



TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINIDIR

Mavi Gezegem

Popüler Yerbilim Dergisi Yıl 2018 • Sayı 24

Mağara zengini ülke: Türkiye



Yeraltı karanlıklar dünyasının gizemli oluşumları: Mağaralar

Mağara Araştırma ve Haritalama Yöntemleri

Paleoiklim Arşivi Olarak Mağara Çökelleri

Paleosismoloji Arşivi Olarak Mağara Çökelleri

Prehistorik Arkeoloji ve Mağaralar

Mağara Biyolojisi

**TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey**

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Yüksel METİN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Faruk İLGÜN	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>
M. Emre KIBRIS	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Gonca ŞAHİN	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>

Editör / Editor

Prof. Dr. Halil GÜRSOY
gursoy@cumhuriyet.edu.tr

Özel Sayı Editörleri

Prof. Dr. C. Serdar BAYARI
Dr. Lütfi NAZİK

Yazarlar / Writers

Lütfi NAZİK
Serdar BAYARI
Emrah PEKKAN
Murat AKGÖZ
Gizem ERKAN
Harun TAŞKIRAN
Emrah ÖZEL

Tasarım/Mizanpaj

İlhan ULUSOY

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü

: Yaygın Süreli Yayın

Yayının Şekli

: Yıllık

Yayın Sahibi

: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

: Hüseyin ALAN

Yayının İdari Adresi

: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88

Baskı (Printed by)

: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altuntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88

Baskı Tarihi

: Ağustos 2018

Baskı Adedi

: 1000

İçindekiler

Mağara zengini ülke: Türkiye

Dr. Lütfi NAZİK
Prof. Dr. Serdar BAYARI

7



Yeraltı karanlıklar dünyasının gizemli oluşumları: Mağaralar

Dr. Lütfi NAZİK

20

Mağara araştırma ve haritalama yöntemleri

Dr. Emrah PEKKAN

37

Paleoiklim Arşivi Olarak Mağara Çökelleri

Dr. Gizem ERKAN

48

Paleosismoloji Arşivi Olarak Mağara Çökelleri

Dr. Murat AKGÖZ

55

Prehistorik Arkeoloji ve Mağaralar

Prof. Dr. Harun TAŞKIRAN

62

Mağara Biyolojisi

Emrah ÖZEL

69

SUNUŞ

Değerli Okurlar,

Jeoloji Mühendisleri Odası'nın yerbilimlerini, toplumun geniş kesimlerine tanıtmaya ve sevdirmeye işlevini üstlenen popüler bilim yayını "Mavi Gezegen'in bu sayısını yerkürenin gizemli yapıları mağaralara ayırmış bulunuyoruz.

Bazıları milyonlarca yıl içinde oluşan ve çok özel koşullarda olağanüstü güzellikte çökeller içeren mağaralar; ülkemizin önde gelen doğal güzellikleri arasında yer almakta, gelecek nesillere taşınması ve bunun için de özenle korunması gereken jeolojik miras niteliğine sahip yapılarıdır.

Ülkemizde, mağaraların yanı sıra her biri yerel ya da uluslararası ölçekte istisnai özelliklere sahip yerel, ulusal ya da insanlık mirası niteliğine sahip çok sayıda jeolojik yapı bulunmaktadır. Jeopark, Jeosit, Jeolojik Miras gibi sıfatlarla tanımlanan bu yapıların belirlenmesi, tanımlanması ve korunması için üniversitelerimiz, kamu kurumlarımız ve Odamız sürekli bir çaba harcamaktadır.

Bu amaç doğrultusunda, yönetim organları da konuyla ilgili koruma mevzuatının geliştirilmesi, ilgili kamu birimlerinin oluşturulması ve araştırmaların finansmanı konusunda çaba göstermektedirler. Bununla birlikte, zaman zaman yönetim kazalarıyla da karşılaşmakta, yerel-ulusal-insanlık mirası niteliğindeki doğal zenginliklerimizin aranması-incelenmesi-korunması konusundaki çabalar zaafiyete uğramaktadır. Bu kapsamda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü bünyesinde 1970'li yılların sonundan itibaren faaliyet göstermekte olan "Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi"nin 2017 yılında kapatılması, ülkemiz açısından çok talihsiz bir gelişme olmuştur. Bugün, ülkemizdeki mağara araştırma faaliyetlerini devlet düzeyinde yürüten, gerek ulusal ve gerekse uluslararası ilişkiler konusunda görev üstlenecek bir kamu birimi bulunmamaktadır. Bu hatanın mümkün olan en kısa sürede tamiri, ülkemizin ulusal menfaatleri ve uluslararası görünürlüğü açısından büyük önem taşımaktadır.

Diğer yandan, mağara, jeopark, jeosit vb gibi yerel-ulusal-insanlık mirası niteliğindeki doğal zenginliklerimizin araştırılması, tespiti, tescili ve korunmasına yönelik kurumsal yapılanmaların ve mevzuatın gözden geçirilmesi ve çağımızın gereklerine uyarlanması da bir diğer öncelikli ulusal hedef olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü ülkemizin sahip olduğu jeolojik miras niteliğindeki mağaralar, jeopark ve jeosit'lerimize sahip çıkmalıdır.

Odamız, Mavi Gezegen'in bu sayısı ile okurlarımızın özelde mağaralara, genelde doğanın korunması yönündeki çabalarına katkıda bulunmasını dilemektedir.

Sonraki sayımızda görüşmek dileğiyle...

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

ÖNSÖZ

Bu sayımızda, üzerinde yaşadığımız Mavi Gezegen'in en gizemli yapılarından birisi olan mağaraları ele alıyoruz. Mağaralar; bazen olağanüstü güzellikteki çökelleri ile bizleri gülümseten ve heyecanlandıran, bazen de yaşanan kazalar nedeniyle ürküten yapılardır.

Konularında uzman araştırmacılar tarafından hazırlanan yedi makalede, ülkemizdeki mağaraların dağılımından, mağara çökellerine, mağara arkeolojisine, mağara çökellerinin paleoiklim kayıtlarına, mağaraların haritalanmasına ve mağara biyolojisine uzanan birbirinden ilginç konular ele alınıyor.

"Mağara Zengini Ülke" çalışmasında Dr. Nazik ve Dr. Bayarı, 1950'li yılların ilkel koşullarından günümüze uzanan dönemde ülkemizde keşfedilmiş mağaraların coğrafi dağılımı ve diğer özelliklerine ilişkin bir envanter özeti sunuyorlar.

"Yeraltı Karanlıklar Dünyasının Gizemli Oluşumları, Mağaralar" çalışmasında Dr. Nazik mağaraların türlerini, nasıl oluştuklarını, oluşumlarında etkili jeomorfolojik süreçleri, mağara çökel tiplerini 45 yıla ulaşan araştırmaları sırasında çektiği olağanüstü güzellikte mağara fotoğrafları eşliğinde, teknik olmayan bir dille açıklıyor.

Dr. Taşkıran, "Prehistorik Arkeoloji ve Mağaralar" yazısında tarih öncesinden günümüze insanlara barınak oluşturan mağaralardaki buluntuların insanlık tarihine nasıl ışık tuttuğunu, ülkemiz prehistorik mağaralarından örnekler vererek akıcı bir dille anlatıyor.

"Paleoiklim Arşivi Olarak Mağara Çökelleri" çalışmasında, Dr. Erkan küresel ısınmanın etkilerinin her geçen gün daha çok hissedildiği Mavi Gezegen'imizin gelecekteki ikliminin öngörülmesinde önem taşıyan paleoiklim kayıtlarının önemine değiniyor, mağara çökellerinin nasıl ve ne gibi paleoiklim bilgisi içerdiğini akıcı bir dille açıklıyor.

Dr. Akgöz "Paleosismoloji Arşivi Olarak Mağara Çökelleri" çalışmasında özellikle dikit tipi mağara çökellerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile gelişim eksenlerindeki değişimlerin geçmiş depremlerin zamanlarının belirlenmesinde nasıl kullanılabileceğini açıklıyor, bir dikite ait verilerden hareketle bu değişimlerin mağara yakınlarındaki tarihsel sismik etkinlikler ile ilişkisini gösteriyor.

Dr. Pekkan, "Mağara Araştırma ve Haritalama Yöntemleri" yazısında "mağaracılık" tekniklerini, bunlar için alınması gereken eğitimleri, mağara araştırmasının aşamalarını ve araştırmalarda kullanılan haritalama teknikleri gibi kapsamlı konuları yoğun ve kısa bir metinle özetliyor.

Dr. Özel, "Mağara Biyolojisi" çalışmasında "biyospeleolojinin" tarihsel gelişiminden başlayan, ülkemizdeki çalışmalara uzanan, mağara ekosistemlerinin temel özelliklerine ve nasıl korunabileceklerine değinen bilgiler sunuyor.

Bu sayımızdaki makalelerin mağaralara ilgi duyan herkes için faydalı olmasını diliyor, önsözümüzü meşhur mağaracılık sloganı ile sonlandırıyoruz:

"İçeride ayak izlerinden başka bir şey bırakma, dışarıya çektiğin fotoğraflardan başka bir şey çıkartma!"

Dr. Lütfi NAZİK, Dr. C. Serdar BAYARI

Sayı Editörleri



Mağara Zengini Ülke: Türkiye

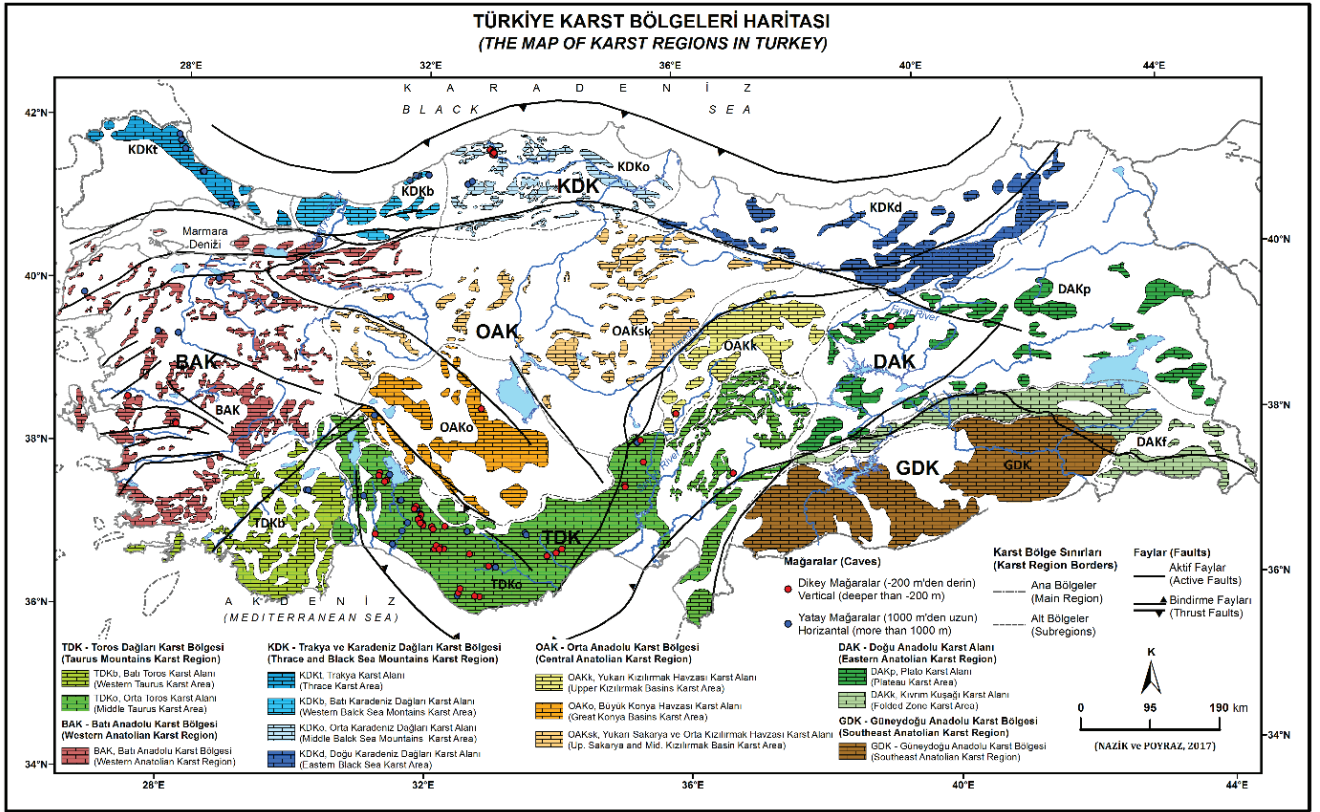
En kuzeyinden en güneyine, en doğusundan en batısına, deniz düzeyinin altından yüksek dağların zirvelerine kadar, her şekil ve konumda bulunan, farklı renk ve desenlerle bezenmiş mağaraları ile mağara zengini bir ülke; Türkiye.

Dr. Lütfi NAZİK
Ahi Evran Üniversitesi,
Coğrafya Bölümü,
KIRŞEHİR

Prof. Dr. Serdar BAYARI
Hacettepe Üniversitesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
ANKARA

1950 li yılların zor koşulları altında yabancı araştırmacıların davet edilmesiyle birlikte, merhum Dr. Temuçin AYGEN'in (MTA) çabalarıyla Türkiye'de mağara araştırma çalışmaları başlamıştır. Dr. AYGEN'in 1970 li yılların sonuna doğru MTA bünyesinde oluşturduğu bir ekiple sistemli inceleme çalışmaları yeni bir ivme kazanmış, merhum Dr. Nuri GÜLDALI'nın Türkiye Mağaraları Envanteri'nin temeli ni atan çalışmaları ile de Türkiye'nin mağara araştırmaları bugünkü düzeyine ulaşmıştır.

Alp – Himalaya Dağ Kuşağı üzerinde yer alan Türkiye arazisi; gelişim ortamları, yaşları ve oluşum özellikleri birbirinden farklı "Tektonik Birlikler"den meydana gelmiştir. Batıdan doğuya doğru belirgin kuşaklar halinde uzanan



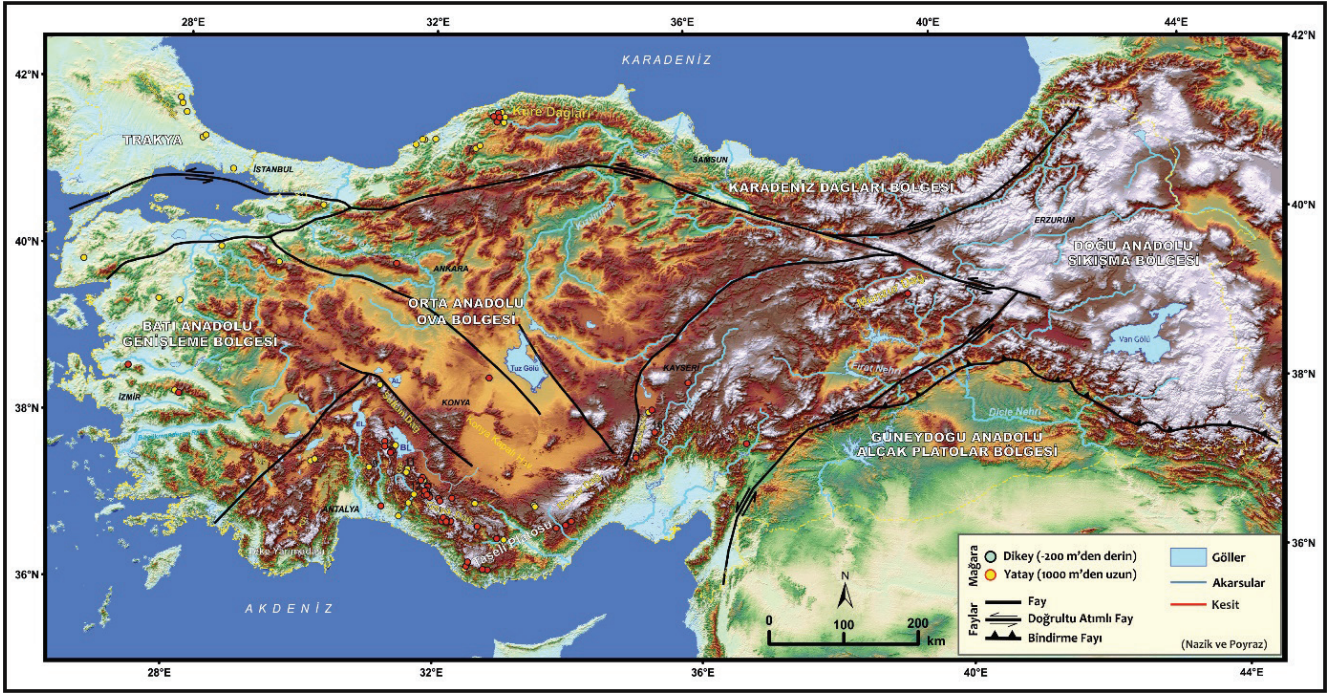
Şekil 1: Türkiye’de karst ve mağara gelişimine uygun kaya topluluklarının dağılımı ve bu kayalar üzerinde gelişen karst bölgeleri haritası (4).

bu birliklerin yaklaşık % 40’ı (1, 2 ve 3) mağara gelişimine uygun karbonat, sülfat ve nadiren de klorürlü mineraller içeren kaya birimleri içermektedir (Şekil 1). Yeraltı karstının en tipik göstergesi olan mağaraların kapladığı alanlar da dikkate alınacak olursa, bu oranın %60’ları bulabileceği öngörülmektedir (4). Orta Miyosen’de başlayan neotektonik dönem tektonik hareketleri (5) morfo-tektonik yapı ile birlikte karstik gelişimin şeklini de belirlemiştir. Doğudan batıya uzunluğu 1660 km, kuzey-güney genişliği ise 600 kilometreyi bulan Türkiye’nin, çok engebeli bir topografik yapısı vardır. Yer yer 4000 metrelerin üzerine çıkan yükseltileri ve gerçek yüzölçümü ile izdüşürülmüş yüzölçümü arasında 35.000 km² yi aşan farklılık; ülkenin ne denli engebeli olduğunu gösterir (Şekil 2). Ortalama yükseltisi 1130 metre olan Türkiye arazisinin, gerek coğrafi konumu ve gerekse kendine özgü jeolojik yapısı nedeniyle; ülkede doğudan-batıya, güneyden-kuzeye ve deniz düzeyinden dağların üst kesimlerine doğru, iklimin özellikle yağış ve sıcaklık elemanları, kısa mesafeler de bile büyük değişimler göstermektedir.

Yükselti farklılıklarının çok fazla olduğu bu

kadar geniş bir alanda yüzeylenen çözünabilir kayalar içinde çok sayıda mağaranın gelişeceği şüphesizdir. Yaklaşık olarak 40.000 den fazla mağaranın bulunduğu düşünülen ve birçok yabancı araştırmacıya göre “mağara cenneti ülke” olarak tanımlanan Türkiye’de, günümüze kadar, yerli ve yabancı değişik araştırmacı kurum, dernek ve kulüpler tarafından (2) 3900 mağara saptanmıştır. Bunlardan ancak 2510 adedi, Türkiye Mağara Envanterine (3) girebilecek nitelikte araştırılarak haritalanmıştır. Bu mağaralardan, 21 ilimizde bulunan 62’sinin uzunluğu 1000 metrenin üzerindedir (Şekil 2 ve 6). Buna karşılık, 15 ilimizde bulunan 57 mağaranın derinliği ise 200 metreyi aşar (Şekil 3 ve 4).

Kuvaterner döneminin son 1.8 MY dönemini kapsayan buzul dönemleri boyunca deniz düzeyi günümüze göre 120 metre kadar alçalmıştır. Dolayısıyla deniz düzeyinin 120 metre altından başlayarak 3500-4000 metrelere çıkan yükseklikler arasında yüzeylenen çözünmeye uygun kayaların gözlemlendiği her bölgede ve değişik konumlarda mağaralar ile karşılaşılması olasıdır. Buna karşın, günümüze kadar keşfedilen mağaraların (2 ve 3)



Şekil 2: Belirgin büyüklüğü olan mağaraların Türkiye'nin kabartma haritası üzerindeki dağılımı (4).

ülkemizin her bölgesinde eşit yoğunlukta olmadığı da bilinmektedir (Şekil 6 ve 7). Bu durum, mağaraların dağılım ve yoğunluk farklılığı karstlaşmada (aynı zamanda mağara gelişiminde) belirleyici olan parametrelerin (1, 3 ve 4) bölgesel ve yerel farklılıklar göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Türkiye'nin gerek yapısal özellikleri ile coğrafi konumu ve gerekse Kuvaterner deniz düzeyi değişimlerinin neden olduğu akarsularca yarıлма (genleşme) ve neotektonik dönem hareketlerinin etkisi; karstlaşmayı belirleyen kökensel ve şekil-

lendirici ikincil faktörlerin (özellikle jeomorfolojik faktörler ve iklim) kısa mesafeler içerisinde büyük değişiklikler göstermesine neden olmuştur. Bunun sonucu olarak; morfojenetik ve morfometrik özellikleri birbirinden farklı, 6 karst bölgesi ve bunların içinde de 11 alt bölge (alan) ayırt edilmiştir (4) (Şekil 1). Aşağıda, günümüze kadar değişik mağarabilimci ve mağaracı gruplar tarafından çalışılan mağaraların bulunduğu alanlar dikkate alınarak; Türkiye mağaraları, bu karst bölgelerine göre tanıtılmaktadır.



Şekil 5: Türkiye'de deniz düzeyinden (sağda Trakya'nın Karadeniz kıyısı), dağların en yüksek kesimlerine kadar (solda Niğde/Kayseri Aladağlar'da 3000 metrelerde gelişen bir mağaranın girişi) her yükseltide mağaralara rastlamak mümkündür.

