

MAĞARALAR

Dr. Nuri GÜLDALİ *

Kısaca tanımlanmak istenirse, mağaralar, yeraltında kayalar içinde gelişmiş doğal boşluklardır. Bir maden galerisi veya bir hayvanın kazdığı tünelimsi sığınaklar mağara değildir.

İki tip mağara vardır: 1. Primer mağara 2. Sekonder mağara. Primer mağara, kendisini çevreleyen kaya ile aynı zamanda gelişmiştir. Sekonder mağaralar ise, anakayanın oluşumundan daha sonraki bir aşamada gelişmiştir. Üzerinde ayrıntılı olarak durmak istediğimiz karstik mağaralar; yeni başta kireçtaşı ve benzeri kolay eriyebilen kayalar içinde gelişmiş olan mağaralar sekonder mağaralardır.

Yurdumuzda, binlercesinin bulunduğunu tahmin ettiğimiz karstik mağaralar, suyun taşları eritmesiyle oluşurlar. Bu kimyasal işleme korzyon denilmektedir.

Dünyamızda hemen hemen hiçbir taş yoktur ki suda erimesin. Yalnız taşların erime yoğunluğu, taşın kimyasal yapısına bağlı olarak değişir. Doğada en çok eriyen taş kayatuzudur, en az eriyen taşlardan birisi ise kuvarstır.

Kayatuzu, çok kolay eriyen taş türü olması nedeni ile yeryüzünde açık bir yerde pek rastlanılmaz. Yeraltında suların erişebildiği derinliklerde ise tamamen eridiğinden, buralarda kayatuzu olarak değil ancak tuzlu su veya acı su



durumunda rastlanılır. Diğer taşlara göre kolay eriyen bir diğer taş ise alçıtaşıdır (jips). Yeryüzünde yaygın olmamakla birlikte, alçıtaşı kayaları içinde gelişmiş mağaralara ve galerilere rastlamak olasıdır.

Dünyada ve yurdumuzda da çok geniş alanlar kaplayan kireçtaşı, alçıtaşı ölçüsünde olmakla birlikte, diğer taşlara göre kolay eriyen bir kaya türüdür. 25°C'de 1 litre suda 12 mgr. kireçtaşı eriyebilir. Dolomitin erime derecesi aynı koşullarda kireçtaşından biraz daha yüksektir.

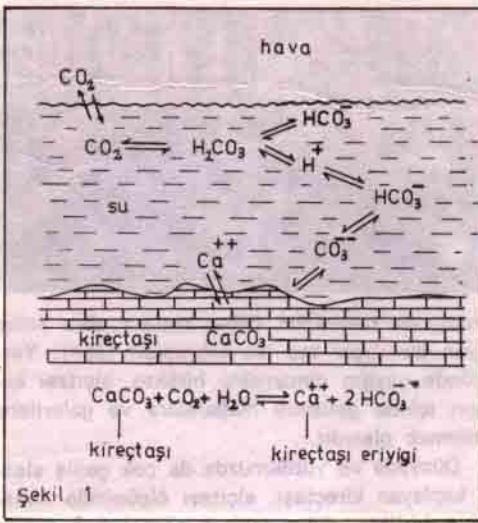
Kireçtaşı ve dolomitlerin suda erimeleri bir takım kimyasal ve fiziksel olayların sonucudur. Su (H₂O) bilindiği gibi karbondioksidi (CO₂) eriterek, bira ve gazoz gibi içeceklerden tanıdığımız karbonik asit (H₂CO₃) oluşturur. Bu asit, kireçtaşını (CaCO₃) veya dolomiti (Ca Mg (CO₃)₂) etkiliyerek, onların kristal yapısını fiziksel olarak parçalar. Ca, Mg ve CO₃ iyonlarına ayırır. Bu erime olayı Şekil 1'de olduğu gibi şematize ve formüle edilebilir.

