek gibi olunca heyecan daha da artmış. Sonra çağlayandan akan suyun büyüleyici ve kesintisiz, berrak sesiyle: “Estetik, nesnenin değil, ona bakanın iç güzelliğidir. Narsisizm değil, diğerkamlıktır” demiş. “Çünkü güzellik nesnenin görüntü vafı değil, öznenin onu görme kabiliyetidir. Yani ben bütün nesnelere en güzel olduğum bir dünyaya gitmek yerine, benim

güzelliğimi görebilecek, mutlu insanların bulunduğu bir dünyaya gitmek isterim” diye eklemiştir.

İşte o anda yarışmanın sonucunu ilk anlayan kuvars olmuş olacak ki, mos mor kesilmiş birden, ametiste dönüşüvermiş çoğu kristalleri. Piropun yüzü kızardıkça kızarmış. Tabii ki bu durumda da yeşime dilediği rengi beğenmek kalmış renklerden. O da bilgelik gösterip yeşili seçmiş. Hayatın, yaşamının, canın ve canlı olmanın rengi yeşili. Diğer süstaşlarının kıymet cetvelindeki yerini tespit vazifesi de yeşime verilmiş. O da gönlünce sıralamış elması, zümrütü, yakutu, safiri. Taa gökten üç elma düşene dek.



Çimen yeşili renkli, benekli yeşim halka (Halka boyu 5.4 cm)^[8]



Çimen yeşili renkli, mavi desenli yeşim blok (blok boyu 15 cm)^[9]



Açık yeşil renkli, mükemmel boylanmış yeşim kristalleri^[1]

Kaynaklar

- (1) Cornelius, S. ve Hurlbut, J. R., 1982, Mineraloji, 1. Cilt (Çev: K. İnan ve E. Tanyolu); Doyuran Matbaası, İstanbul, 214 s
- (2) Aras, A., 2005, Endüstriyel mineraloji; Jeol. Müh. Odası Haber Bült., 2005, 1, 77-78
- (3) www.webmineral.com
- (4) Kırıkoğlu, M. S., 1990, Endüstriyel hammaddeler; İstanbul Teknik Üniv. Kütüphanesi, Sayı 1418, 272 s
- (5) Kuşçu, M., 1991, Endüstriyel kayalar ve mineraller; Akdeniz Üniv. Fen Bil. Enst. Yayl., No 2, 177 s
- (6) Sarıöz, K. ve Nuhoglu, İ., 1992, Endüstriyel hammadde yatakları ve madencilik; Aadolu Üniv. Yayl., No 836, 432 s
- (7) Ethem, M. Y., 1990, A'dan Z'ye kıymetli ve yarı kıymetli taşlar (süs taşlar); Mers Matbaası, Ankara, 156 s
- (8) http://www.galleries.com/minerals/silicate/jadeite/jadeite.htm

Yapıtaşı Olarak Travertenler;

Bozunmanın Travertenler Üzerindeki Etkileri

Bir kırık boyunca yeryüzüne çıkan karbonatlı suların bol olarak gözlendiği kaynaklarda veya dere kenarlarında kalsiyum karbonat (CaCO_3) depolanması sonucu oluşan traverten, bir çeşit kireçtaşıdır. Travertenler, karasal ortamlarda oluşan karbonatlı kayaç grubu içerisinde yer alır. Bünyesindeki demir bileşikleri veya bazı organik maddeler sonucu güzel renkli ve bantlı ya da laminalı bir yapı kazanırlar. Bu nedenle traverten, doğal yapıtaşı olarak önemli bir kullanım alanına sahiptir. Öte yandan Denizli Çimento Fabrikası örneğinde olduğu gibi, çimento hammaddesi olarak da kullanılmaktadır.

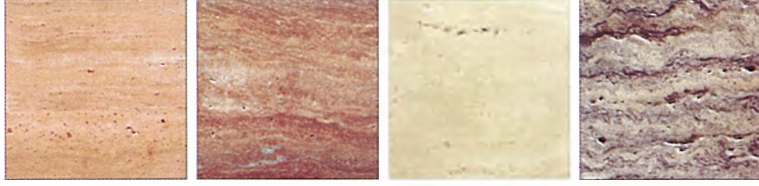
Traverten terimi, travertenin yaygın olarak bulunduğu İtalya'daki Tivoli kasabasının eski Roma'daki adı olan "Tivertino"dan gelmektedir. Travertenler, genellikle sıcak su kaynakları çevresinde çökelmiş olmaları, mikroorganizma ve bakteri yaşamı için uygun ortamların oluşmasını sağlamaları açısından önemlidir. Tufa ve traverten terimi sık sık birlikte anılmaktadır.

Mutluhan Akın

İller Bankası Genel Müdürlüğü
Opera, Ankara

mutluhanakin@gmail.com

Ancak tufalar, travertenlerden farklı olarak süngerimsi, gözenekli ve gevşek bir yapı sunarlar ve bünyelerinde bol miktarda hayvan-bitki kökenli kalıntıları içerebilirler. Kısaca denebilir ki travertenler genellikle sıcak sular tarafından çöktülürken, tufalar meteorik kökenli soğuk sular tarafından çöktülür.



Laminallı yapıya sahip travertenlerden örnekler

Kalsiyum karbonat (CaCO_3) bileşimindeki travertenler, kristalli, sıkı dokulu, laminallı ve tabakalı yapıdadırlar. Dayanımlarının tufalara göre daha yüksek ve sert olması, travertenlerin yapıtaşı olarak daha yaygın olarak kullanımlarına olanak sağlamaktadır. Traverten oluşumuna neden olan kalsiyum (Ca^{++}) ve karbonatlı (CO_3^{--}) çözümlerin zenginleşmesinde karbonatlı kayalar içinde su dolaşımı, sıcaklık, basınç, pH ve suda çözülmüş CO_2 gazı önemli rol oynamaktadır⁽¹⁾. Söz konusu kayalardaki yavaş su dolaşımı çözünürlüğü artırır ve yeraltında suyun iyon bakımından zenginleşmesini sağlar. Diğer taraftan su sıcaklığının 20°C ve üzerinde olması da çözünürlüğü artıran bir diğer unsurdur. Traverten oluşturan sulardaki CaCO_3 'ün kaynağını, bünyesinde bulunan Ca^{++} ve CO_3^{--} iyonları oluşturur. Söz konusu iyonlar kalsit (CaCO_3 -hegzagonal kristal sistemli), aragonit (CaCO_3 -ortorombik kristal sistemli) ve dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) gibi karbonat minerallerinin çözünmesi ile ortaya çıkar.