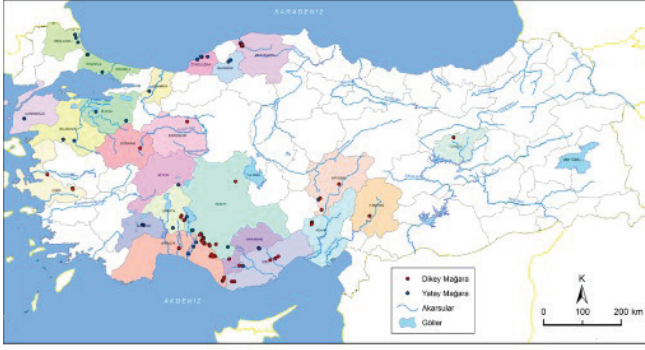
TÜRKİYE'NİN DERİNLİĞİ 200 METREYİ GEÇEN MAĞARALARI									
Sıra	Mağaranın Adı	İli	İlçesi	Derinlik (- m)	Sıra	Mağaranın Adı	İli	İlçesi	Derinlik (- m)
1	Peynirlikönü Düdeni	Mersin	Anamur	1429	29	Sakaltutan Deliği	Antalya	Akseki	278
2	Kuzgun	Kayseri	Yahyalı	1400*	30	Kalp Kapo Obruğu	Antalya	Gündoğmuş	261
3	Çukurpınar Düdeni	Mersin	Anamur	1196	32	İlgarini	Kastamonu	Cide	250
4	Kuzkulağı	Isparta	Aksu	832	33	Yank	Manisa	Merkez	247
5	Keş Dağı Düdeni	Kahramanmaraş	Döngel	728	34	Felengi	Konya	Altnekin	245
6	Subatağı	Kayseri	Yahyalı	643	35	Gölcük Düdeni	Konya	Seydişehir	245
7	Sütlük	Adana	Pozantı	640	36	Çatalbruk Düdeni	Mersin	Arslanköy	245
8	Pınargözü	Isparta	Yenişarbademli	+627*	37	Ürküten Obruğu I	Antalya	Akseki	243
9	Düdenağzı	Karaman	Başyayla	612	38	Gurbettepe Kuylucu	Kastamonu	Pınarbaşı	243
10	Çem Düdeni	Kayseri	Tomarza	605	39	Ardıçlı Delik	Konya	Bozkır	240
11	Yılanlıyurt	Adana	Pozantı	603	40	Karabayır Düdeni	Konya	Seydişehir	240
12	İniltipazarı - Yaylacık M.	Antalya	Gündoğmuş	595	41	Cıv Düdeni	Isparta	Aksu	238
13	Kocadağını (Anasultan)	Kütahya	Merkez	458	42	Koyungöbeği	Antalya	Akseki	235
14	Arkaca Düdeni	Antalya	Akseki	430	43	Körkuyu II	Kayseri	Yahyalı	234
15	Düdenyayla Düdeni	Konya	Beyşehir	416	44	Sukınlığı I	Antalya	Gazipaşa	229
16	Atlılar Düdeni	Mersin	Gözne	410	45	Ayvacık Subatanı	İzmir	Ödemiş	228
17	Camiliköy Subatanı	Adana	Pozantı	379	46	Nashu Obruğu	Antalya	Gündoğmuş	218
18	Katırgöller Mağarası	Tunceli	Ovacık	376	47	Pabuçkaya Obruğu	Mersin	Siliçke	213
19	Manasır Düdeni	Eskişehir	Mihalıççık	368	48	Arkaca Düdenağzı	Antalya	Akseki	213
20	Macar Düdeni	Antalya	Gazipaşa	360	49	Çocukdüştüğü	Konya	Bozkır	210
21	Dombra	Antalya	Gündoğmuş	348	50	Kalecik Deliği	Konya	Bozkır	206
22	Bucakalan	Antalya	Akseki	345	51	Kapaklı Kuylucu	Kastamonu	Pınarbaşı	204
22	Köpeköldüğü	Konya	Seydişehir	340	52	Sen Sen Obruğu	Antalya	Gündoğmuş	204
23	Düdecik Düdeni	Antalya	Akseki	330	53	Şahintepesi	Isparta	Sütçüler	202
24	Karlık Kuylucu	Karabük	Ovacuma	326	54	Çengel Kuyu	Kastamonu	Pınarbaşı	200
25	Derme Düdeni	Antalya	Beşkonak	311	55	Sorkun Düdeni	Kastamonu	Pınarbaşı	200
26	Sakaltutan Düdeni	Antalya	Akseki	303	56	TU 33-89	Antalya	Akseki	200
27	Topak Düdeni	Karaman	Altıntaş Yaylası	280	57	Kayadibi Kuylucu	Kastamonu	Pınarbaşı	196
28	Dağlı Kuylucu	Kastamonu	Cide	279	* Araştırması Devam Eden Mağaralar				

Şekil 3: Türkiye'de uzunluğu 1000 metreyi geçen mağaralar (4'ten değiştirilmiştir).

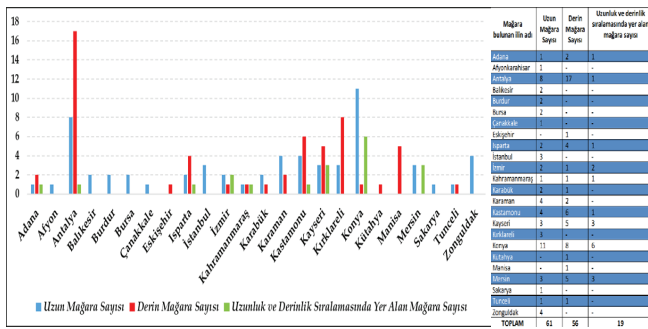
TÜRKİYE'NİN UZUNLUĞU 1000 METREYİ AŞAN MAĞARALARI									
Sıra	Mağaranın Adı	İli	İlçesi	Uzunluk (m)	Sıra	Mağaranın Adı	İli	İlçesi	Uzunluk (m)
1	Pınargözü	Isparta	Yenişarbademli	8500*	32	Yenesu	Kırklareli	Vize	1620
2	İnsuyu	Burdur	Merkez	8350*	33	Ayvacık Subatanı	İzmir	Ödemiş	1579
3	Tilkiler Düdeni	Antalya	Manavgat	6818	34	Gölcük Düdeni	Konya	Seydişehir	1565
4	Kızılelma	Zonguldak	Merkez	6630	35	Subatağı	Kayseri	Yahyalı	1514
5	İnilti Pazarı-Yaylacık M.	Antalya	Gündoğmuş	5929	36	Düdenyayla Düdeni	Konya	Beyşehir	1511
6	Altınbeşik	Antalya	Akseki	5481	37	Topmeydanı	Kastamonu	Pınarbaşı	1470
7	Mencilis	Karabük	Safranbolu	5350	38	Katırgöller Mağarası	Tunceli	Ovacık	1466
8	Ayvaini	Bursa	Merkez	4866	39	Atlılar	Mersin	Merkez	1455
9	Kuzgun	Kayseri	Yahyalı	4830*	40	Sakaltutan Düdeni	Antalya	Akseki	1450
10	İkigöz	İstanbul	Çatalca	4816	41	Tozluca Düdeni	Antalya	Gündoğmuş	1447
11	Maraspoli	Karaman	Ermeneke	3750	42	Sakaltutan Deliği	Antalya	Akseki	1425
12	Yazören Mağarası	Balikesir	Savaştepe	3564	43	Güvercin taşı	Çanakkale	Bayramiç	1371
13	Çukurpınar Düdeni	Mersin	Anamur	3350	44	Atak Mağarası	Kastamonu	Pınarbaşı	1365
14	Gökgöl	Zonguldak	Merkez	3350	45	İncesu	Karaman	Merkez	1356
15	Dupnisa	Kırklareli	Demirköy	3150	46	Körükini	Konya	Derebucak	1330
16	Peynirlikönü Düdeni	Mersin	Anamur	3118	47	Sütlük	Adana	Pozantı	1317
17	Düdenalanı Mağarası	Konya	Beyşehir	2860	48	Çayırköy	Zonguldak	Çaycuma	1282
18	Kızılın	Burdur	Merkez	2530*	49	Uluyayla	Karabük	Safranbolu	1255
19	Düdenağzı Mağarası	Karaman	Başyayla	2628	50	Köpeköldüğü	Konya	Seydişehir	1140
20	Gürlevik	Karaman	Taşkale	2500	51	İlgarini	Kastamonu	Cide	1131
21	Susuz Güvercinlik	Konya	Seydişehir	2303	52	Cumayanı	Zonguldak	Merkez	1100
22	Sacayağı Düdeni	Antalya	Gazipaşa	2125	53	Güvercinlik	Afyonkarahisar	Sultandağı	1100
23	Ödemiş Düdeni	İzmir	Ödemiş	1822	54	Meyvalıköy	Balikesir	Bigadiç	1100
24	Şahintepesi	Isparta	Sütçüler	1804	55	Yerköprü Düdeni	Konya	Hadım	1090
25	Keşdağı Düdeni	K. Maraş	Döngel Köyü	1801	56	Çem Düdeni	Kayseri	Tomarza	1069
26	Balatini	Konya	Beyşehir	1768	57	Yılanlıyurt	Adana	Pozantı	1066
27	Oylat	Bursa	İnegöl	1750	58	Soğucak Mağarası	Sakarya	Sapanca	1051
28	Felengi	Konya	Altnekin	1735	59	Handos	Antalya	Akseki	1050
29	Kazandere	Kırklareli	Dereköy	1684	60	Yarımburgaz	İstanbul	Küçükçekmece	1021
30	Sarpunalınca	Kastamonu	Devrekani	1683	61	Tınaztepe Mağarası	Konya	Seydişehir	1015
31	Tınaztepe Düdeni	Konya	Seydişehir	1650	62	Kocakuyu	İstanbul	Çatalca	1010
* Araştırması devam eden mağaralar									

Şekil 4: Türkiye'de 200 metreyi aşan mağaralar (4' ten değiştirilmiştir).

TÜRKİYE'DE UZUNLUĞU 1000, DERİNLİĞİ -200 METREYİ GEÇEN BİLİLEN MAĞARALARIN BULUNDUĞU İLLER (2017)



Şekil 6: Uzunluğu 1000, derinliği 200 metreyi aşan mağaraların bulunduğu iller.



Şekil 7: Türkiye’de uzunluğu 1000, derinliği 200 metreyi aşan mağaraların illere göre dağılımları.

Akdeniz’e paralel olarak uzanan Toros Dağları Karst Bölgesi (Şekil 1) her konum ve şekilde mağaraların büyük uzunluk ve derinliğe ulaştığı bir bölgedir. Türkiye karstına karakteristiğini veren bu bölgenin batı ve orta kesimlerinde bulunan mağaraların morfolojik ve morfojenetik gelişim özellikleri, yüzey karst jeomorfolojisinde olduğu gibi, belirgin farklılıklar gösterir. Muğla, Denizli, Burdur ve Aydın güneyi, Antalya batı ve KB’sını kapsayan Batı Toroslar; yüksekliği yer yer 2500 metreyi bulan dağ sıraları ile bunların arasındaki ovaların geniş yer kapladığı bir bölgedir (4 ve 6). Mağaraların sınırlı alan ve boyutta kaldığı Batı Toroslar genelinde uzunluğu 1000, derinliği de -200 metreyi geçen mağara tespit edilmemiştir. Bu bölgedeki dağların üst kesimlerinde gelişimleri durmuş veya yağışlı dönemlerde içlerine su girişleri olan dikey ve yarı dikey ve kısmen yatay mağaralar yer alır. Acıpayam Ovası’nı çevreleyen Gölge Dağları’nın ovaya bakan yamacında bulunan ve turizme açılan Keloğlan Mağarası bunlardan biridir (Şekil 8).



Şekil 8: Batı Toroslar’da Acıpayam Poyesi (solda) üst yamacında bulunan Dodurgalar (Keloğlan) Mağarası.

Buna karşılık ovaların kenarında bulunan ve günümüzde veya geçmiş dönemlerde ovaların yüzey ve taban sularını boşaltan düden ve yer yer kaynak konumlu mağaralar gelişmiştir. Kalkan’dan başlayarak Antalya Körfezi’ne kadar uzanan kıyı bölgesinde ise büyük ve derin deniz veya denizaltı mağaraları yer alır (7). İçleri yer yer tatlı, yer yer de tuzlu veya karışım suları ile kaplı olan ve araştırılması özel dalış ekipmanı ve eğitimi gerektiren bu tür mağaraların en karakteristik olanı Finike yakınında girişi karada bulunan Gök Mağara’dır. Her yıl çok sayıda yerli ve yabancı mağara dalgıcının dalış yapmak için geldiği bu mağarada, 120 metre derinliğe kadar inilmesine rağmen sonuna ulaşılammıştır. Kaş dolayında girişleri deniz yüzeyinden 10-40 metre aşağıda bulunan Altuğ, Mivini ve Antrium (Gönül Adası) mağaralarında gelişimin deniz yüzeyinin 60-90 metre altına kadar devam ettiği saptanmıştır (7).

Batı Toroslar karst bölgesinde bulunan İnsuyu (Burdur), Keloğlan (Acıpayam-Denizli) ve Yerköpe (Kavaklıdere-Muğla) Mağaraları turizm amacıyla kullanılmaktadırlar (Şekil 8 ve 9).



Şekil 9: Türkiye'de turizme açılan ilk mağara: Burdur İnsuyu mağarası.

Antalya Körfezi-Eğirdir Gölü doğusu ile Çukurova-Erciyes Dağı batısı arasında yer alan Orta Toroslar Karst Bölgesinde (Antalya, Burdur, Isparta, Konya ve Karaman güneyi, İçel, Adana, Niğde, Kayseri güneyi); mağara yoğunluğu, derinlik ve uzunluğu, gelişim döneminin devamlılığı açısından Türkiye'nin ilk sıradaki bölgesidir (3, 6, 8, 9 ve 11). Türkiye'de uzunluğu 1000 metreyi aşan toplam 61 mağaradan 32'si, derinliği 200 metrenin üzerinde bulunan toplam 56 mağaradan da 43'ü bu bölgededir (Şekil 3 ve 4 ve 6). Bu bölgedeki dağların Orta Anadolu'ya bakan kuzey kesimlerinde yatay-yarı yatay-dikey, düden ve kaynak konumlu, tek ve çok dönemli gelişime sahip mağaralar oluşmuştur (Isparta'da Pınargözü ve Zindan, Konya'da Körükini-Suluin, Balatini, Kayseri'de Subatağı ve diğerleri).



Şekil 10: Alanya Dim Vadisi yamacında bulunan Dim Mağarası.

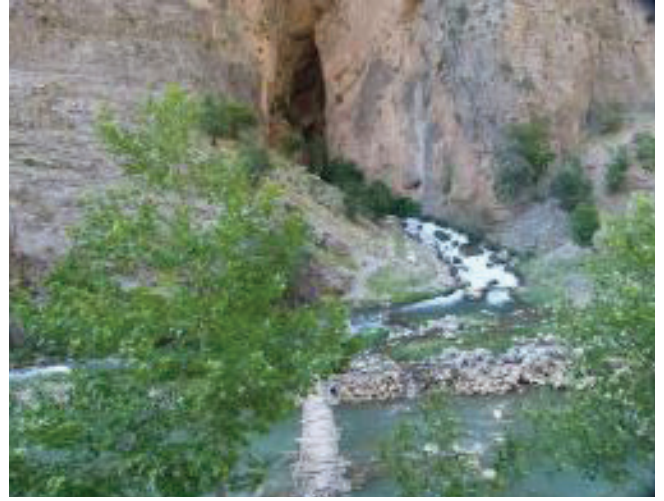


Şekil 11: Manavgat Nehri yamacında bulunan Altınbeşik Mağarası.

Buna karşılık, bölgenin akarsular tarafından derince yarılmış yükselim alanlarında ise çoğunlukla dikey-yarı yatay, yarı aktif veya kuru, düden ve yer yer içinden su çıkan kaynak konumlu mağaralar yer alır (Akseki'de Altınbeşik, Ermenek'de Maraspoli, Isparta güneyinde Kuzukulağı, İçel'de Peynirlikönü ve Çukurpınar, Kayseri güneyinde Kuzgun, Adana kuzeyinde Sütçük, Camiliköy, Yılanlıyurt ve diğerleri) (8 ve 9). Diğer yandan, Torosların Akdeniz'e bakan kesimlerinde ise kaynak konumlu aktif-yarı aktif yatay mağaralar ile kıyı ve denizaltı mağaraları gelişmiştir (Manavgat'ta Tilkiler, İçel Aydınçık'da Gilindire, Silifke'de Narlıkuyu-Dilek, Kaş'ta Altuğ ve Mivini mağaraları gibi). Henüz tamamı araştırılmamış Beyşehir Gölü batısında yer alan, Türkiye'nin en uzun (12.550 metre) mağarası Pınargözü ve Anamur kuzeyinde yer alan Türkiye'nin en derin (1429 metre) mağarası Peynirlikönü bu bölgede yer alır (Şekil 4, 5 ve 6). Ayrıca bu bölgede bulunan Karain (Kepez-Antalya), Altınbeşik (Akseki-Antalya), Zeytintaşı (Serik-Antalya), Dim ve Damlataş (Alanya), Dilek (Silifke), Köşekbükü (Anamur-İçel) ve Eshab-ı Kehf (Tarsus-İçel), Tınaztepe (Seydişehir-Konya), Zindan (Aksu-Isparta), Gilindire (Anamur-İçel) Mağaraları turizme açılmış olup, bölge ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır (Şekil 10, 11 ve 12). Bunların yanı sıra bu bölgede bulunan ve girilmesi son derece zor olan çok sayıda uzun ve derin mağara, değişik ülkelerden gelen amatör ve profesyonel mağaracılar tarafından bilimsel amaçlar, spor ve macera turizmi kapsamında sıklıkla ziyaret edilmektedir (2) (Şekil 13).



Şekil 12: Orta Toroslar'da yer alan, Zeytintaşı (Serik) (üstte) ve Ahmetler (Manavgat) (altta) Mağaraları



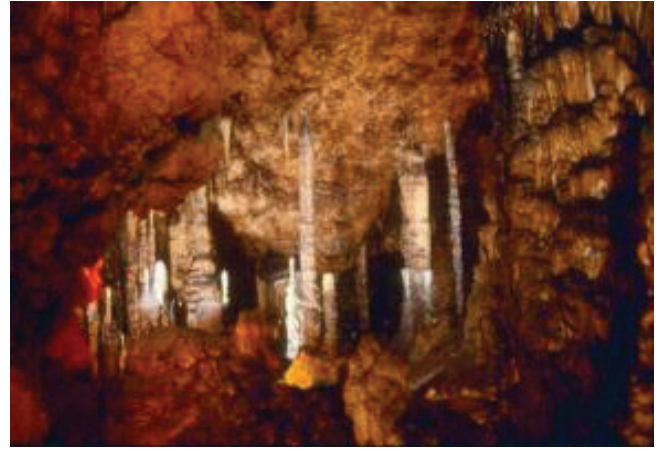
Şekil 13: Göksu Nehri üzerinde Hadim (Konya) yakınlarında yer alan Yerköprü Şelalesi ve Mağarası ile Zamanlı Irmağı (Yahyalı-Kayseri) kıyısında gelişen Göksu Mağarası

Çözünmeye uygun kaya topluluklarının sınırlı alanlarda kaldığı Aydın, İzmir, Manisa, Denizli kuzeyi, Balıkesir, Bursa, Bilecik, Eskişehir, Uşak, Kütahya illerini kapsayan Batı Anadolu Karst Bölgesi, mağara gelişimi açısından alansal yaygınlık gösteren bir bölge değildir (4 ve 6) (Şekil 1 ve 6). Bu bölgede çok katlı, fakat birbirinden bağımsız olarak, derinliği fazla olmayan yatay-yarı yatay, çoğunlukla kaynak işlevli olmak üzere yer yer düden işlevli mağaralar gelişmiştir. Ülkemizdeki en uzun 61 mağaradan 8'i, en derin 56 mağaradan 4'ü bu karst bölgesinde yer alır. Bölgenin en uzun mağarası 4866 metre ile Bursa Mustafakemalpaşa'da bulunan Ayvaini, en derini ise 368 metre ile Eskişehir Mihaliççık yakınında yer alan Manasır Düdeni'dir.

Bölgenin aktif tektoniğini karakterize eden şekil ve yapılar sahip olan Batı Anadolu Karst Bölgesi genelinde, karstik kayaların litostratigrafik özelliklerine bağlı olarak belirgin bir karst taban düzeyi gelişmemiştir. Bu düzey çoğu kesimde morfolojik taban düzeyi olan ova, akarsu veya göl düzeyinden bağımsız ve onlardan daha yukarıdadır. Bu nedenle mağaralar, yanılıcı olarak tek dönemli gelişim özelliği gösterirler (6). Denizli'deki Kaklık ve Keloğlan ile Bursa'daki Oylat Mağaraları bölgenin turizme açılan mağaralarıdır (Şekil 14 ve 15).



Şekil 14: Ayvaini (Mustafakemalpaşa-Bursa) (solda) ve Kaklık (Honaz-Denizli) (sağda) Mağaraları.