Şekil 1'de görüldüğü gibi suda erimiş halde ne kadar çok CO₂ varsa, o oranda kireçtaşı erir. Sudaki CO₂ miktarı, çevresindeki havanın CO₂ miktarı ile doğru orantılı olarak artar veya azalır. Havadaki CO₂ miktarı ortalama olarak 340 ppm. (parts per million) dir. Çevredeki havanın CO₂ miktarı arttığı zaman, sudaki CO₂ miktarı da doğal olarak artar. Bir kova destile edilmiş su açıkta bırakıldığında, kısa bir zaman sonra havanın CO₂'i suya difüzyonla eriyik halinde

* MTA Enstitüsü Temel Araştırmalar Dalı, ANKARA

Taşların Erime Yoğunlukları

Taş Türü	Ana Mineral	Kimyasal Formülü	Erime Ölçüsü (25°C)
Tuz	Kayatuzu	NaCl	385,5 Gr/lt
Alçıtaşı	Jips	CaSO ₄ - 2H ₂ O	2,1 "
Dolomit	Dolomit	C ₁ Mg (CO ₃) ₂	0,013 "
Kireçtaşı	Kalsit	CaCO ₃	0,012 "
Mermer	Kalsit	CaCO ₃	0,012 "
Kumtaşı	Kuvarz	SiO ₂	0,006 "



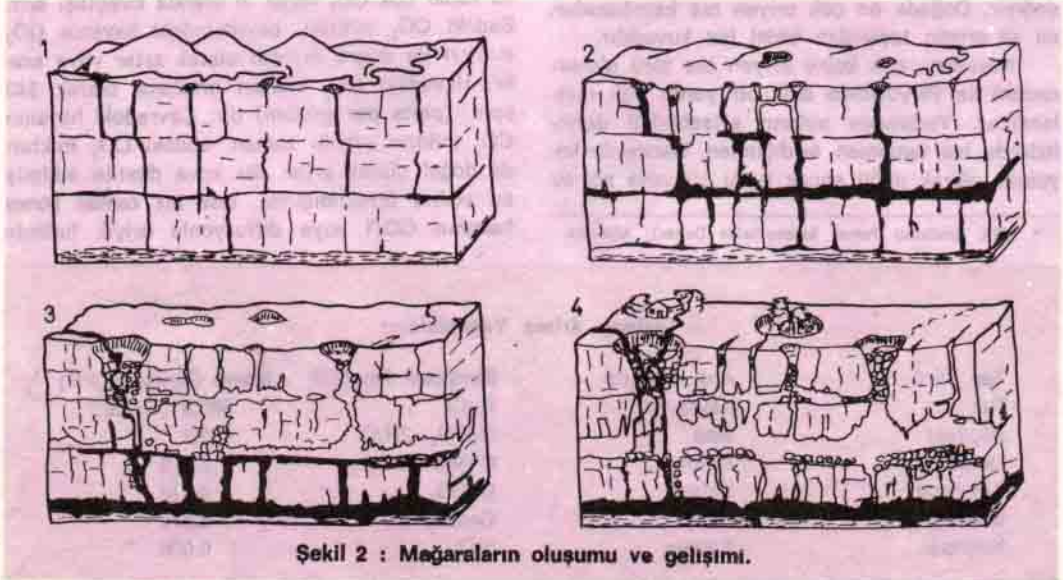
geçecektir. Bu su 40 mgr. CaCO₃ eritebilir. Topraktaki organik artıkların bakteriler aracılığıyla oksidasyonu sonucu, toprak havasındaki CO₂ miktarı nefes aldığımız havanınkinden 100 katına kadar yani 10.000-50.000 ppm. değerine çıkabilir. Bu nedenle yeraltı suyu veya mağara sularında daha büyük ölçülerde CaCO₃ çözeltilerine rastlanmaktadır. Bu miktar bazen 200 mgr/l'tye ulaşabilir. Bu değerler yeraltında bulunan büyük karstik boşluk ve galerilerin nasıl gelişebileceklerini açıklayabilir.