Travertenlerin bol gözenekli ve içi boş tüpsü yapıda görünmeleri, bünyesindeki bitkilerin çürümesi ile geriye kalan boşluklar nedeniyledir. Bitki sap, yaprak ve otçül bitkilerin gövdeleri etrafında biriken CaCO_3 tabakası, zamanla bitkinin çürümesine yol açmakta, çürüyen bu bitkisel yapılar ortamdan ayrılarak yuvarlak ve ince uzun elips şekilli gözenekler oluşturmaktadır.

Türkiye'deki Traverten Oluşumları

Türkiye'deki travertenlerin çoğu genellikle yakın jeolojik zamanda (Kuvaterner) ve değişik ortam koşullarında oluşmuşlardır. Travertenler genellikle

açılma çatlaklarının egemen olduğu İç Anadolu ve Batı Anadolu bölgelerimizde yaygındır. Batı Anadolu'daki aktif normal faylar ve açılma çatlakları boyunca yeryüzüne çıkan sıcak sular, Kuvaterner yaşlı travertenlerin oluşmasına neden olmuştur. Ülkemiz turizmi açısından önemli bir yere sahip olan Pamukkale travertenleri, Ege graben sisteminde genellikle DB doğrultulu faylar ve açılma çatlakları boyunca gelişmiştir. Bugüne kadar en üzerinde en fazla çalışma yapılan travertenler Batı Anadolu'daki Pamukkale-Denizli travertenleridir. Denizli travertenleri depolanma özellikleri, tektonik, hidrojeoloji ve jeotermal potansiyel gibi değişik açılardan incelenmiştir^(2, 3, 4). Diğer taraftan İç Anadolu Bölgesi'ndeki Sivas Sıcakçermik ve Kırşehir travertenleri ile batı ve orta Akdeniz bölgesindeki Antalya ve Mut travertenleri üzerinde de bugüne kadar bazı araştırmalar yapılmıştır^(5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). Bunun yanı sıra, Sivas batısındaki travertenlerin jeolojisi, yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirlikleri ortaya konulmuştur⁽¹³⁾.

Antalya yöresindeki travertenler genellikle tufa özellikleri göstermekte ve bu nedenle de bazı araştırmacılar tarafından "Antalya Tufası" olarak adlandırılmaktadır^(10, 12). Ülkemizde sırt, teras, şelale ve kanal tipi traverten oluşumları yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Konya, Eskişehir, Kayseri, Erzurum, Çankırı, Karabük, Ankara gibi birçok yörede sırt ve şelale tipi travertenler bulunmaktadır⁽¹⁾. Kırşehir merkez, Karahayit (Denizli), Uyuz Çermik (Sivas) ve Karabük bölgelerinde ise teras tipi traverten oluşumlarına rastlanmaktadır.



Türkiye'deki bazı traverten oluşumları⁽¹⁴⁾

Travertenlerin Endüstride Kullanımı

Travertenler, endüstriyel alanlarda kaplama taşı, yapıtaşı, süs eşyası yapımı, çimento hammaddesi ve kireç üretiminde kullanılmaktadır. Travertenlerin söz konusu alanlarda kullanılabilmesi için, TS 699⁽¹⁵⁾, TS 6809⁽¹⁶⁾ ve ISRM^(17, 18) gibi standartlar ve önerilere dayalı olarak deneysel çalışmalar kapsamında incelenmesi, elde edilen sonuçların TS 1910⁽¹⁹⁾ ve TS 2513⁽²⁰⁾'de belirtilen kullanım şartlarına göre değerlendirilmesi gerekmektedir⁽¹⁾. Buna göre travertenlerin, blok verme özelliği, gözeneklilik, suda dağılma dayanımı, renk ve desen özelliği, levhalar şeklinde dilimlenebilme özelliği, cilalanabilme ve parlayabilme özelliği, birim hacim kütlesi, özgül kütle, doluluk oranı, kütlece ve hacimce su emme oranı, sertlik, saydamlık, kalınlıkça ve hacimce aşınma kaybı, tek eksenli sıkışma dayanımı, don sonu tek eksenli sıkışma dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, dona karşı dayanım, kimyasal bileşim, iklimsel etkilere ve asitlere dayanım gibi özelliklerinin ilgili standartlara göre belirlenmesi gerekmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar, travertenlerin özellikle gözeneklilik miktarının diğer parametreler üzerinde etkili olduğunu ve gözenek miktarının azalmasına ve boyutlarının küçülmesine paralel olarak da diğer özellikleri olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur⁽¹⁾.

Kireçtaşlarına göre daha kırılğan ve ufalanabilir özellikte olması sebebiyle travertenler, çimento malzemesi olarak da kullanılabilir. Örneğin Denizli Çimento Fabrikası, kalker hammadde ihtiyacını fabrika sahasının hemen yakınındaki kendi traverten ocaklarından sağlamaktadır. Diğer taraftan %90-95 gibi yüksek CaO oranına sahip travertenlerden kireç üretilebilmektedir.