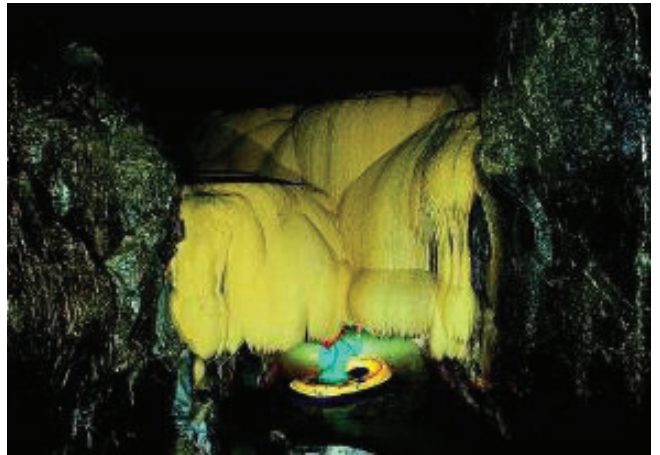
Şekil 15: Oylat (İnegöl-Bursa) (solda) ve Yelinüstü (Günyüzü-Eskişehir) (sağda) Mağaraları

Karbonatlı kayaların ince bir şerit halinde uzandığı, Trakya Karst Bölgesi'nde (İstanbul, Tekirdağ, Kırklareli, Kocaeli) bulunan mağaralar, Karadeniz'i batıdan sınırlayan ve KB-GD doğrultusunda uzanan Istranca (Yıldız) Dağları'nda ve bunların güneyini oluşturan karbonatlı kaya toplulukları içerisinde gelişmiştir (Şekil 1 ve 6). Litostratigrafi, son buzul döneminde deniz düzeyinin alçalması ve devamında yükselmesi ile paleocoğrafik özelliklerin belirleyici olduğu, bölgedeki mağaraların hemen hemen tamamının yatay uzanımlı geliştiği ve derinlikleri az, uzunlukları ise dikkate değer düzeydedir (3 ve 6) (Şekil 3). Çok dönemli gelişime sahip olmalarına rağmen; stratigrafik özellikleri nedeniyle tek dönemli gelişim özellikleri gösteren bu mağaralar, çoğunlukla tek katlıdır. Buna karşılık kalın kireçtaşları içerisinde gelişenleri, Tekirdağ-Saray'da Ceneviz, Kırklareli-Demirköy'de Dupnisa örneklerinde olduğu gibi iki katlı gelişim gösterirler. İstanbul-Çatalca'da İkgöz 4816 metre (Trakya'nın en uzun, Türkiye'nin 10'uncu en uzun mağarası), Kırklareli-Demirköy'de Dupnisa 3150 metre, Dereköy'de Kazandere 1684 metre ve Vize'de Yenesu 1620 metre uzunluklarıyla bölgenin en uzun mağaralarıdır (Şekil 7 ve 16). İçlerinde devamlı su akışı olan yeraltı dereleri ve göller bulunan bu mağaralar, görünüşleri son derece güzel, her türden damlataşlarla kaplıdır (Şekil 16). Buna karşılık içinde barındırdığı kültürel kalıntı ve buluntuları nedeniyle; 1021 metre uzunluğundaki Yarımburgaz Mağarası (Küçükçekmece-İstanbul), bölgenin prehistorik ve tarihi dönemlerin aydınlatılmasında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle yerli ve yabancı arkeolog ve antropologlar için bir cazibe merkezi konumundadır.



Şekil 16: Çoğunlukla yatay olarak gelişen Trakya Mağaralarının içleri görünüşleri son derece güzel damlataşlarla kaplıdır. Solda Dupnisa (Kırklareli-Demirköy) ve sağda Yenesu (Kırklareli-Vize) Mağaraları.

Geniş bir bölümünde, alttan çözünmeye uygun olmayan kayalarca çevrelenen Sakarya doğusu, Bolu, Düzce, Zonguldak, Bartın, Karabük, Kastamonu, Sinop, Ordu, Giresun, Trabzon, Tokat, Amasya, Gümüşhane, Bayburt ve Artvin illerini kapsayan Karadeniz Dağları Karst Bölgesi; mağara gelişimi açısından, yanal ve düşey yönde devamlılık içeren bir kuşak değildir. Karbonatlı kayaların dar ve sınırlı alanlarda bulunduğu bu bölgedeki mağaralar da belirli alanlarda kümelenmişlerdir (3, 4 ve 6) (Şekil 1 ve 2). Batı Karadeniz Bölgesi'nde, başta Zonguldak olmak üzere Sakarya, Düzce, Karabük ve Bartın illerinde, içlerinde çoğunlukla yeraltı dereleri ve göller bulunan veya yağışlı dönemlerde içlerine su giren ya da çıkan, yatay ve uzun mağaralar yaygındır. Damlataş oluşumları açısından son derece zengin olan ve Türkiye'nin en uzun 61 mağarasından 6'sını içeren bu bölgedeki mağaraların en önemlileri; Zonguldak'da Gökgöl (3350 metre uzunluğunda), Kızılelma (6630 metre uzunluğu ile Türkiye'nin 3'üncü en uzun mağarası), Karabük'te Mencilis (5330 metre uzunluğunda, Türkiye'nin 4'üncü en uzun mağarası), Sakarya'da Söğütlü, Düzce'de Sarıkaya, Aksu ve Fakıllı, Bartın'da Gürcüoluk ve Subatık Mağaralarıdır. Bunlardan Gökgöl, Cehennemagzı, Mencilis, Gürcüoluk ve Fakıllı turizme açılmış mağaralardır (Şekil 2, 3, 17, 18 ve 19).



Şekil 17: Türkiye'nin dördüncü en uzun mağarası olan Kızılelma (Zonguldak-Merkez) (solda) ve bunun devamında yer alan Cumayanı (sağda) Mağaraları

Orta ve Doğu Karadeniz Dağları Karst Bölgesi'nde mağara gelişimi çok sınırlıdır. Bölgede çözünmeye uygun kayaların çok dar ve sınırlı alanlarda yüzeylemeleri nedeniyle; mağaraların yoğunluğu çok az olduğu gibi, mevcut mağaralar da belirli bölgelerde (Kastamonu, Ordu, Gümüşhane, Bayburt, Tokat ve Erzurum'un kuzey kesimi) toplanmıştır. Karadeniz Dağları karst bölgesinde mağaraların

yoğunlaştığı diğer bir alan Kastamonu ili ve çevresidir. Bölgede “kuyluç” adı verilen mağaraların büyük bir bölümü kuyu şeklinde, dikey olarak gelişmiştir. Ülkemizin en uzun 61 mağarasından 4’ü, en derin 56 mağarasından da 6’sı Kastamonu ili sınırları içinde gelişmiştir. Devrekânî’de bulunan Sarpunalınca, ildeki en uzun (1683 metre) ve Cide yakınında yer alan Dağlı Kuyulucu ise ildeki en derin (279 metre) mağaralardır. Karadeniz Dağları Karst Bölgesinde mağaraların yoğun olarak bulunduğu diğer bir alan Gümüşhane ve Bayburt civarındadır. Ancak buralarda yer alan mağaralar bölgenin litostratigrafik özelliklerinden dolayı, fazla uzun ve derin değildir (4 ve 6). Karadeniz Dağları Karst Bölgesinde; İnaltı (Ayancık-Sinop), Ballica (Pazar-Tokat), Çalköy (Düzköy-Trabzon) ve Karaca (Torul-Gümüşhane) mağaraları turizme açılmıştır (Şekil 20, 21).



Şekil 18: Batı Karadeniz Karst Bölgesinin son derece ilginç özelliklere sahip olan ve turizm amacıyla kullanılan Gökçöl (Zonguldak) (solda) ve Mencilis (Karabük) (sağda) Mağaraları.



Şekil 19: Yoğun ormanlık bir alanda bulunan Gürcüoluk Mağarası’nda (Bartın) damlataşları (solda) ve damlataşlarını kuşatmış bitki kökleri (sağda).



Şekil 20: Tokat’ta bulunan Ballica Mağarası, ülkemizde diğer mağaralarda bulunmayan “soğan sarkıtları” ile tanınır.



Şekil 21: Gümüşhane’de bulunan Karaca Mağarası, ilginç damlataş oluşumları ile dikkati çeker.

Güney ve kuzeyden yüksek sıradağlarca kuşatılan Orta Anadolu Karst Bölgesi; mağara gelişimi açısından fakir bir bölgedir. Bununla birlikte, turizm için büyük bir potansiyel oluşturan obruk gelişimi ile karakterize olan bölgenin (10) güneyindeki Konya Kapalı Havzası’nda ova düzeyinden daha derinlere inen yarı yatay veya dikey uzanımlı mağaralar gelişmiştir (3, 4 ve 6) (Şekil 22). Çoğunlukla paleokarstik dönemlerde gelişen ve içleri yer yer alüvyal çökelti yığılması ile hidrolojik boğulmaya uğramış bu mağaralardan en önemlisi ve en derin olanı Konya-Altınkeçi yakınlarında bulunan, uzunluğu 1735 metre, derinliği ise 245 metre olan Felengi Mağarası’dır (Şekil 1, 2 ve 4). Toros Dağları’nın kapalı havzaya bağlandığı güney kesimlerde ise, Konya Ovası’na doğru az eğimli yatay mağaralar görülür. Dağlardan ovaya doğru inen yeraltı derelerinin oluşturduğu bu mağaraların en belirginleri Karaman Taşkale’de bulunan İncesu ve Hışlayık (Gürlevik) Mağaralarıdır (Şekil 23). Buna karşılık bölgenin doğusunda (özellikle Sivas’ta) yaygın olan ve en fazla çözünen kaya durumundaki jipslerde (alçıtaşı), yanal ve düşey devamlılığı olmayan, düden konumlu mağaralar yer alır. Sakarya ve Kızılırmak Nehirlerinin etkili olduğu ve Ankara, Eskişehir doğusu ve güneyi, Afyon doğusu, Yozgat, Kayseri ve Çorum güneyini içeren bölgelerde ise yoğun olmamakla birlikte tek katlı, yatay veya yarı yatay mağaralar görülür. Bunların en karakteristikleri; Ankara’da Tuluntaş (Gölbaşı), Temiröz (Haymana) ve Çingirdaklı (Ayaş), Eskişehir’de Yelinaltı ve Yelinüstü (Günyüzü), Çorum’da (Merkez ilçe) Kırkodanlı ve Yozgat’ta İnalı (Akdağmadeni) Mağaralarıdır (Şekil 15 ve 23). Bu doğal mağaralardan farklı olarak Kapadokya Bölgesi’nde, özellikle Nevşehir, Kırşehir ve Aksaray civarında bulunan ve Hristiyanlığın ilk dönemlerinde insanoğlu tarafından saklanmak/barınmak amacıyla kazılan, kilometrelerce uzunluğa sahip yeraltı şehirleri; ülkemizdeki yapay mağaraların en belirginlerini oluştururlar (2 ve 12).



Şekil 22: Obruklar Orta Anadolu Karst Bölgesinin karakteristik şekillerini oluştururlar. Bunların en ilginç, yüzeyde 350 metre çapı ve 160 metreden fazla derinliği ile “yeraltı suyu penceresi” niteliğine sahip olan Kızören Obruğu’dur (Karapınar-Konya).



Şekil 23: Tuluntaş (Gölbaşı-Ankara) (solda) ve İncesu (Taşkale-Karaman) (sağda) Mağaraları

Anadolu genelinde olduğu gibi sürekli yükselim halinde olan Doğu Anadolu Karst Bölgesi (Kahramanmaraş, Malatya, Elazığ, Tunceli, Bingöl, Erzurum, Muş, Bitlis, Van, Hakkâri), mağara gelişiminin yoğunluğu ve büyüklükleri açısından, ülkemizin fakir bölgeleri arasında yer alır. Mağara gelişimine uygun kayaların çok dar ve sınırlı alanlarda bulunması, sürekli yükselim halinde olması ve akarsularla derin şekilde yarılarak parçalanması nedenleriyle; bölgede, uzun ve derin mağara sistemleri gelişmemiştir (3 ve 6). Mevcut mağaralar, bölgenin güneyinde (Kahramanmaraş, Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis, Van güneyi ve Hakkâri’de), derin vadiler içinde akan Fırat, Dicle ve Ceyhan Nehirlerinin üst yamaçlarında yer alırlar. Özellikle Keban Barajı çevresi, mağaraların yoğun olarak bulunduğu bir bölgedir. Burada bulunan mağaralar, Orta Toros Kuşağı’ndaki mağaralar kadar büyük değildirler. Bu bölgenin en büyük mağarası, Tunceli-Ovacık yakınlarında bulunan Katırgölleri Mağarası’dır. Bu mağaranın uzunluğu 1466 metre (Türkiye’nin 38’inci en uzun mağarası), derinliği ise 376 metredir (Türkiye’nin 18’inci en derin mağarası). Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan mağaraları, ülkemizin diğer bölgelerinde bulunan mağaralarından ayıran en önemli farklılık, buradaki mağaraların yaz ve kış sıcaklıkları arasında büyük farklılıklar olmasıdır. Bu nedenle bölgede buz mağaralarına sıkça rastlanır. Bu mağaralardan Harput (Elazığ) ve Doğubeyazıt (Ağrı)’ta bulunan “Buz Mağaraları” –ki bölgelerinde “buzluk” olarak adlandırılırlar- günümüzde turizm amacıyla kullanılmaktadır.

Tektonik bakımdan diğer karst bölgelerine göre göreceli olarak daha sakin bir kuşak olan ve Gaziantep, Nizip, Şanlıurfa, Adıyaman, Diyarbakır, Mardin, Batman ve Siirt illerini içeren Güneydoğu Anadolu Karst Bölgesi, büyük ve derin mağaraların gelişimi açısından alansal devamlılığa sahip değildir. Derin vadilerin içlerinde, yatay ve yarı yatay uzanımlı küçük mağaralar yer alır. Bu mağaraların büyük bir bölümü tarih öncesi ve tarihi dönemlerde kullanıldıklarından (bir kısmı günümüzde de halen kullanılmaktadır); içleri düzelterek büyütülmüşlerdir. Damlataş oluşumları yönünden son derece fakir olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi Mağaraları, ülkemizin tarihöncesi geçmişinin aydınlatılmasında, büyük bir öneme sahiptirler.

Değerlendirilen Belgeler

- (1) Nazik, L., 2005. Mağara Nedir, Nasıl Oluşur? Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu Bildirileri Kitabı, s. 1-18, Beyşehir.
- (2) Nazik, L., 2008. Mağaraların Araştırılma, Koruma ve Kullanım İlkeleri. MTA Yayını, Yerbilimleri ve Kültür Serisi, No.2, 118 s., Ankara.
- (3) Nazik, L., Törk, K., Tuncer, K., Özel, E., İnan, H. ve Savaş, F., (2005). Türkiye Mağaraları. Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 31-46, Beyşehir, Konya.

- (4) Nazik, L. ve Poyraz, M., 2017. Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, sayı 68, s. 43-56.
- (5) Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In *Strike-Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*, edited by K. T. Biddle and N. Christie-Blick, Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., 37, 227-264.
- (6) Nazik, L. ve Tuncer, K., 2010. Türkiye Karst Morfolojisinin Bölgesel Özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi, Karst ve Mağara Araştırmaları Dergisi*, Sayı 1, 7-19.
- (7) Bayarı, C. S., Özyurt, N. N., Öztan, M., Baştanlar, Y., Varinlioglu, G., Koyuncu, H., Ülkenli, H., Hamarat, S., 2011. Submarine and Coastal Karstic Groundwater Discharges along the Southwestern Mediterranean Coast of Turkey, *Hydrogeology Journal*, 19 (2), 399-414.
- (8) Klimchouk, A., Bayarı, C. S., Nazik, L. and Törk, K., 2006. Glacial destruction of cave systems in high mountains, with special reference to the Aladaglar massif, Central Taurids, Turkey, *Acta Carsologica*, 35/2, 111-122.
- (9) Bayarı, C. S. and Özbek, O., 1995. An Inventory of Karstic Caves in the Taurus Mountain Range (Southern Turkey): Preliminary Evaluation on Geographic and Hydrologic Features. *Cave and Karst Science*, Vol. 21, No:3
- (10) Bayarı, C. S, Pekkan, E., Özyurt, N. N, 2009. Obruks, as giant collapse dolines caused by hypogenic karstification in central Anatolia, Turkey: analysis of likely formation processes, *Hydrogeology Journal*, 17: 327-345
- (11) Nazik, L. and Törk, K., 2000. Taurus Karst Belt and the Cave Formation and Development on This Belt. *Int. Symp. and Field Seminar on "Present state and Future Trends of Karst Studies"* Sept. 17-26, Marmaris-Turkey.
- (12) Başar, M., 1972. Teşekkül Tiplerine Göre Türkiye Mağaralarının Dağılışı. *Jeomorfoloji Dergisi*, Sayı:4

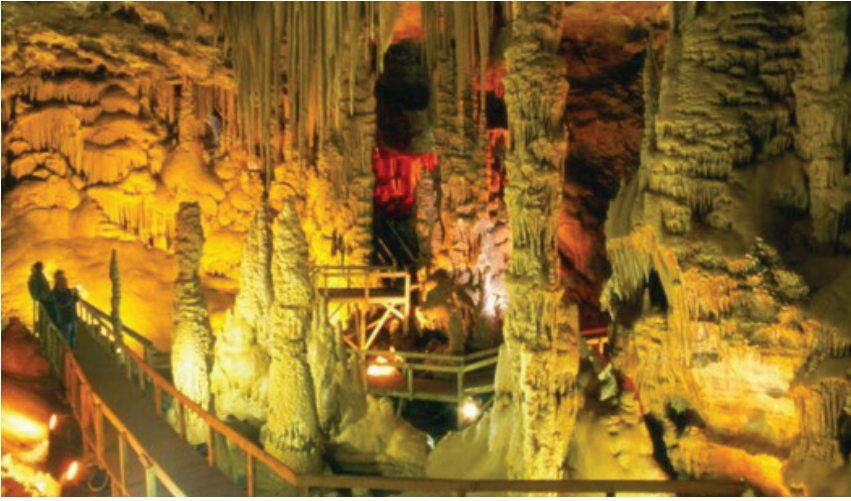


Yeraltı Karanlıklar Dünyasının Gizemli Oluşumları: Mağaralar

İnsan ömrüyle kıyaslanamayacak ölçüde uzun, kendilerine özel döngüler içinde on binlerce yılda oluşabilen mağaralar, güneşin uğramadığı mutlak karanlıklarda oluşmuş boş galeriler değildir. İçleri, hayal gücünün sınırlarını zorlayacak muhteşemlikte desen ve renklerle bezenmiş değişik şekil ve boyutta damlataşlar ile kaplıdır. Mağaralar dışında pek karşılaşılmayan bu çökeller kendi özel gizemli dünyaları içinde durmaksızın değişim gösterirler.

Dr. Lütfi NAZİK
Ahi Evran Üniversitesi,
Coğrafya Bölümü,
KIRŞEHİR

İnsanın gezegenimizde varoluşundan bu yana her türlü zorlu yaşam koşullarına direnerek varlığını sürdürebilmesinde önemli rol oynayan etmenlerden birisi de mağaralardır. Mağaralar ilkel insanlar için başlıca barınma ve korunma alanları olmuştur. Başlangıçta barınak ve sığınak olarak rağbet gören mağaralar, özellikle Orta Çağ'da hayali canavarların, ejderler ve kötü ruhların barındığı korkunç karanlıklar dünyası olarak tanımlanmışlardır. Bu gerçek dışı yakıştırmalar, doğanın bilinmeyenlerinin yavaş yavaş bilinmez olmaktan çıktığı 19. yüzyıldan itibaren terkedilmeye başlanmıştır. Özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra bilimsel önemlerinin yanı sıra ekonomik değerlerinin iyice anlaşılması mağaralara olan ilgiyi artırmıştır. Yeraltında farklı bir dünyanın kapılarını aralayan mağaralar günümüzde başlı başına bir bilimsel veri kaynağı ve ekonomik sektör konumundadır.



Şekil 1: Mağaralar olağanüstü renk ve desenlere sahip damlatalarıyla insanı büyüleyen güzellikleri barındırırlar (Karaca Mağarası, Gümüşhane).

Sahip oldukları mağara içi ve dışı canlı ve cansız varlıklarıyla büyük bir ekosistem oluşturan ve insanın sosyo-kültürel gelişiminde önemli bir konumda bulunan mağaralar; günümüzde jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji, hidrojeoloji, coğrafya, biyoloji, antropoloji-prehistorik arkeoloji ve klimatoloji gibi birçok bilim dalı ile ilgili verilerin korunarak saklandıkları ortamları oluştururlar (1 ve 2) (Şekil 1). Genel bir yaklaşımla mağarayı; yüzeye bağlantısı olan ve bir insanın içine girebileceği boyutlarda, yatay veya dikey uzanımına sahip yeraltı boşluğu olarak tanımlamak mümkündür. Yatay veya dikey uzanımı olmayan ama insanların barınabilecekleri yüzeye açık kovuk şeklindeki boşluklar ise genellikle in olarak adlandırılmaktadır. Uzunlukları birkaç metreden yüzlerce kilometreye ulaşan (ABD’de bulunan ve henüz haritalanması tamamlanmamış Mamut Mağarası’nın toplam uzunluğu 652 km, Türkiye’de ise henüz sonuna ulaşamayan Isparta’daki Pinargözü Mağarası’nın ölçülen uzunluğu 12.5 kilometredir), derinlikleri ise yer yer 1000 metreyi geçen (Gürcistan’daki Krubera-Voronya Mağarası, -2197 metre, Mersin’deki Peynirlikönü Mağarası, -1429 metre) mağaralara, ülkemizin değişik bölgelerinde in, düden, subatan, obruk, oruk, çengirek, tengirek, şingırdak, kuyluç, kestel, zindan, delik, dipsiz, mağaza, kehf gibi isimler de verilmektedir (3 ve 4).

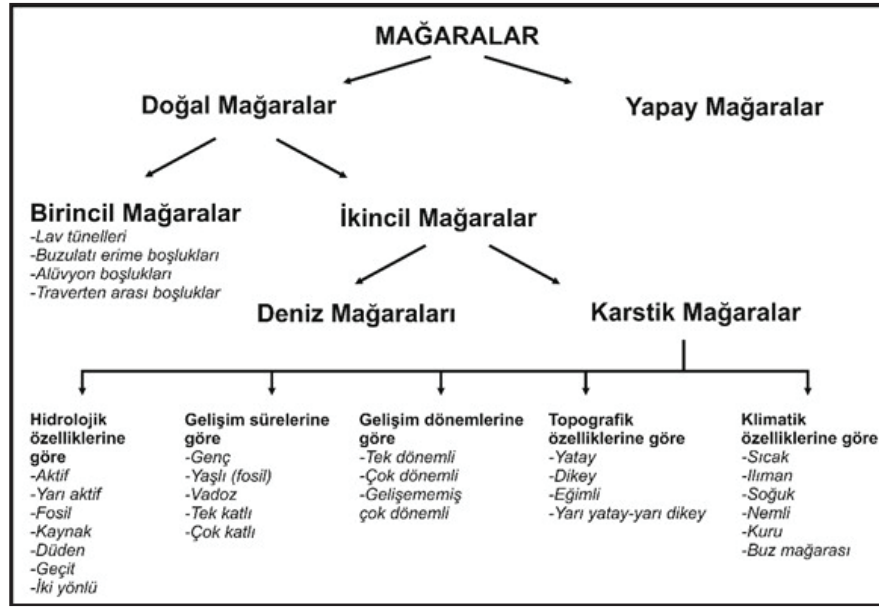
Mağaralara deniz düzeyinin 100-150 metre altından başlayarak topoğrafyanın en yüksek kesimlerine kadar her yerde (deniz tabanı, göl tabanı, ova ve akarsu vadilerinin kenar ve yamaçlarında, yüksek plato ve dağlık alanlarda, birçok yerleşim alanının altında veya yakınında) ve değişik konumlarda (karstik yeraltısuyu kaynaklarının gerisinde, düden veya subatanların devamında, yeraltı nehirleri üzerinde, yüksek dağlık alanlarda derin çatlaklar boyunca) rastlamak mümkündür (Şekil 2) (3 ve 4).