MAĞARALARIN GELİŞMESİ

Bir mağaranın oluşabilmesi için önkoşul, kaya içinde suların hareket edebileceği bir çat-

lak veya yarık sisteminin bulunmasıdır. Çatlak sistemlerinin çok dar olması, onların kısa zamanda traverten çökelleri ile tıkanmalarına neden olur. Yarık ve çatlak sistemleri dışında, kayaların tabaka düzlemleri veya komşu kaya formasyonların dokanak yüzeyleri de karstlaşmanın başlayabileceği zayıf zonlardır. Karbonikasitçe zengin sular basınç altında, kayalardaki bu en ince çatlaklara girerek kireçtaşlarını eritmeye başlar. Karstlaşmanın başlangıç safhasında, yarık ve çatlaklar henüz iyice genişlememiş olduğundan yağış suları tarafından doldurulmuştur (Şekil 2, blokdiyagram 1). Bu aşamada kireçtaşının erimesi ile yarık ve çatlakların genişlemeleri düzenlidir; yani çatlaklar tüm kenarları boyunca eşit biçimde eriyerek genişler. Bu nedendir ki, yarık ve çatlakların enine profilleri oval veya elips biçimindedirler (Şekil 3, 1. ve 2. sütunlar).

Kayalardaki yarık ve çatlaklar erimeler sonucu, zamanla büyüyerek birleşmeleriyle geniş galeriler ve tünellere dönüşür. Yağış suları artık bu genişlemiş olan galerilerden ve tünellerden hızla akarak, daha aşağılardaki karstik boşlukları doldurur (Şekil 2, blokdiyagram 3-4). Tüm yarık ve çatlakların sularla dolu olduğu bu zona, **firyetik zcn** adı verilir. Burada su basınç altındadır ve yavaş hareket eder. Bu devamlı olarak suya doymun olan zonun üstünde, çoğu zaman kuru olan **vadoz zonda** ise mağara ve galeriler sadece seyrek olarak sular tarafından işgal edilirler. Bu zonun geniş karstik boşluklarında sular hızla daha aşağılara hareket ederler, dolayısıyla içlerinde çakıl ve kum taşıya-



Şekil 2 : Mağaraların oluşumu ve gelişimi.

başlangıç evresi	genclik evresi	olgunluk evresi	ihtiyarlık evresi	yükim evresi
1	2	3	4	5
firiyatik zonu		vadoz zonu		
çatlak yarık				
tabaka düzlemi				
yarık çatlak				

Şekil 3 MAĞARA PROFİLLERİNİN GELİŞİM EVRELERİ

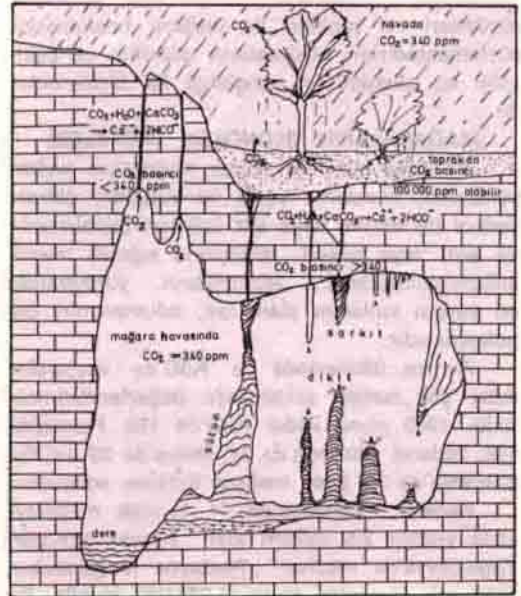
bilirler. Bu partiküller, kireçtaşlarını fiziksel olarak derinlemesine aşındırırlar (erozyon). Vadoz zonda, içinde su zkan galeri ve mağaraların tabanları hem erozyonla hem de korrozyonla derinliğine kazılarak, derin yeraltı kanyonları ve vadileri oluşur (Şekil 3, 3. ve 4. sütunlar). Tecrübeli bir mağaracı, bir mağaranın enine ve boyuna profillerinden, mağaranın hangi zonlarda geliştiğini kolaylıkla anlayabilir. Mağaraların elips veya oval profil gösteren kısımlarının firiyatik zonda, derinliğine kazılmış olan kesimleri ise vadoz zonda gelişmişlerdir. Bir mağara genel olarak başlangıçta firiyatik zonda, daha sonra karstik yeraltı suyunun derinlere çekilmesi sonucu, vadoz zonda gelişimini sürdürür (Şekil 3). Canlı varlıklara benzer biçimci, mağaralar da gelişimleri sonunda yok olurlar. Mağaraların yok olması tavanındaki ve yan duvarlarındaki kaya bloklarının gevşeyerek düşmeleri ile başlar ve bu blokların mağara boşluklarını tamamen bloke atmeleri ile son bulur.