Travertenlerin Tarihi Eserlerde ve Anıtlarda Yapıtaşı Olarak Kullanımı

Travertenler, işlenmesi kolay bir kayaç türü olması nedeniyle, eski devirlerden bugüne kadar birçok medeniyet tarafından yapıtaşı olarak kullanılmıştır. Bu nedenle, travertenlerden imal edilmiş birçok tarihi eser bulunmaktadır. Travertenden inşa edilen tarihi yapılar, tarih öncesinden günümüze kadar gelen çeşitli medeniyetlerin ürünü olup, yaşadıkları

devirlerin sosyal, ekonomik, mimari ve benzeri özelliklerini yansıtmaktadırlar. Türkiye'de traverten denince akla gelen en önemli anıtsal yapı Anıtkabir'dir. Anıtkabir resmi kaynaklarında da belirtildiği üzere Ankara ve çevre illerdeki taş ocaklarından getirilmiş olan yapıtaşlarından inşa edilmiştir. Anıtkabir'in inşaatı sırasında, Eskipazar'a (Karabük) yaklaşık 5 km uzaklıktaki Budaklar köyü civarındaki taş ocaklarından getirilen sarı travertenler; tören alanındaki kolonlar, mozole kolonları, Aslanlı Yol çevre duvarlarında oldukça fazla miktarda kullanılmıştır.



Travertenlerin kaplama taşı olarak kullanıldığı Anıtkabir'den bir görünüm

Anıtkabir'in yanı sıra, yüksek bir traverten rezervine sahip olan Denizli yöresindeki dünyaca ünlü Hierapolis (Pamukkale), Laodikya, Tripolis ve Colassea gibi Roma dönemi antik kentlerinde ve Selçuklu kervansaraylarında yapıtaşı olarak traverten kullanılmıştır⁽²¹⁾. Bu örneklerin yanı sıra, yurt çapında travertenlerin bulunduğu yerleşim alanlarındaki çeşitli tarihi yapılarda da travertenin yapıtaşı olarak kullanıldığı görülmektedir.

Bozunmanın Yapıtaşı Olarak Kullanılan Travertenler Üzerindeki Etkisi

Yapıtaşlarında meydana gelen bozunma, jeolojik süreç içerisinde kayaçlarda meydana gelen bozunma ile oldukça benzerlik göstermektedir. Yapıtaşlarındaki bozunmada, taşın bulunduğu çevrenin iklim özellikleri birinci derecede rol oynamaktadır. Yapıtaşlarındaki bozunma sonucunda, taşın görünümü, dayanımı, bütünlüğü, boyutları ve kimyasal davranışı değişmektedir.

Kayaçlarda meydana gelen bozunmada en önemli fiziksel faktörler ıslanma-kuruma; donma-çözülme ve çözünebilir tuzlardır. Kimyasal bozunmada ise yapıtaşını oluşturan minerallerin içsel yapısı, çözünme, oksidasyon ve hidroliz olayları sonucunda değişmektedir. Özellikle yarı kurak iklim koşullarında, kimyasal bozunmanın en önemli tepkimeleri hidroliz ve oksidasyondur⁽²²⁾.

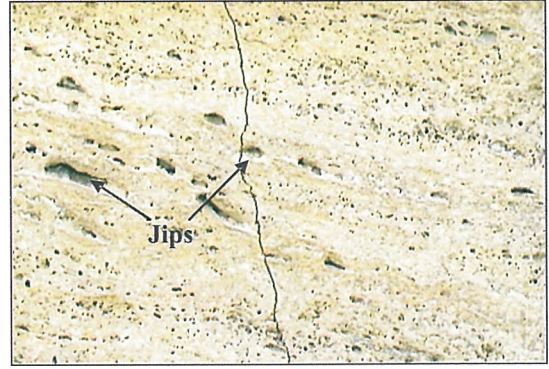
Özellikle gözenekli kayaçlarda, gözeneklerde biriken suyun donması sonucu oluşan basınçlar, kayacın ilksel yapısına önemli ölçüde zarar vermektedir. Mevsimsel sıcaklıkların 0°C civarında olduğu iklimlerde tekrarlı donma çözülme çevrimleri, kayacın zaman içerisinde zayıflamasına neden olmaktadır.

Çevrimsel olarak gerçekleşen ıslanma-kuruma olaylarının da yapıtaşlarında bozunmanın gelişmesine katkıda bulunduğu bilinen bir gerçektir. Birçok kayaç türü su emmesi ile birlikte genişlerken, kuruma ile birlikte büzülme davranışı sergiler. Bu genişleme-büzülme döngüsü sırasında tane sınırlarında gerilmeler oluşur ve bu gerilmeler zamanla tanelerin ayrılmasına ve kayaç bünyesinde deformasyonlara yol açar.

Yapıtaşlarındaki bozunma, atmosferdeki sıcaklık ve nemlilik koşullarının değişimi ile birlikte çözünebilir tuzlarda oluşan hidrasyon ve dehidrasyon etkisiyle de meydana gelebilmektedir. Hidrasyon sırasında kristal yapısının bünyesine su alması, hacimsel artışa neden olmakta ve bu durum gözenek duvarlarına belirli bir basınç uygulamaktadır⁽²³⁾.

Traverten CaCO_3 bileşimli bir kayaç olduğundan, iklimsel etkiler ile birlikte bozunabilmektedir. Bu kayaç türünde gözlenen en yaygın bozunma türü kimyasal bozunmadır. Kimyasal bozunma sonucunda suyun da etkisiyle travertenlerde genellikle çözünme türü bir kimyasal aktivite gözlenir. Kimyasal bozunma ile birlikte gözenekli yapısı sebebiyle boşlukları dolduran suların donma ve çözülme faaliyeti sonucunda fiziksel bozunmanın da etkili olduğu bilinmektedir. Travertenlerin bozunması üzerinde etkili olan diğer bir unsur ise gözeneklerde oluşan ikincil kristallerin yarattığı basınçlardır. Özellikle atmosferik kirleticilerin

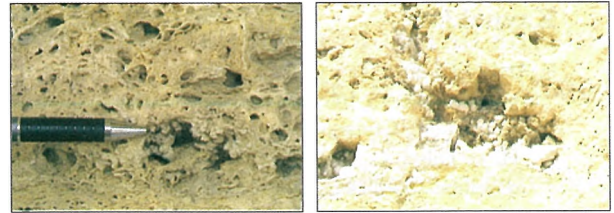
yoğun olduğu ortamlarda traverten gözeneklerinde oluşan jips kristalleri ıslanma ve kuruma çevrimleri neticesinde hacimce genişlemekte ve bu hacim genişlemesi sonucu oluşan basınçlar, travertenin zaman içerisinde parçalanmasına yol açmaktadır.