Şekil 2: Mağaralar güncel deniz düzeyi altından başlayarak dağların en yüksek kesimlerine kadar her yerde ve değişik konumlarda gelişebilir a) Kayseri Aladağlar’da kuyu şekilli bir mağaranın girişi, b) Marmaris’de deniz mağarası.

Erimeye uygun karbonatlı, sülfatlı ve klorürlü kayaların yeraltısuları tarafından çözünmeleri sonucu doğal koşullarda gelişen, buna karşılık tuf, marn, kiltası, tebeşir gibi işlenmesi kolay kayaların in-

sanlar tarafından değişik aletlerle kazılmaları yoluyla yapılan mağaralar; doğal ve yapay mağaralar olmak üzere iki ana grupta toplanır (3 ve 4) (Şekil 3).



Şekil 3: Oluşum ve gelişim özelliklerine göre mağaraların sınıflandırılması (3).

“Yapay Mağaralar” insanların barınak, sığınak ve ibadet yeri, mezar, depo, su kanalı, maden galerisi ve tünel açmak için değişik amaçlarla kazdıkları veya oydukları yeraltı boşluklarıdır. İçlerinde insan yaşamına ilişkin prehistorik ve arkeolojik şekil, yapı, atık ve iskelet parçalarının bulunduğu bu sınıf mağaralar ülkemizde çok yaygındır. Kapadokya Bölgesi (Nevşehir, Kırşehir, Aksaray, Niğde, Kayseri) ve komşu illerde (Konya, Karaman, Adana, Ankara, Kırıkkale...) büyük bir bölümü Erken Hristiyanlık Dönemi’nde yapılmaya başlanan, kilometrelerce uzunlukta ve çok katlı karmaşık sistemlerden oluşan yeraltı yerleşkeleri, yapay mağaraların en ilginçlerindedir (Şekil 4). Buna karşılık birçok ilimizde bulunan kaya mezarları, çoğunlukla antik dönemlerde işletilmiş maden galerileri ve su tünelleri de yapay mağaralar arasında yer alırlar.

Ana kaya oluşurken veya oluşuktan sonra, yeraltı suları tarafından bir dizi fiziksel ve kimyasal süreçlerle çözümlenmesine bağlı olarak meydana gelen yeraltı boşluklarına “Doğal Mağara” adı verilir. Yapay mağaralarla kıyaslanamayacak ölçüde çok fazla uzunluk ve derinliğe sahip olan bu grup mağaralar oluştuğu kayalarla olan gelişim dönemi ilişkilerine bağlı olarak; birincil ve ikincil mağaralar olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar.



Şekil 4: İnsanların barınak ve sığınak amacıyla işlenmesi kolay kayalarda kazdıkları yapay mağaralara örnekler

İçinde bulunduğu kaya ile birlikte oluşan boşluklar "birincil mağara" olarak adlandırılır. Geniş lav örtüleri içindeki gaz boşluklarında meydana gelen lav tünelleri (veya lav tüpleri), travertenler çökelerken içlerinde oluşan çökeltim boşlukları, çöküntü veya kütle hareketlerinin geliştiği alanlarındaki blok altı boşlukları bu grup mağaraları oluştururlar. Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş alanlarda yüzeylenen bazalt platoları altında gelişmiş kilometrelerce uzunluğa ulaşan lav boşlukları birincil mağaraların en güzel örneklerindedir. Belirgin bir geometri olmayan ve tavanları son derece basık olan lav tünellerinin içlerinde boğucu/zehirli gazlar bulunabilir.

Birincil Mağaraların diğer önemli bir türünü "traverten mağaraları" oluşturur. Gelişim özelliklerine bağlı olarak gözenekli bir dokusu olan travertenlerde suyun çağlayanlar halinde akışı sırasında travertenin ileriye doğru büyümesine (çökeltimine) bağlı olarak, çağlayan altında boşlukları meydana gelir. Türkiye ve dünyada çok bilinen bir traverten sahası olan Antalya Travertenleri'nde bu tür mağaraların güzel örnekleri ile karşılaşmaktadır. Buna karşılık büyük akarsu vadilerinin yamaçlarında açığa çıkan bikarbonatça zengin kaynakların çökelttiği travertenin iki yakayı birleştirecek şekilde büyümesi ve altlarının nehirler tarafından oyulması sonucunda da "yerköprü" olarak adlandırılan mağaralar gelişir. Akarsuyun akış yukarı ve akış aşağı kesimlerindeki uçları açık olan yerköprülerin oluşumlarında karbonat çökeltimi ile nehir tarafından fiziksel aşınım süreçleri aynı anda gerçekleşir. Bu tür bir gelişimde genellikle yerköprü'nün akarsuyun akış aşağısı tarafında çağlayanlar yer alır. Konya'ya bağlı Hadim ilçesi yakınlarındaki Göksu Nehri üzerinde bulunan "Hadim Yerköprü", Ermenek Çayı üzerindeki "Mut Yerköprü" ve Aladağlar yakınlarında Zamantı Nehri üzerinde bulunan üç adet yerköprü bu tür mağaraların en karakteristik örneklerini oluştururlar (Şekil 5).

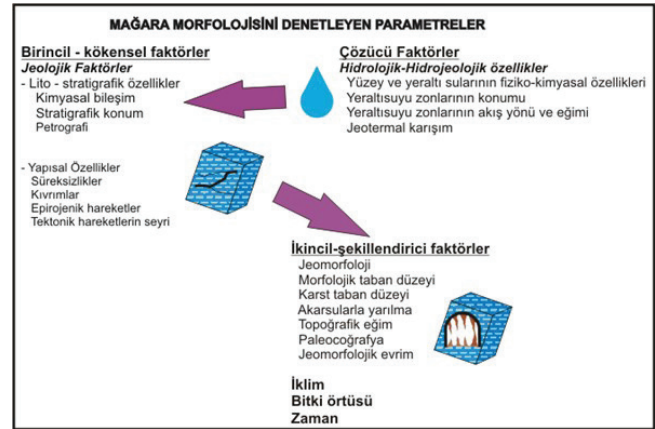
Dünyada en yaygın mağara grubunu, karstik mağaralardan "ikincil mağaralar" oluşturur (Şekil 3). Kilometrelerce uzunluk ve yüzlerce metre derinliğe ulaşabilen bu tür mağaralar; çözünebilir kayaların oluşumlarından sonra, yeraltı suları tarafından bir dizi fiziko-kimyasal süreçlerle

aşındırılması sonucu meydana gelirler. Ülkemizin yaklaşık %40'unu oluşturan karbonatlı ve sülfatlı kayaların yer aldığı bölgelerde (5 ve 6) yaygın olarak gelişen bu tür mağaralara "karstik mağara" adı verilir.



Şekil 5: Traverten çökeltimi ve akarsu aşındırması sonucu gelişen Hadim Yerköprü Mağarası.

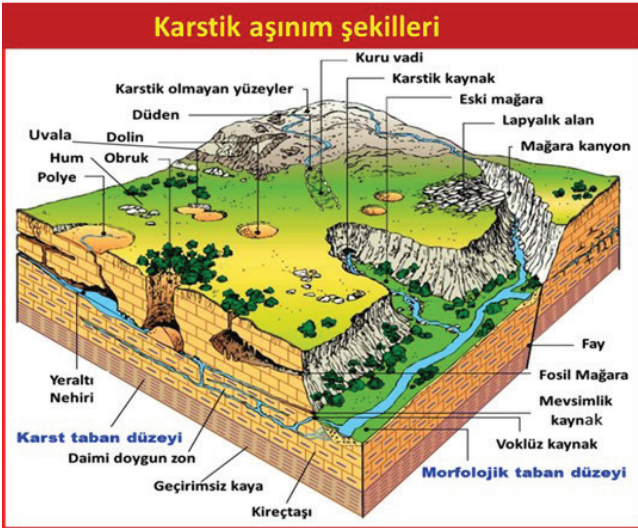
Karstik mağaraların gelişimlerinde karstlaşma genelinde etkili olan faktörlerin tamamının veya büyük bir bölümünün etkisi vardır. Kısa mesafeler dâhilinde büyük değişiklikler gösteren bu faktörlerin baskınlık dereceleri ve karşılıklı etkileşimleri sonucu, fiziksel ve kimyasal gelişim özellikleri değişkenlik gösteren mağaralar gelişerek şekillenirler (Şekil 6).



Şekil 6: Mağaraların gelişiminde belirleyici olan parametreler (3).

Yeryüzünün yaklaşık %15'i erimeye uygun karbonatlı (kireçtaşı, dolomit, mermer) ve sülfatlı (jips) kayalardan oluşmuştur (8). Yeraltında, mağaraların geliştiği alanlar da dâhil edilecek

olursa bu oranın %20'leri geçeceği şüphesizdir. Bu kayaların yerüstü ve yeraltıları tarafından çözümleri sonucu, yeraltında ve yerüstünde ilginç ve karakteristik şekiller meydana gelmektedir (Şekil 7). Büyüklüklerine göre polye (gölova ya da dağarası ova) (Şekil 8), dolin (koyak), uvala, düden (subatan), obruk, lapyta, mağara olarak adlandırılan ve insan yaşamını doğrudan etkileyen bu şekillere "karst topoğrafyası", oluşum süreçlerinin tümüne de "karstlaşma" adı verilir (9). Karstlaşma yeryüzünü oluşturan diğer topoğrafyalardan (akarsu, buzul, rüzgâr, volkan, kıyı jeomorfolojileri) farklı olarak birbirine bağlantılı büyük bir sistem halinde yeraltında da gelişir. Bu nedenle yüzeydeki herhangi bir karstik şekil ile mağaraların gelişimlerini birbirinden ayrı tutmak mümkün değildir.



Şekil 7: Çözülmeye uygun kayalarda yüzeyde ve yeraltında meydana gelen karstik şekiller (7).

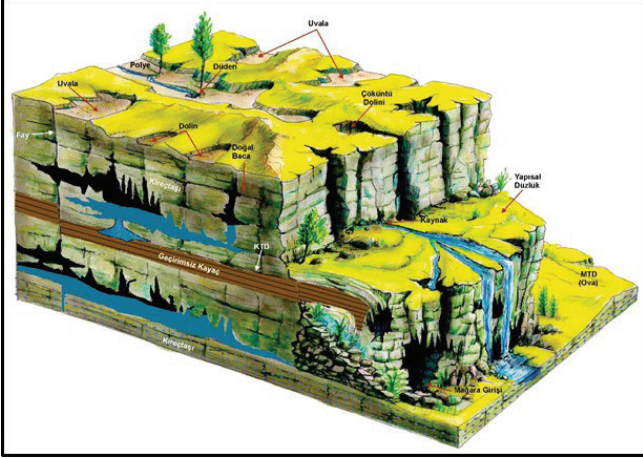


Şekil 8: Makro karstik şekillerden olan polyeler yüzey karstının en karakteristik yapılarından a) Akseki'de Göktepe Polyesi, b) Konya-Derebucak Kembo Polyesi

Karstlaşmayı başlatan ana etken çözücü olan sudur (Şekil 6). Suların fiziko-kimyasal özellikleri çözünmede birinci derecede belirleyicidir. Özellikle sıcaklık ve çözülmüş karbondioksit (CO_2) içeriği son derece önemlidir. Genelde olağan atmosferik koşullarda sınırlı ölçüde çözünen karbonatlı kayalar CO_2 'ce zengin suların etkisiyle daha kolay ve daha fazla çözünürler. Son derece çözücü olan ve kayaların kırık ve çatlakları boyunca ilerleyen CO_2 'li yeraltısularının yatay ve düşey doğrultudaki hareketleri sınırsız boyutta değildir. Bu suların düşey yönde ulaşacağı derinliğini belirleyen temel faktör çözünebilir kayaların altında bulunan "karst taban düzeyi (KTD)" konumundaki erimesiz kayalar ile bölgenin genel jeomorfolojik gelişimini kontrol eden dağ içi ovası, göl ve deniz düzeyi ile deniz kıyısı boyunca gözlenen tatlısu-tuzlusu temas yüzeyinin meydana getirdiği "jeomorfolojik taban düzeyi (MTD)"dir (3, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15). Kıyı bölgelerinde oluşan tatlısu-denizsu temas yüzeyi, karanın iç kesimlerine doğru deniz düzeyinin altına inerek ilerlemektedir. Ülkemizin Akdeniz kıyılarında yaygın olan denizaltı mağaraları bu tür gelişime sahiptirler. Denize doğru yeraltısuyu boşalması durumunda "jeomorfolojik taban düzeyi" olan deniz seviyesinin bir miktar altında karstlaşma oluşabilmektedir

Topoğrafik yüzey ile karst taban düzeyi arasında gelişen hidrolojik kuşaklar ve bu kuşakların birbirlerine göre bağlı konumları; mağaraların genel gelişim yönlerini, büyüklüklerini (uzunluklarını ve özellikle derinliklerini) ve damlataşların

şekil ve biçimleri ile mağara havasının özelliklerini belirler. Bu düzeyin geçici morfolojik taban düzeyinden derinlerde bulunduğu bölgelerde; gerek havalandırma kuşağı (vadoz zon) ve gerekse daimi doymun zon (freatik zon) ile bu zonun beslenmeye bağlı olarak hem yatay hem de düşey yönde alçalıp-yükseldiği oynama zonu (salınım zonu) gelişir (14 ve 16) (Şekil 11).



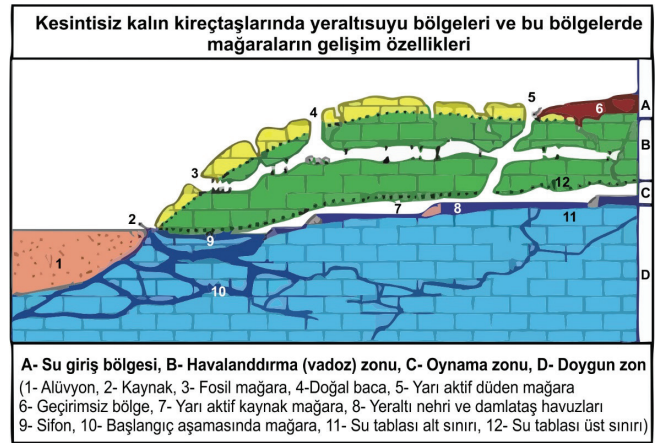
Şekil 9: Çözünmeye uygun kayalar arasında bulunan karst taban düzeyi konumundaki erimesiz kayaların yüzeye olan derinlikleri karstlaşmanın derinliğini belirler. Bu kayaların yüzeye yakın olduğu alanlarda sığ karst gelişir (3, 4 ve 10).

Karst taban düzeyinin yüzeye yakın olduğu alanlarda sığ yüzeysel karst (geniş polyeler veya gölovalar, uvalalar ve büyük dolinler) meydana gelir. Bu sığ karstik bölgelerde derinliği fazla olmayan, düden veya kaynak konumlu yatay veya az eğimli mağaralar yaygınlık gösterir (3, 5, 6, 10, 17 ve 18) (Şekil 9, 10 ve 11).



Şekil 10: Erimesiz kayalar üzerinde sığ karstın karakteristiği olan yatay mağaralar gelişir (Beyyayla Düdeni, Eskişehir).

Daimi doymun zonun su kalınlığını belirleyen diğer önemli bir faktör, geçici karst taban düzeyi ile morfolojik taban düzeyi arasındaki yükselti farkıdır. Genel olarak yüzeyden doymun su zonuna kadar olan havalandırma kuşağında, dikey veya çok eğimli mağaralar gelişir. Bu tip mağaralarda suların kayaları kimyasal olarak çözmesinin yanı sıra, hızlı su akışından dolayı sürtünme ile oluşan fiziksel aşınımı karakterize eden dev kazanlar ve baca şekilli galeriler meydana gelir. Bu bölgelerde genel olarak damlataş oluşumu görülmez. Buna karşılık, geçici karst taban düzeyleri üzerinde gelişen salınım bölgesine (oynama kuşağına) yaklaştıkça hidrolik gradyan azalmakta yeraltısularının hareketi yatay doğrultuya dönüşmektedir. Yeraltısuyu seviyesinin yağışlara bağlı olarak alçalıp-yükseldiği bu salınım bölgesinde, genel olarak uzun ve yatay mağaralar gelişir. Özellikle tavanlarında ve su yüzeylerinin hemen üzerinde karakteristik damlataşların yoğunlaştığı bu tür mağaraların tavan yükseklikleri, oynama zonu yüksekliğine bağlı olarak genellikle daha alçak olur (11, 16, 17 ve 20) (Şekil 7, 9, 11 ve 24). Oynama kuşağında gelişen mağaraların bir diğer önemli özelliği seviyesi alçalıp-yükselen yatay akışı karakterize eden damlataş havuzlarının yoğunluğudur. Alçalıp-yükselme arasındaki yükselti farkı damlataş havuzların derinliğini belirler (Şekil 11, 24, 27 ve 28).



Şekil 11: Kesintisiz olarak büyük kalınlıklara ulaşan karstik kayalar içinde gelişen yeraltısuyu bölgeleri ve buralardaki mağaraların gelişim özellikleri (3 ve 4 den değiştirilmiştir).

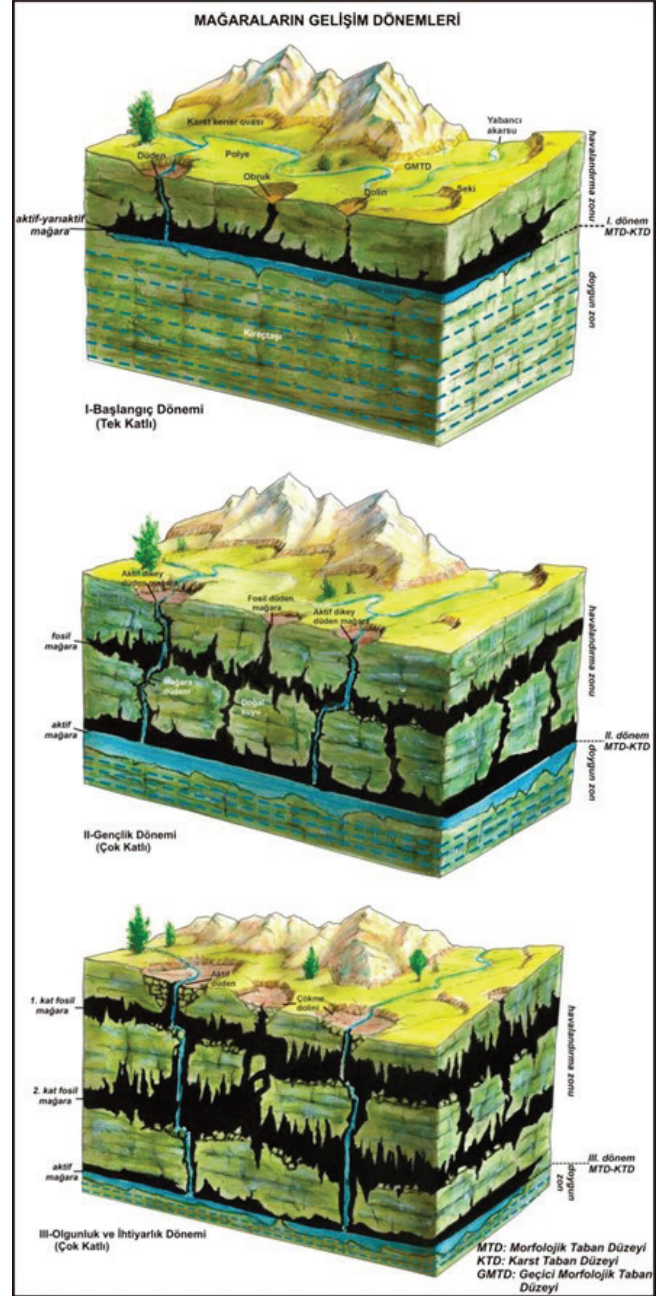
Karst taban düzeyinin, genel morfolojik taban düzeyinin hemen üzerinde bulunduğu bölgeler-

de, genellikle yatay uzanımlı gelişen mağaralar (Şekil 15), tektonik hareketlere bağlı taban düzeyi değişimlerinin yarattığı jeomorfolojik gençleşmelere lito-stratigrafik özellikleri nedeniyle ayak uyduramadıklarından, tek dönemli gelişim özelliği gösteren şekil ve yapılar sahiptirler (3, 10 ve 21) (Şekil 9 ve 10). Gelişimlerinde tektonik hareketlere bağlı yükselimlerden çok iklim değişikliklerinin belirleyici olduğu bu tip bölgelerde bulunan mağaralarda normal gelişimin karakteristiği olan derine büyümenin tersine, tavan çökmelerine bağlı olarak, yukarı doğru gelişim başlar. Gelişimlerinin "ihtiyarlık aşaması" nı karakterize eden bu dönemle birlikte mağaralar parçalanarak yok olurlar.

Aralarında karst taban düzeyini oluşturan geçirimsiz birimlerin bulunmadığı kalın karbonatlı kayalar içinde yeraltısuları çok derinlere kadar ilerleyebilirse de bu hareket sınırsız değildir. Düşey doğrultudaki su hareketini, jeomorfolojik gelişimi karakterize eden geçici morfolojik taban düzeyi konumunda olan göl, dağ içi ova ve nihai olarak deniz düzeyi belirler. Karstik gelişim, deniz seviyesinde tektonik ve/veya doğal deniz seviyesi değişimi hareketlerine bağlı herhangi bir değişiklik olmadığı sürece sınırsız ve kesintisiz olarak devam eder. Bu tür bölgelerde çok dönemli-çok kökenli gelişimi karakterize eden şekil ve yapıların oluştuğu derin-yoğun karst (holo karst) meydana gelir. Yüzey ve yeraltısında gelişen ve birbirleriyle bağlantılı büyük bir sistem oluşturan bu karstlaşmanın en karakteristik şeklini çok katlı veya üst üste mağaralar oluşturur. Büyük derinlik ve uzunluğa sahip olan bu mağaraların yatay ve düşey yöndeki gelişimlerini morfolojik taban düzeyleri ve bunların değişimleri (alçalma veya yükselme) kontrol eder (Şekil 11, 12 ve 13).