MAĞARA İÇİ ÇÖKELLERİ

Dikitle, Sarkıtlar ve Sütunlar

Mağaraları bu denli çekici kılan, mağara boşluklarının zifiri karanırlıkları yanında kuşkusuz ki, içinde gelişmiş olan traverten çökelleridir. Bu çökeller çok değişik biçimlerde gelişirler. Mağaraların en yaygın traverten şekilleri dikitler, sarkıtlar ve sütunlardır. Kireçtaşının erimesi gibi travertenin çökmesi de kimyasal bir olaydır. Bünyesinde kireçtaşı bulunan sudan CO₂ kaybı sonucu CaCO₃ çöker. Mağara içinde traverten çökellerinin gelişmesinde, mağara tavanını oluşturan kireçtaşı formasyonunun kalınlığı, bu tavanın üstünde toprak örtüsünün bulunup bulunmadığı ve bitki örtüsü önemli rol oynarlar.

Toprak ve bitki örtüsü olmayan çıplak bir araziye düşen kar veya yağmur suları kayaların yarık ve çatlaklarından hızla sızarak bir mağara boşluğuna girdiğinde, mağara tavanında çökelti meydana getirmediği gibi orada erimelere neden olur ve tavana bacavari oyuklar gelişir (Bkz. Şekil 4, sol üst köşe). Çünkü, çıplak kireçtaşı üzerine düşen yağmur suyunun içindeki az miktardaki CO₂ yarıklardan aşağılara sızarken kısa zamanda harcanarak miktarı düşeceğinden, bu su mağara boşluğuna girer girmez, mağara havasından CO₂ gazı transfer etmek durumunda kalacak ve dolayısıyla yeniden kireçtaşı eritecektir. Öte yandan, toprak ve bitki örtüsü olan bir araziye düşen yağış suları yüksek miktardaki CO₂'li toprak havasından etkilenerek, karbonikasitce (H₂CO₃) çok zengin bir duruma gelecek ve dolayısıyla ile yarık ve çatlaklardan aşağılara inerken bol miktarda kireçtaşı eritebilecektir. Buna rağmen, bu suyun içerdiği CO₂ gazı basıncı 400 ppm'in altına düşmeyebilir. Bu değer, normal mağara havasındaki CO₂ basıncından daha fazladır. Bu nedenle, çatlaklardan mağara boşluğuna giren sudan mağara havasına CO₂ gazı uçacaktır. Sudan CO₂'in kaybına bağlı olarak kireçtaşı çökelecektir. Bu çökelen kireçtaşları tavadan aşağıya doğru buz saçakları gibi sarkıtları oluştururken, yavaş damlayan sulardan çökelen travertenler ağaç gövdesi gibi yükselerek dikitleri oluşturacaktır (Şekil 4, sağ köşe). Sarkıtların ve dikitle bir birleri ile kavuşması ile sütunlar oluşacaktır. Sarkıtlar, dikitle ve sütunlar çok değişik gö-



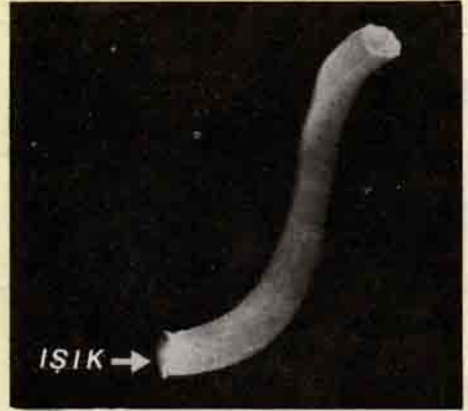
Şekil 4

IŞIĞI İLETEN BITKİLER

Stanford Üniversitesi'nden iki bitki fizyoloğuna göre, bitki fideleri ışığı gövdeden, büyümeyi kontrol eden, ışığa duyarlı pigmentlere (renk maddesi) iletmekte optik lifler kullanıyorlar.