Yapıtaşı olarak kullanılan travertenlerde gözlenen kırılmalar

Travertenler oldukça yüksek gözenekliliğe sahip bir kayaç grubunda olduğundan, yağışlar sonucu oluşan suların kayaç ile temas süresi de diğer kayaç gruplarına göre daha fazla olmaktadır. Söz konusu sular bu gözeneklerde birikebilmekte ve CaCO_3 bileşiminde olan bu kayaç ile kimyasal tepkimeye girebilmektedir. Öte yandan daha önceden de belirtildiği üzere, bu suların gözenekler içinde donması ve çözülmesi sonucu meydana gelen basınç değişimleri de travertenlerin ilksel yapısına zarar vermektedir.

Travertenlerin yapıtaşı olarak kullanıldığı Anıtkabir'de bozunmanın travertenler üzerindeki etkilerini izlemek mümkündür. Aşağıdaki şekillerde gösterilen örnekler Anıtkabir'de kaplama taşı olarak kullanılmış ve yaklaşık 50 yıldır atmosferik etkilere maruz kalmış travertenlere aittir.



Travertenlerin gözeneklerinde oluşan jips kristalleri

Ankara ve yakın çevresinde atmosferik kirleticilerin yoğun olarak bulunduğu bir iklim hüküm sürmektedir. Özellikle sonbahar ve kış aylarında oluşan yağışlar neticesinde travertenlerin gözeneklerinde biriken sular Anıtkabir'deki travertenler için en önemli bozunma ajanıdır.

Aynı zamanda kirli havada bulunan sülfatlı bileşiklerin bu gözeneklerde birikmesi ve travertenler ile tepkimeye girmesi sonucunda jips kristalleri oluşturmuştur. Bunun örneklerine Anıtkabir travertenlerinde oldukça sık rastlanmaktadır. Bu jips kristallerinin hacimsel değişimleri sonucunda yapıtaşı olarak kullanılmış olan bu travertenlerde ciddi deformasyonlar meydana gelmektedir.

Anıtkabir travertenlerinde bozunmanın etkileri yoğun olarak görülmektedir. Ankara ve çevresinde gözlenen karasal iklim şartları bu travertenlerin bozunmasında önemli etken olmuştur. Kış aylarında 0°C dolaylarında seyreden sıcaklıklar donma ve çözülme olgularının; ilkbahar ve sonbahar aylarındaki yağışlar da ıslanma ve kuruma döngülerinin travertenler üzerinde etkili olmasına ve bunun sonucunda bozunarak ilksel yapılarını zaman içerisinde kaybetmelerine neden olmuştur. İklimsel şartların yanısıra; endüstriyel ve insani faaliyetler sonucunda oluşan hava kirliliği de travertenin bozunması üzerinde oldukça etkilidir.



Atmosferik kirliliğin Anıtkabir travertenleri üzerindeki etkisi

Teşekkür

Yazar, bu çalışmaya yapıcı değerlendirmeleri ve katkıları nedeniyle Mehmet Özkul (Pamukkale Üniversitesi)'a içten teşekkürlerini sunar.

Kaynaklar

- (1)Atabey, E., 2003. Tufa ve Traverten, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 75, 106 sayfa.
- (2)Ekmeççi, M., Günay, G., Şimşek, Ş., Yeşertener, C., Elkhatip, H. ve Dilsiz, C., 1995. Pamukkale sıcak sularının traverten çökeltme özelliklerinin CO₂ kaybı çökeltme kinematığı ilişkileri açısından irdelenmesi, *Yerbilimleri*, 17, 101-113.
- (3)Altunel, E., 1996. Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri: *MTA Derg.*, 118, 47-64.
- (4)Özkul, M., Varol, B., Alçiçek M.C., 2002. Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları, *MTA Dergisi*, 125, 13-29.
- (5)Burger, D., 1990, The travertine complex of Antalya,

- southwest Turkey. *Z. Geomorphol. Suppl.*, 77, 25-46.
- (6)Kılıç, R. ve Yavuz, S., 1994, Relationship between geotechnical properties of the Antalya (Turkey) travertine. *Bull. of IAEG*, 50, pp. 43-50, Paris.
- (7)Tekin, E. ve Ayyıldız, T., 2001. Sıcakçermik jeotermal alanındaki (Sivas KB, Türkiye) güncel traverten çökellerinin petrografik özellikleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44, 1, 1-13.
- (8)Atabey, E., 2002. Çatlak sırt tipi laminal traverten-tufa çökellerinin oluşumu, mikroskopik özellikleri ve diyajenezi, *Kırşehir, MTA Dergisi*, 123, 91-97.
- (9)Atabey, E., 2002. Mut dolayında Pliyosen-Kuvaterner yaşlı travertenlerde gelişen oolit ve pizolit oluşumları, *MTA Derg.*, 125, 59-63
- (10)Glover, C.P. ve Robertson, A.H.F., 2003. Origin of tufa (cool-water carbonate) and related terraces in the Antalya area, SW Turkey. *Geological Journal*, 38, 329-358.
- (11)Kılıç, R., Ulaşım, K., Varol, B., Gökten, E., Koçbay, A., 2005. Geotechnical assessment of the travertine (Kırşehir, Turkey), *Proceedings of 1st International Symposium on Travertine*, (Editörler: Özkul, M., Yağız, S. ve Jones, B.), Denizli, 21-25 Eylül 2005, s. 256-262.
- (12)Koşun, E., Sangül, A., ve Varol, B., 2005, Sedimentological investigation of Antalya tufas, *Proceedings of 1st International Symposium on Travertine*, (Editörler: Özkul, M., Yağız, S. ve Jones, B.), Denizli, 21-25 Eylül 2005, s. 50-61.
- (13)Ayaz, M.E., ve Karacan, E., 2000, Sivas batısındaki traverten oluşumlarının yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi, *Jeoloji Mühendisliği*, 23-24, S.1, 87-99.
- (14)Yüzer, E. ve Angı, S., 2005. Natural stone sector in Turkey special attention to Turkish travertines, *Proceedings of 1st International Symposium on Travertine*, (Editörler: Özkul, M., Yağız, S. ve Jones, B.), Denizli, 21-25 Eylül 2005, s. 3-13.
- (15)TS699, 1987. Tabii Yapı Taşları, Muayene ve Deneysel Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 82 sf.
- (16)TS6809, 1989. Mohs sertlik cetveline göre sertlik tayini; Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- (17)ISRM, 1978. Suggested method for the quantitative description of discontinuities in rock mass, *Geo. 10*, Standart of Lab. and field test., *Int. Jour. Rock Mec. Min. Sct. Jeomec.*, Abs.Tr.V.15, pp.319-368.
- (18)ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring, *International Society of Rock Mechanics Suggested Methods*, Pergamon Press, Oxford, 211 pp.
- (19)TS1910, 1977. Kaplama olarak kullanılan doğal taşlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- (20)TS2513, 1977. Doğal Yapı Taşları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 5 sf.
- (21)Özkul, M., 2005, Travertine deposits of Denizli extensional basin in Western Turkey: A General Review. *Proceedings of 1st International Symposium on Travertine*, (Editörler: Özkul, M., Yağız, S. ve Jones, B.), Denizli, 21-25 Eylül 2005, s. 18-24.
- (22)Topal, T and Sözmen, B., 2003. Deterioration mechanisms of tuffs in Midas monument, *Engineering Geology*, 68, pp. 201-223.
- (23)Winkler, E.M., 1997. *Stone in Architecture*, Third Edition, University of Notre Dame, USA, 313 p.