Aralarında çözünmeyen (erimesiz) birimlerin bulunmadığı kalın karbonatlı kayaların bulunduğu karstik alanlarda yeraltına giren sular, bölgenin lito-stratigrafik ve yapısal özelliklerine bağlı olarak havalandırma kuşağı boyunca düşey yönde yüksek akış hızı ile tipik olan türbülanslı akımla ilerlerler. Bu sırada geçtikleri bölgelerdeki kayaların yarık ve çatlaklarını fiziksel ve kimyasal süreçlerin denetiminde aşındırarak genişletirler. Mağara gelişiminin "başlangıç evresi" ni oluşturan bu aşamada kuyu şekilli dikey mağaralar ge-

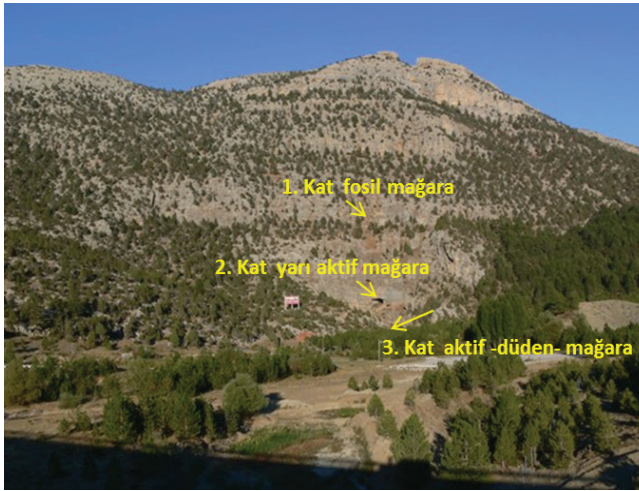
lişir (Şekil 12). Bu tür bir gelişim morfolojik taban düzeyine kadar devam eder. Havalandırma kuşağının sona erip daimi doymun kuşağın başladığı bölgede yeraltısularının düşey yöndeki hareketi sona ererken, düşük akış hızı ile tipik olan daha sakin ve laminer karakterli yatay akım başlar.



Şekil 12: Kalın karbonatlı kayalar içinde kesintisiz karstlaşma ve mağaraların gelişim aşamaları (3, 9 ve 10).

Mevsimlere bağlı olarak yeraltısuyu seviyesinin değiştiği daimi doymun kuşağın üst bölümünü oluşturan oynama bölgesinde su hareketi derinlere nazaran daha hızlıdır. Yeraltısuyu hareketinin hem yatay (laminer akım), hem de düşey (türbü-

lanslı akım) yönde geliştiği oynama kuşağı, uzun yatay mağaraların geliştiği önemli yeraltısuyu bölgesidir. Mağaranın uzunluğu, oynama zonu- nun genişliği kadar; morfolojik taban düzeyinin duraylılığına da bağlıdır. Bu düzeyin duraylılığını ise tektonik hareketler ile deniz düzeyi değişimleri belirler. Bölge tektonik bakımdan sakin olduğu sürece mağara gelişimi de o kadar uzun süre devam eder ve sonuçta da sistemler halinde, büyük mağaralar gelişme olanağı bulur. Mağaranın tavan yüksekliğini ise oynama kuşağının kalınlığı (yeraltısuyu seviyesinin en alçak ve en yüksek olduğu düzeyler arasındaki yükseklik farkı) belirler. Bu bölgede bulunan mağaraların tavanlarında zengin damlataşları ve tabanda ise birbiri arkasına oluşmuş damlataş havuzları gelişme olanağı bulur. Buna karşılık, daha derinlerde bulunan doymun zonda ise mağara uzanımına dik enine kesitli elips şekilli freatik tüpler (veya boşluklar) gelişir. Damlataş çökeliminin gelişemeyeceği bu freatik tüpler, mağara gelişiminin “başlangıç aşaması”nı karakterize ederler. Bölgenin tektonik hareketlerle yükselmesi ve buna bağlı olarak doymun zonun alçalması durumunda elips şekilli bu ilksel boşluklar suya batık (doymun) koşullardan kurtulup, havalandırma kuşağı koşullarına geçer ve boşluklar içinde damlataş çökelimi başlar (Şekil 11 ve 12).



Şekil 13: Kalın kireçtaşları içinde bölgesel yükselme bağlı olarak çok katlı mağaralar gelişir (Tınaztepe Mağaralar Sistemi, Seydişehir-Konya).

Ülkemiz gibi tektonik hareketlerin yoğun olarak yaşandığı bölgelerde morfolojik taban düze-

yinin ya da buna bağlı olarak yeraltısuyuna doymun kuşakların, konumlarını uzun süre koruması mümkün değildir. Jeomorfolojide “gençleşme” olarak adlandırılan ve taban düzeyinin alçalmasına bağlı olarak yüzey ve yeraltısularının aşındırma gücünün yeniden arttığı bu yeni aşamada, mağara gelişimi farklı bir seyir izler (çok dönemli gelişim). Birinci taban düzeyine göre oluşan mağaralar havalandırma kuşağında kalırlar. Yarı aktif/fosil konumda olan ve damlataş çökeliminin başladığı bu yeni aşamada ikinci kat mağaralar gelişmeye başlar (Şekil 12, 13 ve 14). Bu farklı dönemlerde oluşmuş mağara katları arasındaki yükseklik miktarı düşey tektonik hareketlerin atım miktarına bağlıdır. Başka bir deyişle, herhangi bir karstik bölgede meydana gelen tektonik hareketlere bağlı olarak oluşan taban düzeyi sayısı kadar mağara katı meydana gelir (16). Bu tür bir gelişim bölgenin aşınarak tamamen düzleşerek, aşınım yüzeylerinin geliştiği olgunluk aşamasına kadar devam edebilir. Jeomorfolojik olarak “ihtiyarlık dönemi”nin yaşandığı bu en son aşamada fosilleşmiş, tek bir mağara katı görülür.

	Gençlik dönemi (freatik kuşak)	Yeniden gençleşme (freatik + vadoz kuşak)	Olgunluk (vadoz kuşak)	Ihtiyarlık (vadoz kuşak)	
Som kireçtaşı					I
İnce tabakalı kireçtaşı					II
Eğimli kireçtaşı					III
Eğimli kireçtaşı					IV
Dikleşmiş kireçtaşı					V
Bol çatlaklı kireçtaşı					VI
	a	b	c	d	

Şekil 14: Mağaraların gelişim dönemleri ile içinde buldukları kayaların tabaka özelliklerini ilişkilendiren tipik enine kesitler (4, 9 ve 21).



Şekil 15: Erimesiz kayalar içinde gelişen sığ karstın karakteristiği olan ve içlerinde yeraltı ırmakları ve göller bulunan yatay uzanımlı mağaralar a) Ayvaini Mağarası, Bursa-Mustafakemalpaşa b) İnsuyu Mağarası, Burdur.

Mağaraların gelişiminde etkili olan faktörlerin baskınlık dereceleri ve birbiriyle olan ilişkileri ile bunların zaman içindeki değişimleri, mağaraların enine kesit ve boyuna profillerinin morfometrilerinde son derece belirleyici olurlar (Şekil 14). Herhangi bir mağaranın başlangıç evresinden ihtiyarlık aşamasına kadar geçirdiği gelişim dönemlerini ve mağaranın oluştuğu kayaların tabakalanma özelliklerini, mağaraların enine kesitlerinde görmek mümkündür (Şekil 14, 16 ve 17).

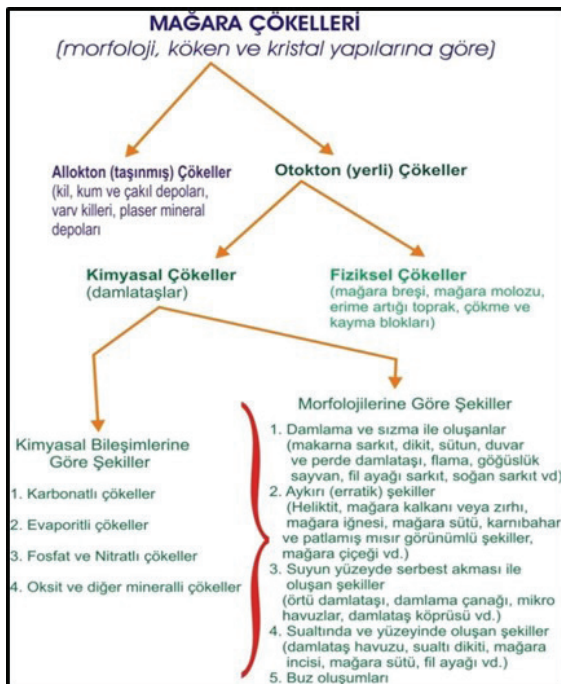


Şekil 16: Mağaraların enine kesitleri kayaların lito-stratigrafik ve yapısal özellikleri ile mağaraların gelişim aşamalarını karakterize eden profillere sahiptirler a) Düzce Çamlı Mağara, b) Sinop İnalıtı Mağarası



Şekil 17: Karstik kayaların tabakalanma özellikleri mağaraların enine ve boyuna gelişimlerini belirlerler. a) Yatay tabakalanma içinde gelişmiş mağaralar, Ermenek Çayı kuzey yamacı, b) konglomeralar içinde gelişmiş Konya-İmrenler Mağaraları

Mağaralar tekdüze boşluklar değildirler. İçleri değişik şekil, boyut ve renkte, başlangıç evresinden fosilleşme aşamalarına kadar farklı gelişim dönemlerinde meydana gelmiş çökellerle kaplıdır. Mağara ekosisteminin en önemli ve kırılgan unsurunu meydana getiren bu çökeller mağara gelişiminin ikinci döneminde (gençlik aşaması) oluşmaya başlarlar (3, 17 ve 19). Sürekli doygun su kuşağında (D zonu) bulunan bölgelerde suların kayaları çözmesiyle oluşan ilksel mağara boşlukları, tektonik hareketlerle bölgenin yükselmesi, deniz düzeyi veya iklimdeki değişiklikler nedeniyle bütünüyle veya kısmen yeraltısuyuna doygun zonun dışında kalarak havalandırma veya yeraltısuyu tablası salınım kuşağına geçerler. Bu aşamada mağara içi çökel oluşumu başlar. Çökelen malzemelerin boyut, cins, renk ve kimyasal özellikleri, mağara boşluğunun büyüklüğü, mağara içi ve mağara dışının iklimi, yeraltısuyunun fiziko-kimyasal özellikleri ile yeraltısularının geçtikleri bölgedeki kayaların kimyasal bileşimine bağlı olarak değişiklik gösterirler (Şekil 18).

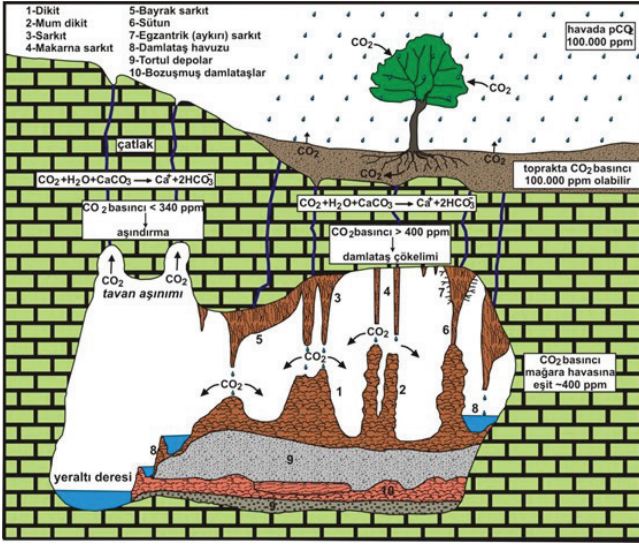


Şekil 18: Mağara çökellerinin sınıflandırılması (3 ve 17).

Mağara çökelleri oluşum ve gelişim özellikleri ile çökdikleri yerlere göre; fiziksel ve kimyasal çökeller olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar (3 ve 17) (Şekil 18). Yüzeydeki düdenler (subatanlar) veya yeraltının değişik bölgelerinden gelen suların beraberlerinde mağaraya getirdikleri çökeller ile mağara içindeki fiziksel parçalanmalar sonucu oluşan çökelere "fiziksel çökeller" denir. Kil depoları, kum ve çakıl depoları, mağara molozu, çökme ve kayma blokları, birikim toprakları ile mağaradaki geçmiş yaşamı karakterize eden kültür toprakları, karakteristik fiziksel çökellerdir.

İnsanın hayal gücünü zorlayan şekil, boyut, renk ve desenlerde olabilen kimyasal çökeller; mağaraların gerçek görsel zenginliklerini oluştururlar (Şekil 1, 19 ve 20). Damlatış veya akmatışı olarak adlandırılan bu çökeller; geçtikleri bölgelerdeki kayaları eritmeleri sonucu, çoğunlukla karbonat ve sülfatlar ile yer yer de fosfat, nitrat ve oksitlerce doygun olan yeraltısularının, bu yüklerini mağaraların tavan, duvar ve tabanında çö-

keltmeleri sonucu meydana gelirler (Şekil 1, 15, 20, 22, 23, 24, 25, 26 ve 27). Ancak her mağarada damlataş çökelişi gerçekleşmez. Kimyasal mağara çökellerinin büyük bir bölümü karbonatlı ve yer yer de sülfatlı çökellerdir. Mağaraya ulaşan yeraltısularının içerdiği karbondioksit miktarının, mağara atmosferi ile kimyasal dengedeki bir suyun içerebileceği karbondioksit miktarının üzerinde olması durumunda fazla karbondioksit suyun bünyesinden atılır ve karbonat minerali içeren damlataş (ya da akmataşı) çökelim olur. Tersi durumda ise özellikle mağara tavanlarında, CO₂ aşınma yapıları öne çıkar (Şekil 19).



Şekil 19: Damlataşların oluşum ve gelişimlerinde mağaraya gelen suların CO₂ basıncı ile mağaradaki suyun dengede bulunduğu CO₂ basıncı arasındaki oran belirleyicidir. Mağaradaki suyun dengede bulunduğu CO₂ basıncı mağaraya gelen suyun CO₂ basıncından düşük ise mağaraya gelen su, damlataş/akmataşı çökeltir (şeklin sağ bölümü). Aksi durumda ise, mağaraya gelen su özellikle tavanda çözünmeye (CO₂ korozyonu) neden olur (şeklin sol bölümü).

Biçim, boyut, renk, desen, konum ve yoğunlukları mağaradan mağaraya değişiklikler gösteren kimyasal çökeller yeraltısularının mağaraya giriş şekli, mağaradaki hareketleri ve damlataşların morfolojilerine göre beş gruba ayrılırlar (Şekil 18) (3 ve 17).

Bu gruplar; 1) damlama ve sızma ile oluşan genellikle sarkıt ya da dikit şeklindeki çökelleri, 2) çok farklı yönlerde gelişim gösteren aykırı (erratik)

çökelleri, 3) suyun mağara yüzeyindeki yaygın akışı sırasında oluşan çökelleri, 4) su altında ya da yüzeyinde oluşan çökelleri ve 5) buz çökellerini içermektedir.



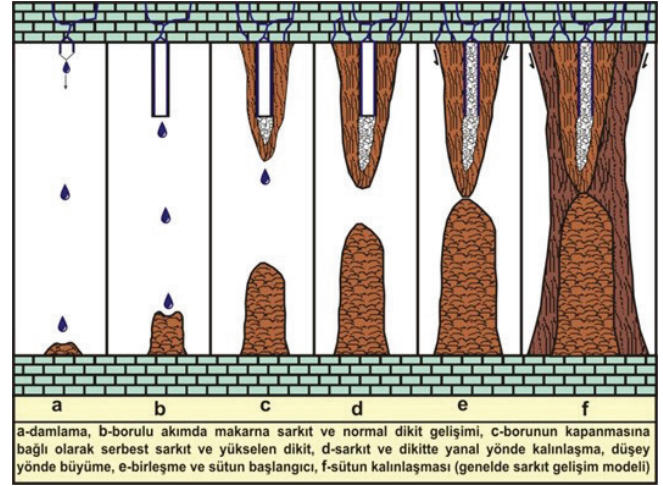
Şekil 20: Mağaralara karakteristiğini veren oluşum ve gelişim özellikleri farklı damlataşlar a) Zonguldak Gökgöl Mağarası, b) Kırklareli Dupnisa Mağarası.

Yoğun karbonat yüklü yeraltısularının mağara boşluklarına ulaştıklarında kayaların çatlak sistemi ve tabakalanma özelliklerine bağlı olarak damlalar şeklinde akmaları veya duvardan sızmaları ile damlama ve sızma ile oluşan damlataşları meydana gelir. Sarkıt, dikit, sütun, duvar damlataşları, göğüslük, sayvan, soğan sarkıt, fil ayağı sarkıt ve mantar tipindeki dikitler bu grupta yer alırlar.

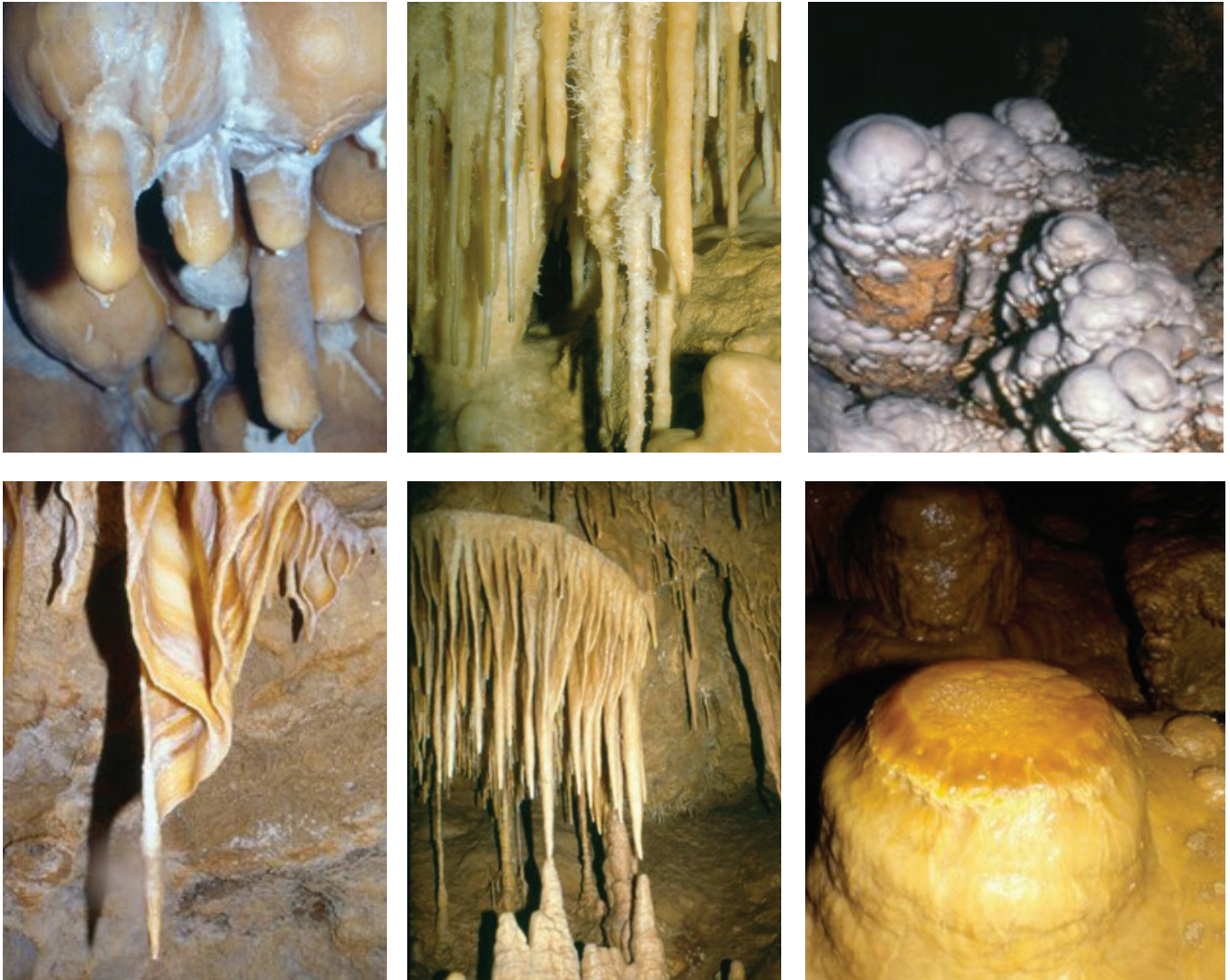
Mağaraya ulaşan suların en yaygın olarak oluşturduğu çökel tipi sarkıtlardır (Şekil 21, 22, 23). Tavandaki çatlaklardan damlayan sulardan bir kısım karbondioksitin serbest hale geçmesiyle, tavanda ince bir yarı küre şeklinde karbonat çökeltir. Başlangıçta içi boş tüpler şeklinde gelişen saydam ve son derece kırılğan olan ve sarkıt gelişiminin başlangıcını oluşturan bu çökeltilere

“makarna sarkıt” adı verilir. Yerçekimine bağlı olarak düşey yönde gelişen makarna sarkıtlarının içindeki kanalın tıkanması veya su akımında küçük bir değişikliğin olması durumunda sarkıt gelişiminin ikinci evresi başlar (Şekil 21). Bu aşamada damlalar çökelin içindeki boru şeklindeki boşluktan değil dış yüzünden akarlar. Böylece dikey ve yanal yönde çökelim birlikte gerçekleşir. Dış yüzeylerinde genellikle yüzeye paralel olarak gelişen büyüme tabakalarının enine kesitleri iç içe halkalar şeklindedir. Genel olarak 10-15 metre uzunluk ve 2-4 metre çapa kadar ulaşabilen sarkıtlar değişik şekillerde (boru, havuç, soğan, fil ayağı gibi) olabilirler (Şekil 22, 23 ve 24). Tavan ve yan duvarlardan damlayan veya sızan suların meydana getirdiği başka bir çökel tipini “duvar damlataşları” oluşturur. Kaya tabakalarının duvar veya tavana doğru eğimli olduğu mağaralarda suların sızması veya akması ile düşey doğrultuda

gelişen duvar damlataşları şekillerine göre perde damlataşı ve bayrak damlataşı olarak adlandırılırlar.