Dina Mandoli ve Winslow Briggs, yulaf, mısır ve bir fasulye türünün (*Phaseolus aureus*) saplarının bir tarafına iğne ucu kadar ışık verip diğer tarafına bir dedektör yerleştirerek bitki dokularının ışığı en az 5.08 cm'lik bir uzaklığa, köşelerden de geçirerek ilettiğini ortaya koydular. Işık, yapay optik liflerde olduğu gibi, bitki gövdesi boyunca içerden iletiliyor ve dışarıya sızıyor. Örneğin Mandoli, bitki sapının bir ucundan gönderdiği ışığı öbür uca aynı boyda ve biçimde gözlemlemiştir.

Bitki fidesinin büyümesini kontrol eden ışığa duyarlı renk verici madde (pigment) iki bölümde yoğunlaşmıştır. Gövde, ışığı toplama ve bu bölgelere göndermede anten işlevi görür. Bitki göv-



Bu yulaf sapının bir ucundan verilen ışık, diğer uca da parlamakta, ortada ise ışık görülmekte; Bu ise ışığın içerden ilettiğini gösterir.

desindeki lifler, iletişim işlevlerinde kullanılan optik liflerin % 1'inden daha az etkinlikte olmakla birlikte yine de, bitki sürgün vermeden önce, topraktan sızan ışığı toplayabilecek duyarlılıktadırlar.

Mandoli'ye göre, "Bir fidan tıpkı bebek gibidir. Yaşamının en kritik döneminde, henüz toprağın altındayken, bir an önce güneş ışığına kavuşmasında, gövdenin optik donanımları ona yardım eder."

Science 82'den

Çev: Meryem ÖZÇELİK

rünümleri ve renkleri ile mağara boşluklarını süslemektedirler. Mağaraların güzelliği ve çekiciliği bu oluşumların zenginliği ile ölçülmektedir.

MAĞARALARIN EKONOMİK DEĞERLERİ

Bir doğa güzelliği olarak mağaraları turizm yönünden, havasının serin ve rutubetli olması nedeni ile meyve veya süt ürünleri depolamada ve sivil veya askeri amaçlarla sığınak olarak kullanılabilir. Mağaraların yurdumuzda en yaygın kullanım alanı ise, tulumpeyniri depolanmasıdır.

Avrupa ülkelerinde ve ABD'de mağaralar daha çok turizm sektöründe değerlendirilmektedir. 1980 yılına kadar ABD'de 150, Fransa'da 100, Federal Almanya'da 41, İtalya'da 35 ve Yugoslavya'da 30 adet mağara turizme açılmıştır.

Federal Almanya'da 41 turistik mağarayı 1980 yılında 2.5 milyon kişi ziyaret etmiştir. Yugoslavya'da meşhur Postayna Mağarası'nın 1980 yılı ziyaretçi sayısı 1.250.000 kişidir. Bu

ziyaretçilerin % 85'i yabancı uyruklu turisttir.

Yurdumuzda mağara turizmine şimdiye kadar maalesef hiç önem verilmemiştir. Sadece kişisel gayretler sonucu, Burdur yakınındaki İnsuyu Mağarası ve Alanya'daki Damlatası Mağarası turizme açılabilmiştir. Burdur İli Özel İdaresi'nce işletilmekte olan İnsuyu Mağarası'nı 1981 yılında yaklaşık 50.000 kişi ziyaret etmiş ve bu şehrimize 1.5 milyon lira gelir sağlamıştır.

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Temel Araştırmalar Dairesi Mağara Araştırma Ekibi'nin son senelerde Antalya ve Konya çevrelerinde yaptığı araştırmalarda, turistik yönden değerlendirilebilecek çok sayıda mağara olduğu saptanmış ve ayrıntılı araştırmaları yapılmıştır. Bir yandan bu araştırmaların diğer yörelere kaydırılması, öte yandan turistik değeri olan mağaraların zaman kaybetmeden turizme açılması, ülkemiz ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.