SIVI Kapanım

Minerallerin içine hapsolmuş olan katı (diğer mineraller), sıvı ve gaz fazındaki oluşumlara kapanım denilmektedir. Sıvı kapanım terimi, sıvı fazdan itibaren kapanlanmış günümüz koşullarında sıvı, gaz ve katı fazları içeren bütün kapanımları (eriyik kapanımlar-*melt inclusions*, sıvı kapanımlar-*fluid inclusions*, gaz kapanımlar, hidrokarbonlu kapanımlar vs) ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir⁽¹⁾.

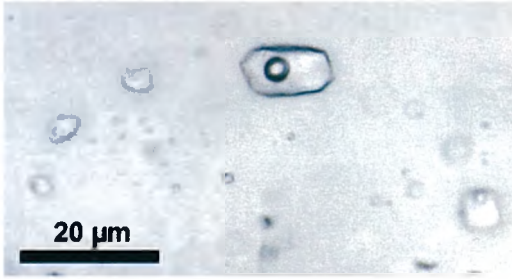
Sıvı kapanımlar, kristalin oluşumu sırasında ve sonrasında kristal düzensizlikleri içine kapanlanmış olan gaz, sıvı ve/veya katı damlacıklarıdır. Sıvı kapanımların büyüklüğü tek bir su molekülünden birkaç milimetre boyutuna kadar değişebilmektedir⁽³⁾. Kristal tek bir sıvı kapanım barındırabildiği gibi, birden fazla sıvı kapanım da içerebilmektedir.

Elif Mutlu
İ. Sönmez Sayılı

Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

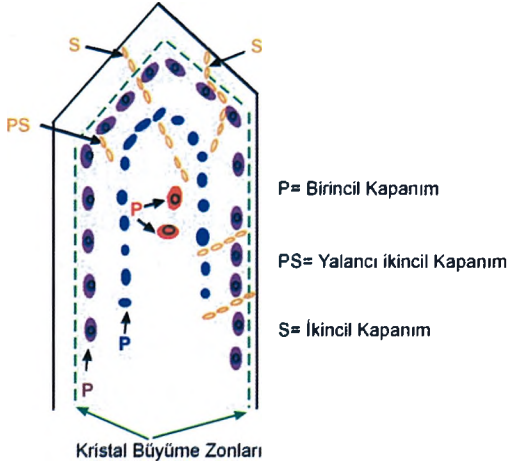
egunen@eng.ankara.edu.tr
sayili@eng.ankara.edu.tr

Sıvı kapanımlar içerisinde buldukları minerallerin oluştukları jeolojik ortam ile ilişkilidir, çünkü kapanımlar o minerali oluşturan çözeltilerden türemişlerdir. Bu nedenle onların kökenlerini yorumlamada yardımcı olur. Sıvı kapanımdaki sıvının ve bileşiminin ne olduğunu bilindiğinde, kristalin oluşum sıcaklığı ve diğer termodinamik verileri hesaplanabilir⁽⁶⁾. Ayrıca kapanımdaki sıvının donma sıcaklığının ölçülmesi ve buna bağlı olarak tuzluluğun hesaplanabilmesi, sıvının kantitatif bileşiminin hesaplanmasına da olanak sağlar⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾. Ayrıca, sıvının hem oluşum sıcaklığının, hem de bileşiminin bilinmesiyle kökenle ilgili çeşitli sorunları açıklamak mümkündür⁽⁸⁾⁽⁹⁾.



Bir kuvars kristali içindeki kapanımlar⁽²⁾

Sıvı kapanımlar kökenlerine göre; birincil, ikincil ve yalancı ikincil olmak üzere üç farklı tipte tanımlanmaktadır.

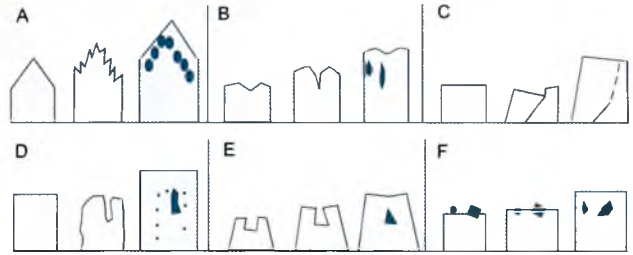


Kuvars kristali içindeki farklı sıvı kapanım tiplerinin dağılımı⁽¹⁰⁾

Birincil kapanımlar, mineralin oluşumu sırasında meydana gelmiş sıvı kapanımlardır. Bu tür sıvı kapanımların dağılımları ve boyutları, içinde bulunduğu bütün mineraller için karakteristiktir. Bunlar, içinde oluştukları sıvı minerallerin oluşum koşullarını temsil eder⁽¹⁾. Birincil sıvı kapanımlar

kristal oluşumundan hemen sonra, büyüme zonlarına veya kristal yüzeylerine paralel olarak büyümektedirler. Bu büyüme zonları genelde katodlüminisans mikroskopisi ile belirlenebilmektedir.