Şekil 21: Sarkıt, dicit ve damlataş sütunlarının gelişim aşamaları.

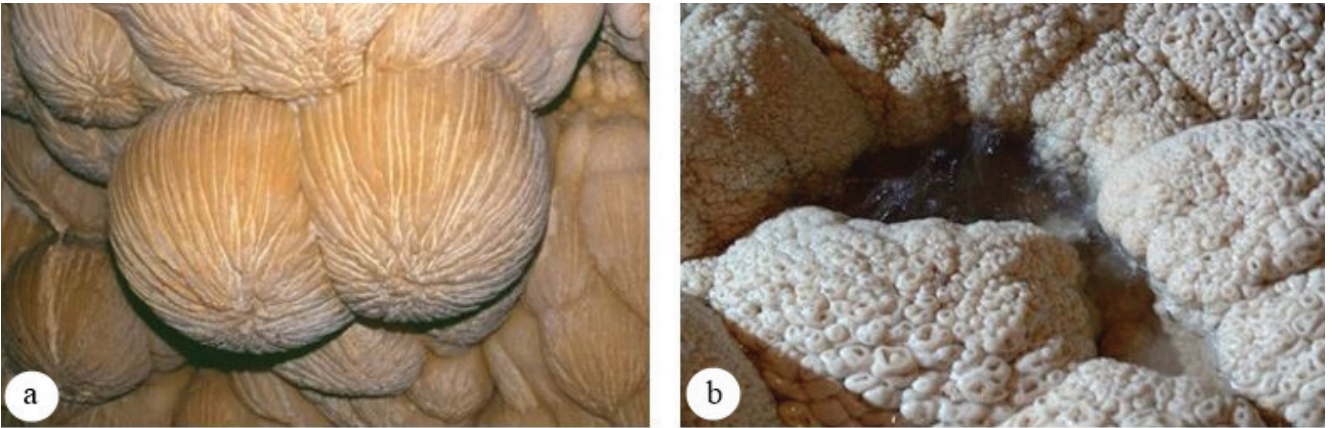


Şekil 22: Oluşum ve gelişimleri farklı çeşitli tipteki damlataşlar.



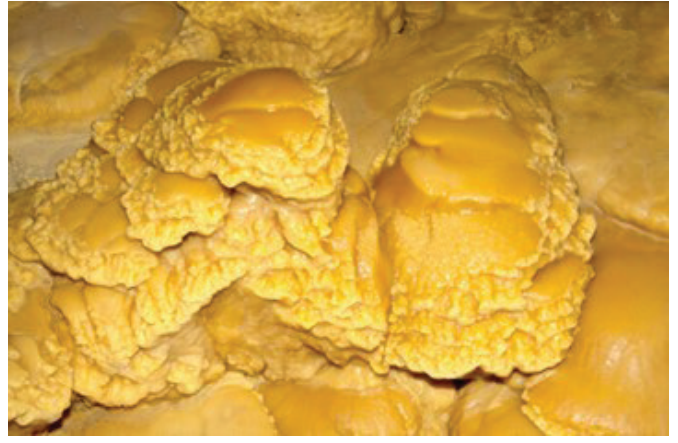
Şekil 23: Sarkıt, dikit ve sütunlar.

Mağara tavanından damlayan suların mağara tabanında meydana getirdiği yukarı yönlü gelişen damlataş çökellerine “dikit” adı verilir. Genel olarak bir sarkıttan süzülerek akan sular; buharlaşma ve CO₂ kaybı nedeniyle, tabana düştükleri noktalarda da çökeliyorlar. Damlama sonucu sızarak yayılan suların damlama noktası çevresindeki karbonat çökelişini üst üste devam ederek dikitleri oluşturur (Şekil 21). Dikitler, sarkıtlara oranla daha büyük olmalarına karşın merkezi tüplerden yoksundurlar. Ayrıca sarkıtlar gibi ışınal büyümeyizler. Sarkıt ve dikitler gelişimlerini sürdürdüklerinde belirli bir zaman sonra birleşerek “damlataş sütunu” veya “mağara kolonları”nı oluştururlar (Şekil 1, 19 ve 23). Bu tip çökellerin çapları yer yer 10 metre ya da daha fazla olabilir. Mağaranın tabanından tavanına uzanan sütunların merkezlerinin üst bölümleri sarkıt, alt bölümleri ise dikit yapısındadır (Şekil 21). Bununla birlikte, birleşmeden sonra tüm yüzeyi tavandan sızan veya damlayan suların etkisinde kalır ve sarkıt gelişimine döner.



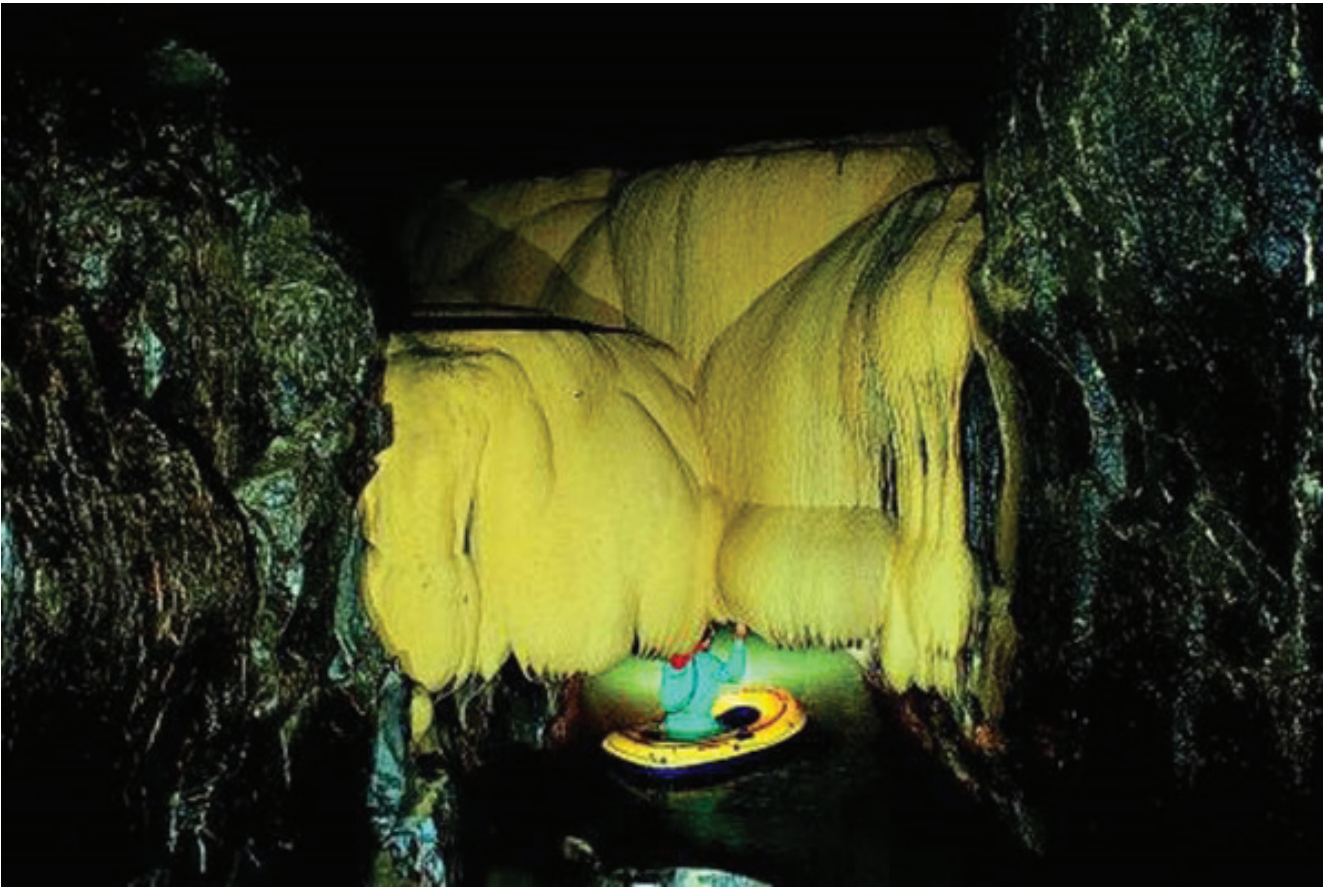
Şekil 24: Solda soğan sarkıtlar (Tokat, Ballica Mağarası), sağda termal yeraltısuyundaki sülfürle beslenen bakterilerin etkisi ile gelişmiş damlataşlar (Denizli, Kaklık Mağarası).

Mağaranın tavanından damlayan veya yan duvarlardan sızarak tabanda yayılan suların oluşturduğu çökeller, bazı mağaralarda geniş yer kaplarlar. Bunlardan en önemlisi “örtü damlataşı” veya “akmataşı”dır. Su akışının yavaş olduğu mağaraların tabanında çökeltme düzlemine dik yönde gelişen kalsit kristallerinin yan yana gelmesi ile belirgin bir kabuk şeklinde örtü damlataşları gelişir. Akım hızı arttıkça bunların kalınlığı ve yanal devamlılıkları da azalır.

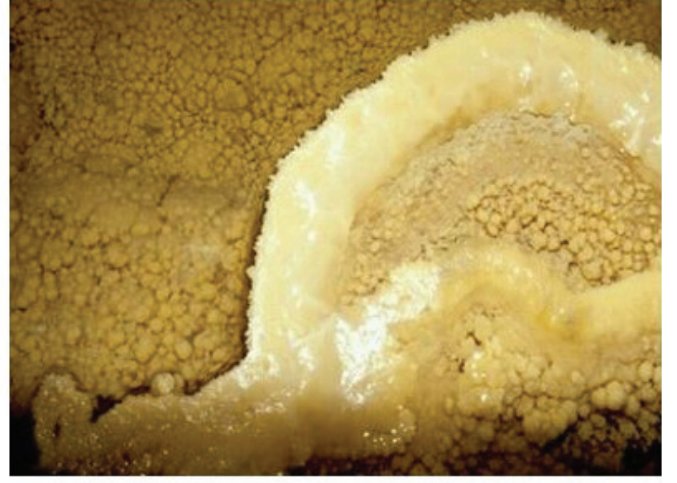


Şekil 25: Mağara tabanında gelişen farklı damlataşlar.

Taban eğimi düşük mağaralardaki durgun veya çalkantılı gölcükler ile hafif akışlı ve su derinliği az olan yeraltı derelerinin tabanında, yan duvarlarda ve su düzeyindeki taşma kenarlarında meydana gelen karbonat çökelleri de mağaralarda sıkça görülen çökel tiplerini oluştururlar. Bu şekillerden “damlataş havuzları” içlerinde sürekli ya da mevsimlik yeraltı deresi barındıran mağaralarda gelişirler. Derinlikleri, birkaç santimetreden 4-5 metreye kadar ulaşabilen havuzların genişlikleri ise mağara genişliğine bağlı olarak 40-50 cm den 15-20 metreye ulaşabilmektedir (Şekil 27 ve 28). Su altında ve su yüzeyinde oluşan çökellerin diğer önemli tiplerini mağara incisi, mağara taşı, mağara sütü veya mağara tufü, akıntı taşları, mağara köprüleri, yüzer kalsit veya kalsit zarı gibi çökeller oluşturur (Şekil 25, 26, 28).



Şekil 26: Mağarada damlataş köprüsü (Zonguldak, Cumayanı Mağarası).



Şekil 27: Genellikle salınım zonu mağaralarında meydana gelen değişik büyüklükteki damlatış havuzları
a) Antalya-Akseki, Altınbeşik Mağarası b) Karaman-Taşkale, İncesu Mağarası



Şekil 28: Mikro damlatış havuzları ve bunların içinde gelişmiş mağara incileri.

Yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı biçimde yüzeyden derinlere süzülen sular tarafından gerçekleştirilen çözünme “epijenik” (yüzey kökenli) karstlaşma olarak adlandırılırken, derinlerden yükselen çözeltilerin neden olduğu çözünme “hipojenik” (derin kökenli) karstlaşma olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda ülkemiz de dahil olmak üzere dünyanın çeşitli bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen veriler karstlaşmaya bağlı boşlukların oluşmasında yer kabuğunun derin bölümlerinden yükselen asidik çözeltilerin de etkili olduğunu göstermiştir. Hipojenik karstlaşma ve buna bağlı mağara oluşumu çoğunlukla jeotermal açıdan aktif bölgelerde derinlerden yükselen karbondioksitce zengin ve sıcak suyun yüzeye yakın kesimlerde karbonatlı mineralleri çözmesi sonucunda gerçekleşmektedir. Magma ve kabuktaki radyoaktif bozunmadan kaynaklanan ısı ile ısıtılan sular, oluşan düşük yoğunluk nedeniyle yer yüzeyine yükselmekte ve akış yolları boyunca, derinlerden yüzeye doğru çözünmeye neden olmaktadır. Mevcut veriler Lechuguilla Mağarası ve Carlsbad Mağarası (ABD) gibi büyük mağara sistemlerinin ve ülkemizde Konya Kapalı Havzasında yaygın biçimde karşılaşılan ve “obruk” olarak anılan karstik çökme yapılarının hipojenik karstlaşma ürünü olduğunu göstermektedir. Hipojenik karstlaşma artezyen nitelikli soğuk yeraltısularının yüzeye yükselmesi sonucunda jips gibi eriyebilir minerallerin çözünmesi sonucunda da oluşabilmektedir. Hipojenik karstlaşma sonucu oluşan mağaralar ve bunlar içindeki çökeller devasa büyüklüklere ulaşabilmektedir.

Değinilen Belgeler

- (1) Bayarı, S., ve Özyurt, N., 2005. Mağara Çökellerinden Geçmiş Ortam Koşullarının Belirlenmesi. Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 19-29, Beyşehir.
- (2) Taşkıran, H., 2003. Mağaraların Prehistorik Arkeoloji açısından önemi. Mağara Ekosisteminin Türkiye’de Korunması ve Değerlendirilmesi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 75-82, Alanya.
- (3) Nazik, L., 2005. Mağara Nedir, Nasıl Oluşur? Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s. 1-18, Beyşehir.
- (4) Nazik, L., 2008. Mağaraların Araştırılma, Koruma ve Kullanım İlkeleri. MTA Yayını, Yerbilimleri ve Kültür Serisi, No.2, 118 s., Ankara.
- (5) Nazik, L. ve Tuncer, K., (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. Türk Speleoloji Dergisi Sayı 1, 9-17.
- (6) Nazik, L. ve Poyraz, M., 2017. Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. Türk Coğrafya Dergisi, sayı 68, s. 43-56.
- (7) Nazik, L., 2016. Karst Jeomorfolojisi Araştırma Yöntemleri. Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler, Editörler: N. Özgen ve S. Karadoğan, Pegem Akademi Yayını, s. 123-147, Ankara.
- (8) Jennings, J., N., 1985. Karst Geomorphology. 2.nd ed-Blackwell.
- (9) Erinç, S., 2010. Jeomorfoloji-II. Güncelleştirilmiş 3. Baskı, DER Yayınları, İstanbul.
- (10) Bauer, E. W., 1971. The Mysterious World of Caves. Collins Publishers, Franklin Watts, Inc., New York.
- (11) Ford, D., Williams, P., 2007. Karst Geomorphology and Hydrology. Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England and Hall.
- (12) Gillieson, D., 1996. Caves: Processes, Development and Management. Blackwell Publishers Ltd. UK.
- (13) Klimchouk, A., 2007. Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective. National Cave and Karst Research Institute Special Paper No.1, Carlsbad, NM, USA, 106 pp

- (14) Moore, G. W. and Sullivan, N., 1997. Speleology-Caves and the Cave Environment. St. Louis, Cave Books, 3rd. ed., 176 p.
- (15) Sweeting, M., M., 1973. Karst Landforms. Columbia University Press, New York.
- (16) Nazik, L., 1989. Mağara Morfolojisinin Belirlediği Jeolojik-Jeomorfolojik ve Ekolojik Özellikler. Jeomorfoloji Dergisi 17: 53-62.
- (17) Ford, T. D. ve Cullingford, C. H. D., 1976. The Science of Speleology. Academic Pres Inc., London.
- (18) Palmer, A., N., 2000. Hydrogeologic Control of Cave Patterns. Speleogenesis Evolution of Karst Aquifers. In Klimchouk, A., Ford, D. C., Palmer, A., N. and Dreybrodt, W., eds. Publ. By the Mat. Spel. Soc., Inc., (77-90) Hunsville, Alabama.
- (19) Hill, C., Forti, P., 1997. Cave minerals of the World (second edition). Published by the National Speleological Society, Alabama, USA.
- (20) Klimchouk, A.B., Ford, D., Palmer, A. and Dreybrodt, W. (Eds.), 2000. Speleogenesis: Evolution of karst aquifers. National Speleological Society, Huntsville, 527 pp
- (21) Bögli, A., 1980. Karsthydrology and Physical Speleology. Springer Verlag, Berlin.

Mağara Araştırma ve Haritalama Yöntemleri

Mağaralar, tarihin birçok döneminde zorlu hava koşullarından korunma alanları, su temin edebileceği alanlar, yiyeceklerin bozulmadan saklanabileceği alanlar ya da ölüleri gömmek için mezar alanları gibi farklı birçok amaçlarla insanlar tarafından kullanılmıştır. Günümüzde de mağaraların turizm, depolama alanı, mantar yetiştiriciliği, içme suyu kaynağı gibi çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Ancak mağaraların diğer birçok canlı tarafından da kullanıldığı, oluşumlarının on binlerce yıl sürdüğü unutulmamalıdır. Bu nedenle mağaralar sahip olduğu kendine özgü özellikleri nedeniyle çok disiplinli bilimsel çalışma yöntemlerine göre araştırılmalıdır.

Dr. Emrah PEKKAN
Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay
Bilimleri Enstitüsü, İki Eylül Kampüsü,
Eskişehir

epekk@anadolu.edu.tr

Mağaralar yaşadığımız dış Dünyadan farklı özelliklere sahip ve daha da önemlisi alışık olmadığımız ortamlardır. Mağaralar kelimenin tam anlamıyla “karanlıktır”. Eğer mağara içerisinde yolunuzu aydınlayabilecek bir ışığa sahip değilseniz mağaradan çıkabilmeniz mümkün değildir. Diğer bir deyişle ışıksızlık, mağarada tehlikenin ana kaynağıdır. Bu ortama, zarar görmeden, güvenli bir şekilde girip

çıkabilmek için her türlü mağaracılık etkinlikleri kapsamında uyulması zorunlu bazı temel kurallar belirlenmiş ve teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler ve kurallar, uzun ve özverili çabalarla belirlenmiş olup, eğitim programlarıyla devamlı güncellenmektedir. Mağaracılık etkinliklerine katılan amatör/profesyonel tüm insanların bu kurallar ve teknikler konusunda bilgilerinin, eğitim programları ve sürekli antrenmanlarla güncel olması sağlanmaktadır. Diğer taraftan, onbinlerce ve hatta milyonlarca yıllık gelişimlerini sürdüren; bölgesel jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik-hidrojeolojik ve ekolojik oluşum ve gelişim özelliklerini karakterize eden şekil ve yapılarla sahip olan mağaraların araştırılması; koruma ve kullanım yöntemlerinin belirlenmesi ve sunumları son derece önemli bir konudur (1).

Farklı özellikler taşıyan mağaralara giriş yöntemleri ve bunlarla ilgili eğitim programları birbirinden farklıdır. Bu özellikleri 4 başlıkta tanımlamak mümkündür. Bunlar, yatay mağara girişi, sulu mağara girişi, dikey mağara girişi (Şekil 1) ve mağara dalışıdır. Tahmin edileceği gibi mağaranın özelliklerine göre teknikler de değişmektedir (Şekil 2). Birçok özelliği bir arada taşıyan mağaralar için ise ihtiyaç duyulan ekipman miktarı artmakta, araştırma süresi uzamakta ve daha fazla kişi içeren ekipler oluşturularak, kapsamlı organizasyon planları yapılmaktadır. Bazı durumlarda günlerce mağaralarda kalınabileceği için mağaranın içerisinde uygun bölgelere mağaracıların dinlenebilmesi ve mağarada ilerlenebilmesi amacıyla ara kamplar kurulmaktadır. Diğer taraftan insanoğlunun keşfetme içgüdüğü, mağaralara inebilmek için insanları yeni teknikler geliştirmeye zorlamaktadır. Mağara keşif teknikleri, zorluk ve eğitim seviyesine göre sıralanabilir. Bu nedenle Türkiye’de faaliyet gösteren dernek ve kulüplerin bir araya gelmesi ile oluşturulmuş, Türkiye Mağaracılık Federasyonu tarafından mağaracı eğitim seviyeleri tanımlanmıştır. Bu tür eğitim çalışmaları, Türkiye’deki daha çok sportif mağaracılık eğitimlerini bir standarda sokmak ve ağırlıklı olarak sportif amaçla yapılan mağaracılık faaliyetlerini daha güvenli hale getirmeyi amaçlamaktadır.