Birincil kökenli sıvı kapanımlar; A) Bir katının etrafını saran dentritik oluşumların, B) Daha önce oluşmuş kristalin kısmî çözünmesi ile oluşan boşlukların, C) Farklı olarak gelişmiş spirallerin merkezlerinin, D) Paralel olmayan kristal bloklarının⁽⁷⁾, E) Kristal yüzeyinde meydana gelen kırıkların F) Herhangi bir yabancı malzemenin kristal bünyesine girmesi ile ortaya çıkan boşlukların minerali oluşturan çözeltiler ve/veya eriyiklerle doldurulması ile oluşmaktadır.



Birincil kökenli sıvı kapanımların oluşum mekanizmaları⁽¹¹⁾

İkincil kapanımlar, içinde bulunduğu mineral büyümesini tamamladıktan sonra kapanlanmıştır. Bu tür kapanımlar hem kristal büyüme zonlarını hem de kristalin kenarını keserek oluştukları gibi, cevher oluşum evresi ile ilgili olmayan daha sonraki sıvıların, mikro çatlaklarda kapanlanması şeklinde de gelişebilirler. İkincil kapanımlar, depolanmadan sonraki koşulların ve tektonik rejimlerin belirlenmesinde, petrol aramacılığında ve jeotermal alanlarda çok önemli veriler sunmaktadır.

Yalancı ikincil kapanımlar ise mikro kırıklar boyunca veya kristalin büyüme zonlarının kenarlarında sonlanırlar, fakat bunları kesmeyecek şekilde gelişirler. Bir başka deyişle mineraller oluşum süreçleri boyunca kırılma ve çatlama uğurlarsa, içerisinde kristallendiği sıvı bu çatlaklardan içeri girerek, ikincil kapanımlar gibi kapanlanıp yalancı ikincil sıvı kapanımları oluştururlar⁽¹⁾.

Kapanım içeren minerallerin genel özellikleri şeffaf veya berrak ve açık renkli olmalarıdır. Bununla birlikte kapanımın optik çalışmaya uygun olması birincil koşuldur.

Bu durum opak minerallerin sıvı kapanımlardan yoksun olduğu anlamına gelmez. Özellikle galenit temiz dilinim yüzeylerinde çok iyi gelişmiş boşluklar içerebilir⁽¹²⁾. Barit ve kalsit gibi yumuşak ve kolay dilinim kazanabilen minerallerdeki kapanımlar içine çözelti sızmaları ve bölünerek çoğalmaları oldukça yatkındır ve bu nedenle bu tür kapanımların değeri fazla değildir. Kuvars, fluorit, halit, kalsit, apatit, dolomit, sfalerit, barit, topaz ve kassiterit gibi minerallerde kapanımlar oldukça yaygın olarak gözlenmektedir.



Kalsit kristali içindeki sıvı kapanım⁽¹³⁾ Flogopit kristali içindeki sıvı kapanım⁽¹³⁾

Sıvı kapanımlar içerdikleri bileşimlerine göre Shepherd vd (1985) tarafından 6 farklı tipte sınıflandırılmıştır. Bunlar:

1-*Monofaz sıvı kapanımlar (Liquid)*: Tamamen sıvı faz ile doludur.

2-*İki fazlı kapanımlar (Liquid+Vapor)*: Sıvı faz ve az miktarda gaz fazı ile doludur.

3-*İki fazlı kapanımlar (Vapor+Liquid)*: Kapanımda, gaz fazı sıvı faza göre toplam hacmin %50'sinden daha fazlasını doldurur.

4-*Monofaz gaz kapanımlar (Vapor)*: Tamamen düşük yoğunluklu gaz faz ile doludur (genellikle H₂O, CH₄, CO₂ karışımı).

5-*Katı faz içeren multifaz kapanımlar (Solid+Liquid+/-Vapor)*: Yavru (daughter) mineral olarak bilinen kristal içerirler. Yavru minerallerin bulunması, aşırı doymun sıvı çözeltilere işaret eder. Bunlar genellikle halit (NaCl) ve silvin (KCl) dir. Fakat sülfidler gibi çeşitli kristaller de kapanım içinde bulunabilir.

6-*Karışmaz iki sıvı fazlı kapanımlar (Liquid 1+Liquid 2+/-Vapor)*: Karışmaz iki farklı sıvı faz içerirler.

Bunlardan birisi genellikle H₂O'ca zengin, diğeri de CO₂'ce zengin sıvı fazlardır.

Sıvı kapanımlardaki ölçümler, özel olarak dizayn edilmiş mikroskoplar yardımı ile, ısıtma ve soğutma olarak tanımlanan iki evrede gerçekleştirilir. Sıvı kapanım ölçümlerinde elde edilen sonuçların ifade edildiği bazı terimler şöyledir:

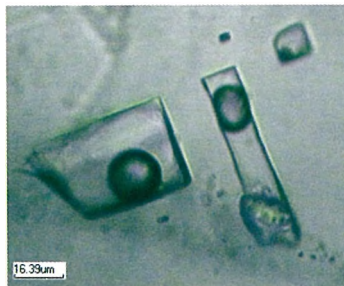
Homojenleşme Sıcaklığı (Th): Isıtma evresinde sıvı kapanım, sıvı veya gaz fazında homojenleşene kadar ısıtılır ve homojenleşmenin gerçekleştiği andaki sıcaklık homojenleşme sıcaklığı (Th) olarak tanımlanır. Elde edilen sıcaklık, atmosferik basınç koşullarındaki en düşük sıcaklıktır. Bu nedenle, sıvının kapanıldığı gerçek derinlik dikkate alınarak basınç düzeltilmesi yapılması gerekir.

İlk Buz Ergime Sıcaklığı (Tfm): Dondurularak katı hale dönüşen sıvı kapanımların, tekrar sıcaklığın artırılması ile katı halden sıvı hale geçerken, ilk buz kristalinin çözüldüğü anda, elde edilen sıcaklık değeridir.

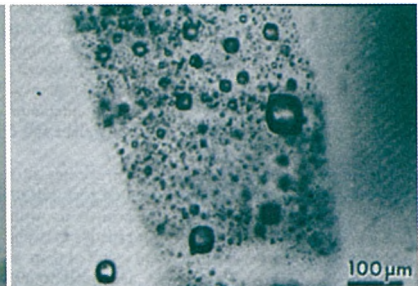
Son Buz Ergime Sıcaklığı (Tm): Soğutma deneyi sırasında, sıvı kapanımların katı halden sıvı hale geçtiği son sıcaklık değeridir⁽¹⁾.

Ötektik Sıcaklık (Te): Tamamen kristallenen veya donan sıvı kapanımda, ısıtma sürecinde sıvı oluşumunun ilk fark edildiği sıcaklıktır. Ötektik sıcaklık (Te), sistemdeki tuzun türünün belirlenmesinde kullanılır. Diğer bir ifade ile, çözeltinin sistemini verir.

%NaCl Eşdeğeri Tuzluluk Miktarı: Sıvı kapanımdaki tuzluluk miktarının %NaCl eşdeğeri cinsinden ifade edilmesidir. Sistemde farklı tuzlar bulunmaktadır. Fakat genellikle bunlar %NaCl eşdeğeri olarak ifade edilir.



Anhidrit kristali içerisindeki sıvı kapanım⁽¹³⁾



Halit kristali içindeki sıvı kapanım⁽¹⁴⁾

Sıvı Kapanımların Uygulandığı Konular

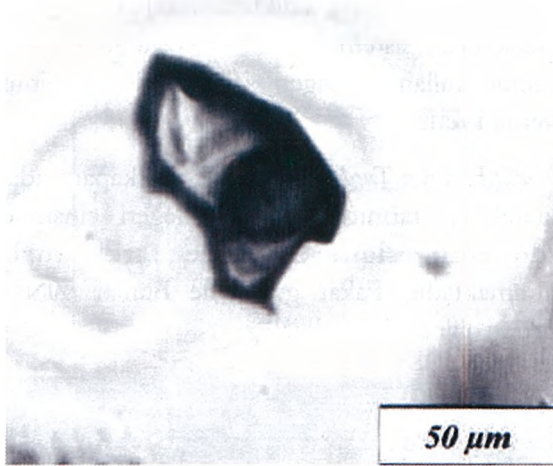
Maden Yatakları: Sıvı kapanımların maden yataklarının incelenmesinde pek çok pratik faydası bulunmaktadır. Maden yataklarının oluşum sıcaklıkları, basınç koşulları, cevherleşmeye neden olan çözeltilerin yoğunluğu ve bileşimi gibi konularda;

Petrol ve Doğalgaz Araştırmaları: Hidrokarbon veya petrol içeren sıvı kapanımlar petrol havzalarının tektonik ve ısı-basınç evrimi konusunda detaylı bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca, hidrokarbon ve petrolün birincil göçü mekanizması konusunda;

Stratigrafi ve Sedimentoloji: Sıvı kapanımlar konglomera, kuvarsitler ve kumtaşlarındaki tanelerin provenanslarının ortaya çıkarılmasında önemli veriler sağlamaktadır. Sedimanter havzaların evrimi ve ısı-basınç koşullarının belirlenmesinde;

Magmatizma ve Metamorfizma: Sıvı kapanımlardan, tektonizma ve petrojenez konusunda önemli bilgiler elde edilebilmektedir. Yükselme veya erozyon sırasındaki basınç ve sıcaklık değişimleri ile ilgili önemli veriler de elde edilebilmektedir.

Süstaşları (Gemoloji): Süstaşlarının sıvı kapanım içermeleri onlar için iyi bir özellik değildir fakat sıvı kapanımlar değerli süstaşlarının gerçek veya sentetik olup olmadıkları konusunda önemli veriler sağlamaktadır⁽¹⁵⁾.



Hematit kristali içindeki sıvı kapanım⁽¹⁶⁾

Kaynaklar

- (1)Kuru G. S., 2006. Sıvı Kapanımlar. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No: 96. 48 s.
- (2)homepage.mac.com/yuee/H/research1.html
- (3)Roedder, E., 1979. Fluid inclusions as samples of ore fluids. In H.L. Barnes (ed.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. 2nd edition., Wiley Interscience, New York, 684-737.
- (4)Roedder, E., 1958. Technique for the extraction, and partial, chemical analysis of filled fluid inclusions from minerals: Econ, Geol. 53, 235-269.
- (5)Roedder, E., 1963. Studies of fluid, inclusions Freezing data and their interpretations: Econ. Geol. 58, 167-211.
- (6)Roedder, E., Ingram B., ve Hail, W.E., 1963. Studies of fluid inclusions IV. Extraction and quantitative analysis of inclusions in the milligram range: Econ Geol. 58, 353-374.
- (7)Roedder, E., 1972. Composition of Fluid Inclusions: U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 44033, 164 p. Nash, J. T. and Theodore, T.G., 1971, Ore fluids in the Porphyry Copper Deposit at Copper Canyon, Nevada. Econ, Geol. 6, 385-400.
- (8)Nash, J. T. and Theodore, T. G., 1971. Ore fluids in the Porphyry Copper Deposit at Copper Canyon, Nevada. Econ, Geol. 6, 385-400.
- (9)Roedder, E., 1971. Fluid inclusion evidence on the environment of formation of mineral deposits of Southern Appalachian Valley: Econ Geol. 66, 777-79-1.
- (10)Shepherd, T.J., Rankin, A.H., and Alderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies, 239 pp., Blackie-Glasgow.
- (11)Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions. Reviews in Mineralogy, Vol.12, 644 pp. Mineralogical Society of America, Washington.
- (12)Bonev, I. K., 1977. Primary fluid inclusions in galena crystals. I. Morphology and origin. Mineralium Deposita, 12, 64-76.
- (13)www.igag.cnr.it/tecce/pages/d.jpg.htm
- (14)www.minsocam.org/.../arc/halite.htm
- (15) www.istanbul.edu.tr/.../html/work.html
- (16)www.gfz-potsdam.de/pb4/pg3/equipment/irhome.html