Şekil 1: Dikey Mağara girişi Tek ip tekniğine örnek (Dağlı Kuylucu, Kastamonu, Foto Emrah Pekkan)

Mağaracılık Teknikleri	Eğitim	Ekipman
Yatay Mağara Teknikleri	Kampçılık Temel Eğitimi 1. Aşama Mağaracılık Eğitimi	Temel Kampçılık Ekipmanı, Temel Mağaracılık Ekipmanı
Sulu Mağara Teknikleri	Bot Kullanımı	Bot, Kişisel ekipman
Dikey Mağara Teknikleri	2. Aşama Mağaracılık Eğitimi	Tek İp Tekniği Malzemeleri
Mağara Dalışı Teknikleri	Mağara Dalışı Eğitimi	Mağara Dalışı Ekipmanı

Şekil 2: Mağara özelliğine göre alınması önerilen eğitimler

Ekipmanın dışında, mağaracılık ile uğraşan kişilerin, mağaranın girişine ulaşabilmesi için iyi bir dağcı, kendisinin ve grubun doğada uzun süre desteksiz yaşayabilmesinin sağlayabilmesi için iyi bir kampçı, mağaranın içerisinde ve dışarısında kaya üzerinde hareket etmesini sağlayacağı teknikleri bilmesi gerektiğinden iyi bir kaya tırmanışçısı, uzun yıllar boyunca göl tabanına çökmüş taneleri havalandırarak suyu bulandırmadan mağaradaki suya dalabilmesi için iyi bir dalgıç, iyi bir koşucu, iyi bir yüzücü ve de ekip içerisinde birlikte uyumlu çalışma özelliğine sahip, sorumluluk alabilecek bir karaktere sahip olması gerekir. Bir kişi ipi taşıırken diğer bir kişi mağaranın daha ilerisinde gereken botları taşıyor olabilir. Bu nedenle mağara içerisinde grubun bütünlüğünün sağlanması; grubun güvenliği ve etkinliğin amacına ulaşması açısından çok önemlidir.

Mağaraların özelliklerine ve kullanılacak tekniklere göre ekipmanlar değişiklik gösterse de temel ekipman, kask, ışık kaynağı, iç giysi, dış giysi (mağara tulumu) ve mağara çizmesidir (Şekil 3).



Şekil 3 Bir mağaracı üzerinde bulunan bazı temel ekipmanlar (Aladağlar, Mağara Ar. Gezisi Foto Koray Törk)

Mağara Araştırma Yöntemleri

Önceleri sadece yatay mağaralarda ilkel ışıklandırma yöntemleriyle mağara araştırmaları yapılırken günümüzde, dikey iniş ve çıkış araçlarının geliştirilmesiyle mağara araştırmaları da hız kazanmıştır. Teknolojilerin gelişimi ile teknikler de gelişmiş; sportif anlamda büyük ekspedisyenler (keşif

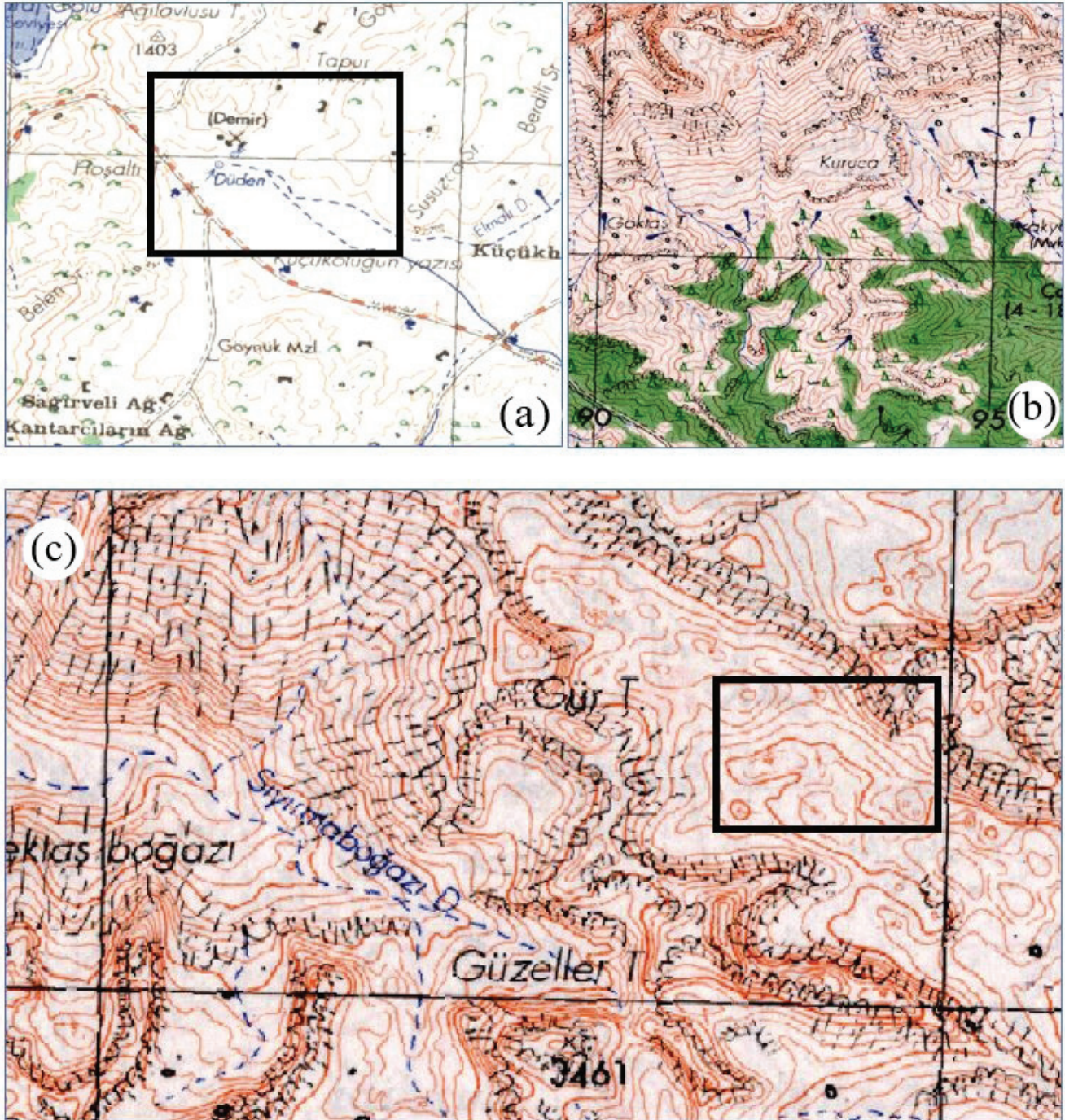
gezileri) ve mağara araştırmaları, pratik eğitimler sonucu yapılabilir hale gelmiştir. Mağara araştırma aşamaları; Mağara konumlarının bulunması için yapılan, topoğrafik ve jeolojik haritaların incelenmesi ve yzey araştırmaları ile başlamaktadır. Mağara konumları, bđlgede yaşayan kişilerin bildirimlerinin değerlendirilmesi ile de bulunabilmektedir. Konum belirleme aşamasını mağara araştırma çalışmaları izlemektedir. Mağara araştırmalarından elde edilen bilgilere gđre mağaranın kullanım biçimi tanımlanarak, koruma, kullanım ve risk ızellikleri belirlenmektedir (2). Son olarak uygulama ve koruma projeleri hazırlanarak, koruma planı ve koruma derecesi oluşturulmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Mağara Araştırma Aşamaları (2) den değiştirilmiştir)

Topoğrafik ve jeolojik haritaların detaylı incelenmesi, mağaraların konumları hakkında ızemli bilgiler verir. Olası mağara konumlarının belirlenmesi masa başında topoğrafik ve jeolojik haritaların incelenmesi ile başlar. Birçok 1/25.000 ızekli topoğrafik harita, kđr vadileri, yerebatan nehirleri,

büyük düdenleri gösterecek detaydadır. Mağaraların oluşumunda suyun etkin rolü olduğundan topoğrafik haritalarda ilk bakılacak özellikler kör vadiler ve yerebatan nehirler, düdenler (subatanlar) ve kaynaklardır (Şekil 5). Yüzeydeki bu jeomorfolojik özellikler, olası mağara konumları hakkında bilgi veren başlıca masa başı kaynaklarıdır.



Şekil 5: (a) Düden/Subatanlar, (b) Kaynaklar, (c) Kör vadiler mağara varlığına işaret ederler

Jeolojik haritalarda ise karbonatlı kaya (örneğin kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı) birimlerinin kiltası, marn, çamurtaşı gibi ince taneli birimler arasındaki sınırlarda, tabakaların konumlarına göre mağaralardan boşalan kaynaklar da bulunabilmektedir. Bu kaynaklar karst akiferinin boşalım noktaları olurken, karstik alanın yüksekte bulunan kısımları karst akiferinin beslenme alanlarını oluştururlar. Karst akiferinin beslenme ve boşalım noktaları potansiyel birer mağara girişleridir (Şekil 6).



Şekil 6: Karst akiferinin boşalım noktasına örnek, Kapuzbaşı şelaleleri (Aladağlar Kayseri, Foto Emrah Pekkan)

Olası mağara alanları belirlendikten sonra yapılacak yüzey araştırması, eğlencenin asıl başladığı yerdir (Şekil 7). Bu aşamada sadece, muhtemel mağara konumlarının belirlenmesi amaçlanır. Arazi- de dolaşmanın yanında bölgedeki insanlardan bilgi almak oldukça yararlıdır. Bu kişilerin yardımıyla daha önce araştırılmamış mağaraların konumları kolaylıkla belirlenebilir.

Yüzey araştırmasında bölgede dikkat edilecek yerler, delikler, subatanlar, çöküntü alanları, açığa çıkan kireçtaşı birimleri ve jeolojik sınırları, yerebatan nehirler, su yutanlar, kaynaklar, kuru nehir yatakları ve kayaların yarıklarından gelen serin hava akımlarıdır. Özellikle yaz mevsiminde mağaraların üst kotlarındaki yoğun ve serin hava derinlere doğru inerek alçak kotlarda kayaların yarıklarından yer yüzeyine boşalır. Dolayısıyla, serin hava “üfleyen” yarıklar/delikler yüksek kotlara uzanan mağara sistemlerinin belirtecidirler.

Bir mağara bulunduğunda yapılacak ilk iş belirlenen yerlerin konumlarının GPS ile veya harita üzerine kaydedilmesidir. İlk bulunan mağaraların girişleri genellikle aniden yıkılmaya eğilimli kayalardan oluşan molozla kısmen tıkanmış durumda olmaktadır. Bu durumda yapılması gereken ilk iş, mağara girişini güvenli hale getirmektir.

Genellikle mağaraların haritalanması, haritalama ekibinin işi olarak tanımlanır. Mağara girişinin güvenli hale getirilmesi ve gerekirse ip döşeme işleri tamamlandıktan sonra haritalama ekibi mağaraya girer ve haritalamayı tamamlar. Ancak ayrı bir ekibin olmadığı ve küçük gruplar ile yapılan mağaracılık çalışmalarında, mağaranın bulunması ile birlikte (mağaranın özelliğine, ekibin yetkinliğine göre) haritalama işlemi de yapılabilir.

Bulunan mağaralarda, yapılacak çalışmalar mağara dışı ve içi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (2). Mağara dışı çalışmaları mağaranın gelişim özelliğini tanımlayan çevrenin jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik ve iklimsel gelişim özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarını içermektedir. Jeoloji ve kırık hari-



Şekil 7: Kaş Yaylası yüzey araştırması, Anamur (Foto Emrah Pekkan)

talari, arazi çalışması ve hava fotoğrafları ile uydu görüntüleri kullanılarak hazırlanır. Bu haritalardan edinilen bilgiler ile jeolojik kesitler hazırlanarak aşınma ya da çökme yapıları ile önemli görülen diğer özellikler kesitler üzerinde gösterilir.

Mağara içi çalışmalar, mağaranın gelişimine ışık tutacak jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik – hidrojeolojik ve klimatolojik (mağaranın içindeki havanın sıcaklık, nem ve gaz karışım oranları ve hava akımı) özelliklerinin belirlenmesi çalışmalarını içermektedir (1). Bazı durumlarda jeomorfolojik haritalama ile mağara haritalaması aynı sırada yapılabilir. Mağara geçitlerinin konum ve doğrultuları, mağara dışı çalışmalardan edinilen kırık ve çatlak konumları kullanılarak elde edilen gül diyagramları ile karşılaştırılır (3). Bu veriler üzerinde yoğunluk analizleri yapılarak, mağaranın gelişiminde etkin olan tabakalanma ve kırık-çatlak setlerinin konumları belirlenir (3).

Ayrıca mağara araştırmaları, mağaranın her yönü ile kullanım ve koruma yöntemlerinin belirlenmesini amaçladığından, bir çok bilim dalını (arkeoloji, biyoloji, jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji, hidrojeoloji, klimatoloji vb) içeren çok disiplinli bir çalışma anlayışını gerektirmektedir. Özellikle biyospeleolojik araştırmalar, mağara habitatlarının, mağara biyoçeşitliliğinin, mağara tür popülasyonlarının, potansiyel ve aktif tehlikelerinin ve koruma ölçümlerinin belirlenmesi amacıyla gereklidir (4). Diğer taraftan, mağaralar, doğal güzelliklerinin yanında paleontolojik ve arkeolojik değerleri açısından da belgelenmeli ve korunmalıdır (4).

Elde edilen bilgilere göre Uygulama, Koruma ve Risk Projesi aşaması sonucu Koruma Planı ve Derecesi belirlenmiş olmaktadır. Tüm bilgiler bir araştırma raporu şeklinde sunulmalıdır. Mağara Araştırma raporu, araştırmalardan edinilen tüm bilgilerin bir arada sunulmasını amaçlamaktadır. Söz konusu mağara ile ilgili yapılan tüm çalışmaları içerdiğinden bu raporu araştırmanın son aşaması olarak tanımlamak mümkündür.

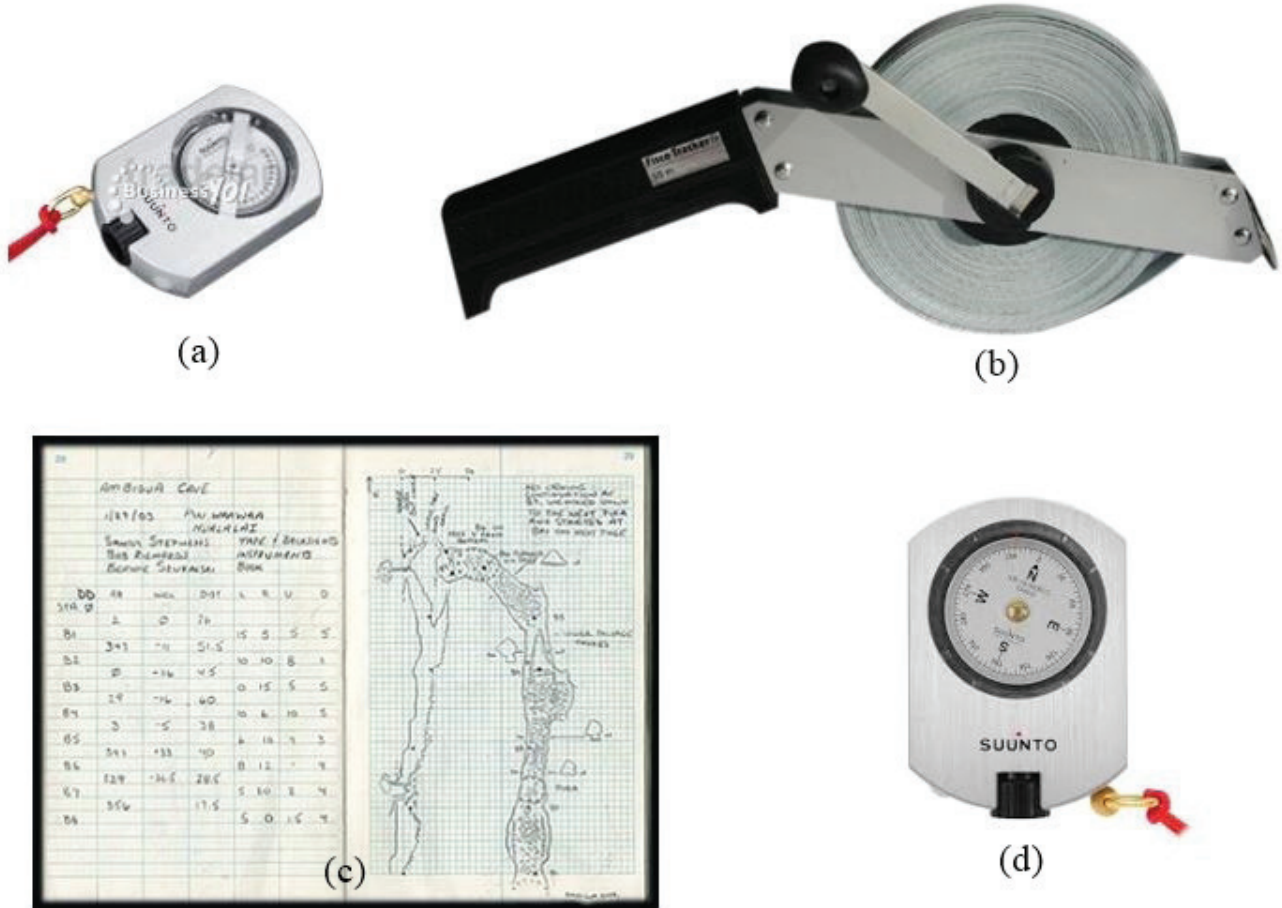
Mağara Haritalama Yöntemleri

Mağara haritası; en az bir insanın girebileceği büyüklükte olan yeraltı boşluklarının çeşitli optik aletler vasıtası ile ölçülerek elde edilmiş sayısal verilerin, teknik çizim kurallarına göre ve belli bir ölçek dâhilinde hazırlanmış özel bir haritadır. İngiliz Mağara Araştırma Birliği (British Cave Research Association, BCRA) mağara ölçümlerindeki farklılıkları değerlendirebilmek için iki özelliği kullanmak-

tadır. Birincisi mağaranın gerçek orta hattın ne kadar saptığı, ikincisi ise mağaralardaki (oluşum, litolojik birim, yükseklik ve genişlik gibi) özelliklerin detayıdır. Mağara haritalama standartlarının ayrıntılarına internet üzerinden ulaşmak mümkündür (5).

Mağara haritalaması, mağarada ölçümlerin alınması ve ölçümlerin ölçekli olarak kâğıda aktarılması işlemleri olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Bu işlemlerin ilk kısmı mağara içerisinde, ikinci kısmı ise masa başında gerçekleştirilir.

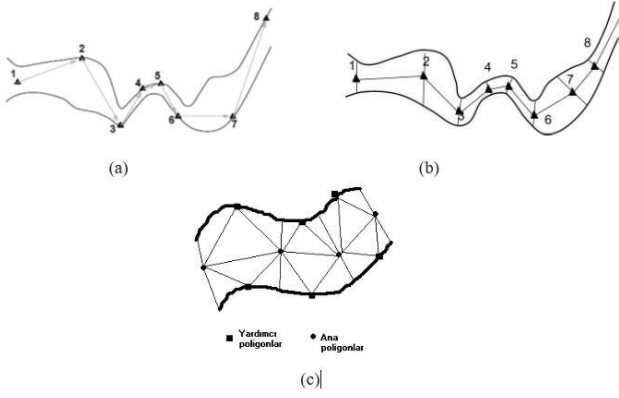
Mağara içerisinde kullanılan temel haritalama ekipmanı, pusula, klinometre (eğimölçer), şeritmetre ya da lazer metre, ölçüm karnesi, not defteri, kalem ve silgiden oluşur (Şekil 8).



Şekil 8: Mağara içerisinde kullanılan temel haritalama ekipmanı (a) Klinometre (b) Şeritmetre (c) Ölçüm karnesi ve not defteri (d) Pusula

Haritalama işlemi, seçilen ölçüm noktaları arasındaki uzaklığın, azimutun ve eğimin ölçülmesi, her bir istasyondaki genişliğin ve yüksekliğin ölçülmesi ya da tahmin edilmesi ve bu özelliklerin ölçüm defterine kaydedilmesi işlemlerini içerir. Bu işlemleri yapabilmek için en az iki kişi gerekir.

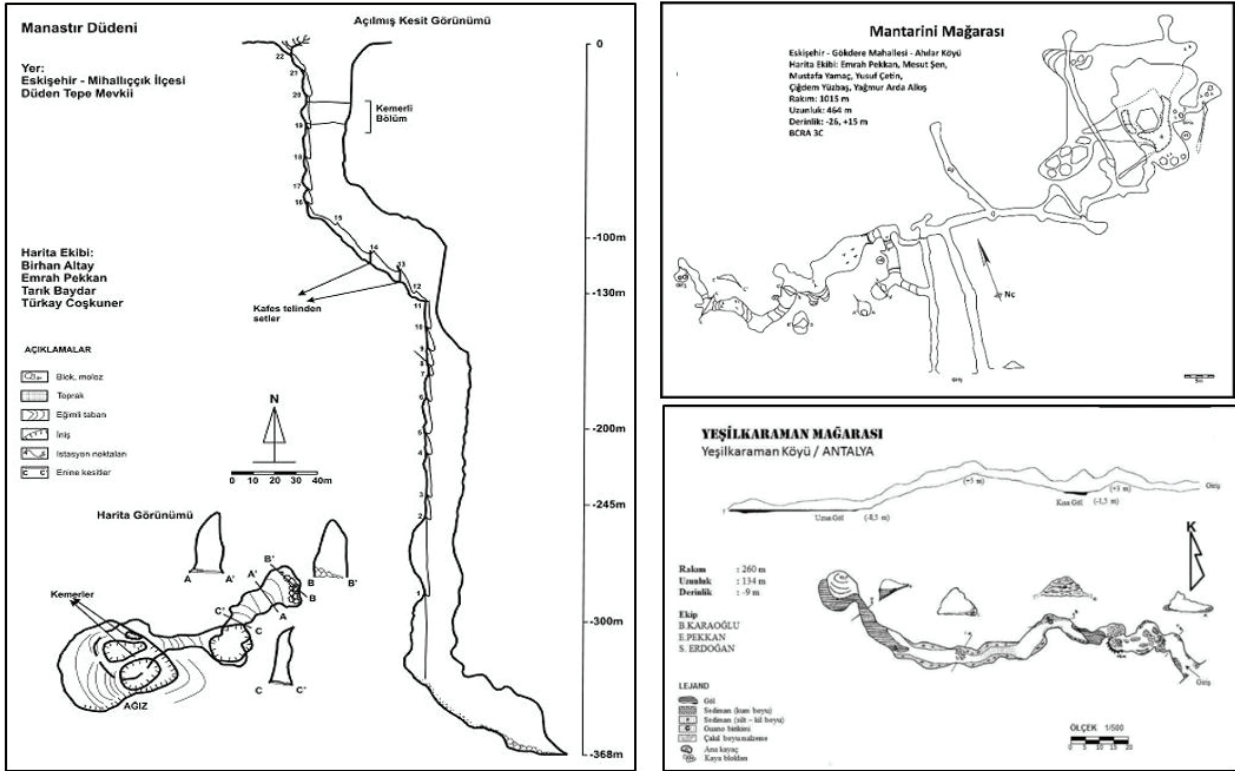
Mağara haritalamasında ölçüm noktaları (istasyonlar) a) duvardan duvara, b) orta hat takibi ve c) poligon oluşturma tekniklerinden birisine uyan biçimde belirlenir (Şekil 9). Tekniğin seçiminde mağara koşulları ve öngörülen haritalama süresi de etkili olmaktadır.