YAZARLAR İÇİN YAZIM BİLGİLERİ

Mavi Gezegen, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır

Yazıların Sunumu

Mavi Gezegen'de yayım için hazırlanan yazılar Dr. Veysel Işık, Editör, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-06100, Tandoğan, Ankara veya Mavi Gezegen Editörlüğü, T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası PK 464, Yenışehir 06444, Ankara adresine gönderilmelidir. Bu yazılar yerbilimleri veya yerbilimleri ile yakın ilişkili bilim dallarını kapsayan özgün çalışma, derleme ve çeviri niteliğinde olabilir.

Yazılar üç kopya olarak A4 boyutlu kağıtta ve bir üst yazı ile birlikte sunulmalıdır.

Yazıların Hazırlanışı

Yazılar metin, resim, şekil ve tablodan oluşabilir. Metin A4 boyutlu (21x29,7 cm) kağıtların bir tarafına bilgisayarda, Word formatında 1.5 satır aralıklı Times New Roman ya da benzeri bir karakterle 12 punto ile yazılmalıdır. Resimler basıma uygun yüksek kalitede, şekiller ise uygun çizim programları aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılmış olmalıdır. Sayfa kenarlarında 2.5'er cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır. Yazılar (resim ve şekiller hariç) altı sayfayı geçmemelidir. Yazılar en az üçte biri oranında resim ve şekil içermelidir.

Mavi Gezegen dergisinin yayım dili Türkçe olup okuma arzusunda olan herkese yönelik bir dergi olduğundan, yazılar sade ve açık olmalıdır. Okuyucunun anlamasını güçleştirecek teknik ayrıntılardan ve ağırlı cümlelerden olabildiğince kaçınılmalıdır.

Yazılarda, 30 kelimeyi geçmeyen ve yazı hakkında fikir veren çarpıcı birkaç cümle "spot" başlığı altında yazının girişine eklenmelidir.

Çevirilerde kaynaklar (sayfa numaraları da dahil olmak üzere) açık olarak belirtilmelidir.

Dipnot kullanımından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Kullanma durumunda, dipnot yıldız(*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Eğer dipnotta değinme yapılırsa değinme bilgileri dipnotta değil, Değinilen Belgeler bölümünde verilmelidir.

Yazılar şu ana yapı içerisinde hazırlanmalıdır:

Başlık

Yazar(ların) ad ve adresleri

Ana metin

Kaynaklar

Resim, şekil, tablo ve yazıları

Yazının herhangi bir bölümünde belirtilmesi gereken belge(ler) numaralandırılmalı ve bu numaralar yazının sonunda oluşturulacak Değinilen Belgeler bölümünde belirtilmelidir. Değinilen Belgeler bölümü bu belgeler ile ilgili bilgiler, noktalama işaretleri de gözönünde

tutulurken aşağıda verilen örneklere uygun olarak hazırlanmalıdır.

- (1)Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* 7, 663-684.
- (2)Demirtaş, R., Erkmen, C., Yılmaz, R., 2000. Yüzeysel faylanma. Demirtaş, R. (ed.). 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu. BİB Afet İşleri Gen. Müd. Deprem Araştırma Dairesi Yayını, 100-117.
- (3)Erler, A., Göncüoğlu, M.C., 1996. Geologic and tectonic setting of the Yozgat Batholith, Northern Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *Int. Geol. Rev.* 38, 714-726.
- (4)Kaya, O., Sadeddin, W., Altuner, D., Meriç, E., Tansel, İ., Vural, A., 1995. Tavşanlı (Kütahya) güneyindeki ankimetamorfik kayaların stratigrafisi ve yapısal konumu: İzmir-Ankara zonu ile bağlantısı. *MTA Dergisi* 117, 5-16.
- (5)Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, İstanbul, 520 s.
- (6)Okay, A.İ., Siyako, M., Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *TPJD Bülteni* 2, 83-121.
- (7)Tekeli, O., 1981, Subduction complex of pre-Jurassic age, Northern Anatolia, Turkey. *Geology* 9, 68-72.
- (8)Yılmaz, Y., 1989. An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. In: Şengör, A.M.C. (ed.), *Tectonic Evolution of the Tetyan Region*. Kluwer Academic Publications, The Hague, 159-189.

Yazılar, Mavi Gezegen dergisi editörlüğüne ayrı bir üst yazı ile sunulmalıdır. Üst yazı içerisinde değerlendirilmeye sunulan yazının başlığı ve yazıyı hazırlayan yazar/yazarların adları, açık posta adresleri, telefon ve faks numaraları ve e-posta adresleri belirtilmelidir. Çok isimli yazar yazılarında hangi yazarın editörlüğümüz ile irtibat halinde olacağı belirtilmelidir.

Yazıların Değerlendirilmesi

Mavi Gezegen Editörlüğüne ulaşan yazılar öncelikle editörlükçe konu, sunum ve yayın kuralları açısından incelenir ve gerekli görüldüğünde bir ya da daha çok danışmana gönderilir. Danışmanların önerileri doğrultusunda yazının doğrudan, az, orta veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşulu ile yayımlanmasına ya da reddine editörlükçe karar verilir. Bu sonuç yazara bildirilir. Kabul gören yazılarda yazar, son düzeltmeleri yaptıktan sonra metin ve şekilleri diskete/diske kopyalayarak editörlüğe gönderir.

Gönderilen yazılar Mavi Gezegen'de yayımlansın ya da yayımlanmasın, yazarlara iade edilmez.