Şekil 9: Mağara haritalamasında uygulanan ölçüm teknikleri: a) Duvardan duvara b) Orta hat takibi c) Poligon oluşturma (1, 6)

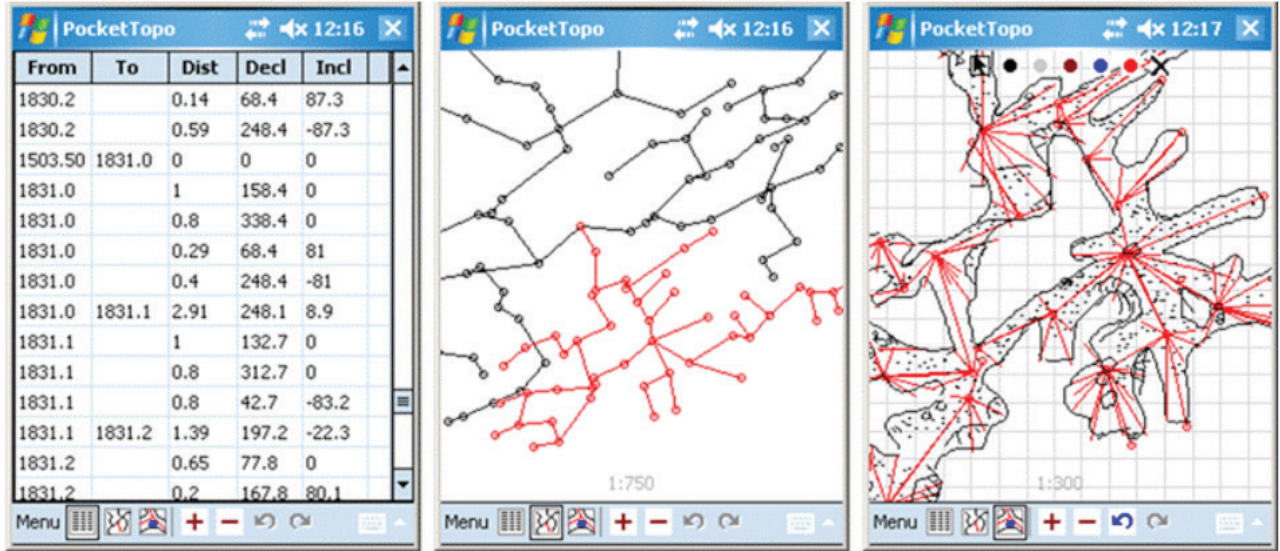
Haritalamada, ölçümlere mağara girişinin hemen dışındaki bir noktadan başlanır. Bu nokta başlangıç noktası olarak adlandırılmaktadır (6). Bu noktadan mağara içindeki diğer noktaya olan azimut (pusulanın kuzeyden yaptığı açı), eğim ve mesafe kaydedilir. Mağara içerisinde sürekli yeni bir nokta belirlenerek noktalar arasındaki azimut, eğim ve mesafe ölçülerek ölçüm karnesine işaretlenir. Diğer taraftan ölçümleri not alan kişi aynı zamanda ölçüm defterinin diğer sayfasına mağaranın planı çizilerek önemli görülen yerler belirtilir. Bu noktalar genellikle yükselti farkları, inişler çıkışlar, göller, büyük sarkıt ve dikitler gibi belirgin fiziksel değişimlerin olduğu yerlerdir.

Ölçümlerin ölçekli kâğıda aktarılması işlemi milimetrik kâğıda yapıp bilgisayara aktarılabilceği gibi, doğrudan bilgisayar ortamında da çeşitli yazılımlar vasıtasıyla çizilebilmektedir. Milimetrik kağıda yapılan çizimde açıölçer kullanılarak, mağarada alınan azimut ve eğimler gerekli trigonometrik dönüşümler yapılarak çizilir. Milimetrik kâğıda çizilen mağara haritası daha sonra taranarak bilgisayar ortamına aktarılabilir. Haritaların çizgisel ölçek taşınması nedeniyle bilgisayar ortamında çeşitli büyütme ya da küçültme işlemlerinin yapılması mümkündür. Şekil 10'da çeşitli mağara haritası örneklerini gösterilmiştir.



Şekil 10: Mağara haritalarından örnekler

Bu haritalama teknikleri zaman alıcı olmalarının yanısıra, elle veri toplama ve kayıt gerektirmelerinden dolayı insan kaynaklı hatalara da oldukça açıktır (7). Bilgisayar teknolojisinin gelişmesine paralel olarak, mağarada alınan ölçümlerin doğrudan mağara haritalama programlarına girilmesi ve bu verilerin bilgisayar ortamında ölçekli olarak birleştirilmesi sonucunda çok yüksek hassasiyete sahip mağara haritaları oluşturulabilmektedir. Kullanılan çeşitli mağara haritalama programlarına internet üzerinden ulaşmak mümkündür (8). Günümüzde tablet bilgisayarlara kurulan haritalama programları ve lazer metre ölçümleri ile mağarada yapılan ölçümleri not defterine aktarmaksızın mağaranın haritası bilgisayar ortamında hızlı ve yüksek hassasiyette çizilebilmektedir (Şekil 11). Birleştirilmiş sistemler olarak tanımlanan bu yöntem, lazer metreden kayıt cihazına verinin doğrudan transferini sağlayarak insan kaynaklı hataların birçoğunu ortadan kaldırmaktadır (9).



Şekil 11: Not defteri kullanılmadan yapılan haritalamaya bir örnek (10)

Günümüzde istasyon noktalarının arasında mesafelerin ölçümü için kullanılan lazer mesafe ölçerler, çelik şerit metrelerin yerini almış durumdadır (11). Son günlerde ise yersel lazer tarama, LİDAR (ışın yansımaları ile mesafe ölçümü) teknolojisi, birçok mağarada (örnek 12,13,14) yüksek çözünürlükte 3 boyutlu haritalar oluşturulması için kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji, taşınabilirliğinin zor olması nedeniyle yerini yavaş yavaş Mobil Lidar teknolojisine (13) bırakmaktadır.

Son söz olarak, "Mağaraları korumanın, mağaralarda hiçbir iz bırakmamanın" mağaracılığın en başında verilen öğretisi olduğunu vurgulamak gerekir. Bir mağaracı mağaranın erişilebilir kısımlarını haritalandırıp, belgelemenin yanısıra mağaranın korunması için gerekenleri yapmakla da sorumludur. Ne amaçla olursa olsun, tüm mağaracılık faaliyetlerinde en önemli etik ilke "çekilen fotoğraflardan başka hiç bir şeyin mağaradan çıkartılmaması, mağarada ayak izlerinden başka hiç bir şeyin bırakılmaması"dır.

Teşekkür

Makalenin değerlendirilmesinde desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Lütfi Nazik ve Prof. Dr. Serdar Bayarı'ya teşekkürlerimi sunarım.

Değerlendirilen Belgeler

(1) Özgen, N., Karadoğan, S., Akköprü, E., Öner, E., Nazik, L., Ölgün, K., Öztürk, M.Z., Doğan, M., M.K., Erturaç, Çalışkan O., Günek, H., Kavak, M.T., Sönmez, M.E., Adıgüzel, F. ve Dölek, İ.,

2016. Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler, Pegem Akademi Yayıncılık, 416 s
- (2) Nazik, L., 2008. Mağaraların Araştırılması, Koruma ve Kullanım İlkeleri, MTA Yayını, Yerbilimleri ve Kültür Serisi, No.2, Ankara
- (3) Ballesteros, D., Jiménez-Sánchez, M., García-Sansegundo, J. and Giraldo, S., 2011. Carbonates and Evaporites, 26-1, 29-40
- (4) Ozimec, R., Polak, S., Bedek, J., Zakšek, V., 2011. Importance of Biospeleological Research for Protection of Cave Fauna and Their Habitats- Example Based on the Prjacetje Karst Underground Protection on the Istrian Peninsula, Pressures and Protection of the Underground Karst □ Cases from Slovenia and Croatia, Karst Research Institute ZRC SAZU, Postojna
- (5) <http://bcra.org.uk/surveying/> (Erişim tarihi 01/03/2018)
- (6) Mağaracılıkta Ölçme ve Harita Bilgisi, Türkiye Mağaracılar Birliği, Eğitim Dokümanı. Özel Uzmanlık Alanı 3
- (7) Hunter, D., 2010. A field trial of common hand-held cave survey instruments and their readers, Bullita Cave System, July 2010: Caves Australia, no. 183, p. 10–12
- (8) <http://csg.bcra.org.uk/software.htm> (Erişim tarihi 01/03/2018)
- (9) Heeb, B., 2008. Paperless caving – an electronic cave surveying system, in Gonon, T., ed., Proceedings of the 4th European Speleological Congress, Vercors 2008: Lyon, Fe´de´ration franc_aise de spe´le´ologie, Spelunca Me´moires 33, p. 130–133
- (10) <https://paperless.bheeb.ch/> (Erişim tarihi 01/03/2018)
- (11) Dryjanskii, M., 2010. The subterranean world of Easter Island: Geoinformatics, 13-1, 6-9.
- (12) Avdan, U., Pekkan, E. ve Comert, R., 2013. Mağara Ölçümlerinde Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanılması (Tozman Mağarası Örneği). Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5, 2, 16-28
- (13) McIntire, D., 2010. Laser scanning mushpot cave: The American Surveyor, 79, 18–27.
- (14) Zlot R., and Bosse, M., 2012. Three-dimensional mobile mapping of caves, Journal of Cave and Karst Studies, 76, 3, 191–206



Paleoiklim Arşivi Olarak Mağara Çökelleri

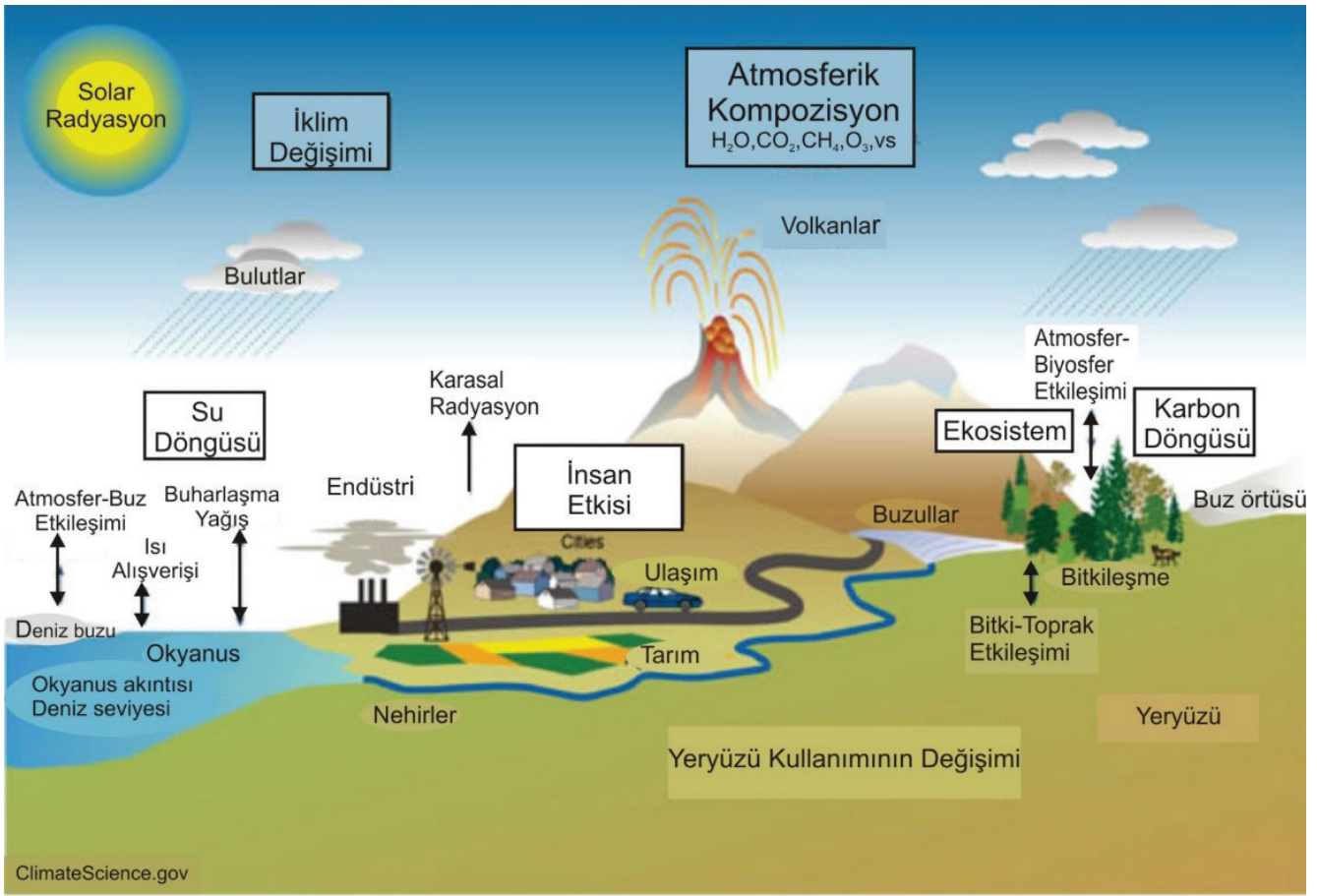
Geçmiş iklimsel koşulların (paleoiklim) kurgulanmasında ve gelecek için öngörü modellerinin oluşturulmasında kimyasal mağara çökelleri (damlataşlar) güvenilir ve anlaşılabilir kayıtlar ve kanıtlar sunmaktadır.

Dr. Gizem ERKAN

Hacettepe Üniversitesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
ANKARA

gizems@hacettepe.edu.tr

Tüm canlıların yaşam koşullarını şekillendirdiği düşünüldüğünde iklim kavramı, genellikle uzun süre gözlemlenen sıcaklık, nem, rüzgâr, yağış gibi tanımlamalar kullanılarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte iklim enlem, yeryüzü şekilleri, yükselti, kar örtüsü, buz hacmi, deniz yüzey sıcaklıkları, atmosferik içerik, okyanus akıntıları, volkanik ve tektonik aktiviteler ile Dünya'nın döngüsel hareketindeki değişikliklerinden kaynaklanan daha geniş kapsamlı etkenler ve süreçler tarafından belirlenmektedir. Bu durumda iklim, küçük ölçekli bileşenler arasındaki etkileşim ve geri beslenme mekanizmaları ile ortaya çıkan dinamik ve büyük ölçekli bir sistemi ifade etmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: İklim sistemi bileşenleri ve bunlar arasındaki ilişkiler büyük ölçekli bir sistemi tanımlamaktadır.

Küçük ölçekli sistemlerin kendi içinde ve/veya birbirleri ile ilişkilerinde meydana gelen etkileşimler, iklimin değişkenlik göstermesine neden olmaktadır. Yeryüzünde varoluşla birlikte sürekli olarak farklı zaman ölçeklerinde iklimsel dalgalanmalar ve değişiklikler meydana gelmiştir. İklim üzerinde etkili olan faktörler periyodik (döngüsel) olan veya olmayan süreçlerle oluşmaktadır. Güneş aktivitesindeki döngüler, Dünya'nın kendi eksenini ve Güneş çevresindeki dönüşü ile ilgili Milankovitch döngüleri, atmosferik ve okyanusal döngüler, Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation-NAO), Güney Salınımı-El Nino, volkanik aktiviteler, plaka tektoniği, rüzgârlar, buz örtüleri, deniz seviyesi değişimleri vb faktörler ve bunların sistem elemanları, yerel ve/veya küresel ölçekte iklim değişikliklerine neden olmaktadır.

Tüm dünyada yer şekilleri ve ekosistemler, zaman içinde onları şekillendiren ve bugünkü konumlarına getiren doğal ve kültürel süreçlerin ürünleridir (1). Yeryüzünde Kuvaterner'de (son 2.6 milyon yıl) ve özellikle de Holosen'de (son 12 bin yıl) meydana gelen çeşitli iklimsel değişimler, birçok farklı bilimsel disiplindeki araştırma çalışmalarının iklim değişimi üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur. Geçmiş iklim değişiklikleri, ağırlıklı olarak Pleyistosen (2.6 milyon yıl ile 12 bin yıl arası) Buzul ve Buzularası Dönemler arasındaki iklimsel salınımlarla ifade edilmektedir. Günümüzdeki iklimsel koşullar ve ortamlar, önemli ölçüde yaklaşık 20 bin yıl önce sonlanan Son Buzul Dönemini takiben geçen son 12 bin yıllık dönem süresince şekillenmiştir.

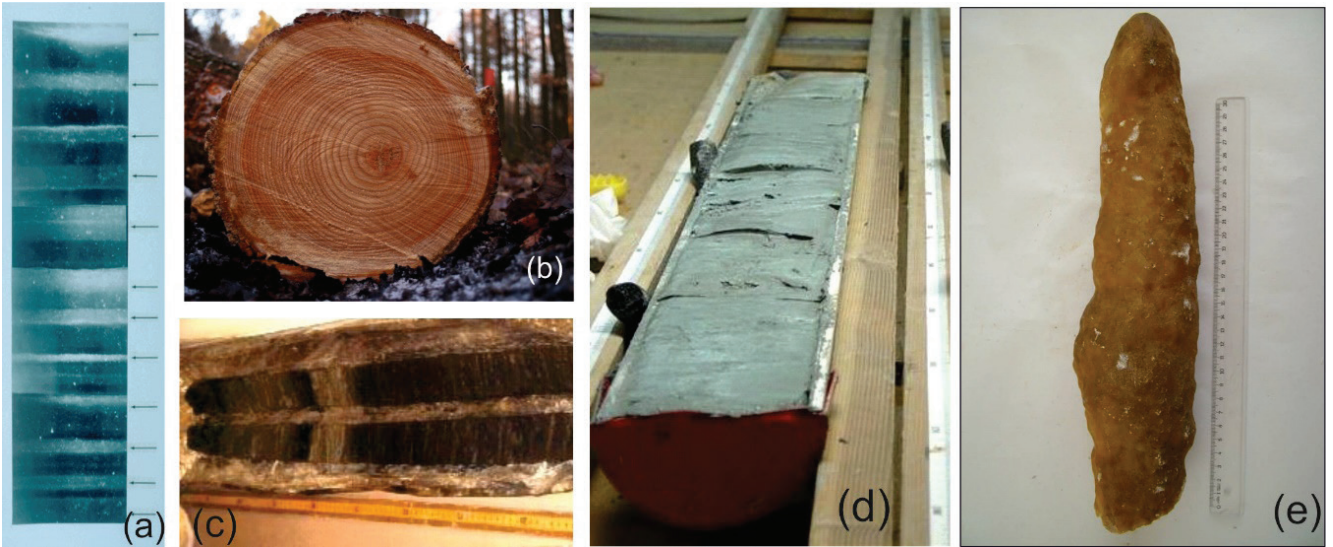
İklimsel değişim süreci üzerinde insan etkisi, tanımlanan diğer değişim mekanizmalarına göre çok daha etkilidir ve kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu durumda tarihsel olarak iklimsel değişim mekanizmalarının, çevre-insan ilişkisinin belirlenmesi ve geleceğe dönük öngörülerde bulunulabilmesi için iklim değişimi kavramının iyi anlaşılması gerekmektedir. Genel olarak yağış ve sıcaklık değişimleri

şeklinde tanımlanan küresel ısınma ve yağış rejimlerindeki değişiklikler ve bunlara eşlik eden atmosferik ve okyanusal değişimler insan yaşam koşullarını ve alanlarını etkilemekte ve belirlemektedir. Sosyal ve kültürel yaşam üzerinde de etkili olan bu değişiklikler taşkın, orman yangınları, kuraklık, asit yağmurları, atmosferdeki karbondioksit (CO₂) seviyesinin artması vb olayların gerçekleşmesine de neden olmaktadır.

Uzun süreli bir perspektiften bakıldığında, çevresel bileşenlerin doğa/iklim üzerinde ne zaman, nerede ve nasıl etkili olduğunun, yeryüzündeki sistemin buna nasıl karşılık verdiğinin anlaşılabilmesi için geçmişte bu süreçlerin nasıl gerçekleştiğine ilişkin birtakım bilgilere ihtiyaç vardır. Bu nedenle, geçmiş iklim değişimlerinin bir bakıma doğadaki arşiv kayıtlarını içeren karasal ve denizel çökellerdeki bilgilerin çözümlenmesi ve yaşlandırılması gerekmektedir. Geçmişte iklimin yerkürenin değişik yerlerinde ve farklı zamanlarda nasıl değiştiğinin bilinmesi ile iklime etkiyen parametreler kullanılarak matematiksel iklim modelleri oluşturulabilmekte, bu modellere güncel verilerin uygulanması ile gelecekteki iklim tahmin edilebilmektedir. Henüz emekleme aşamasında olan uzun süreli iklim tahmin modellerinden, elde edilen yeni bilgi ve verilerin de katkısıyla, her geçen gün daha da güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Geçmiş iklim verileri, paleosıcaklık, atmosferik kompozisyon, okyanusal sirkülasyon, paleoyağış ve buzullaşma gibi parametrelerin nitel ve nicel ifadeleridir. Doğal arşiv ya da tıpkı bir kayıt cihazı gibi tanımlanabilecek karasal ve denizel çökellerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik içerikleri, geçmiş iklim yorumlamaları açısından önemli ipuçları taşımakta ve yol gösterici olmaktadır.

Ağaç halkaları, eski topraklar (paleosoller), okyanus-göl çökelleri, buzul karotları ve buzul çökelleri (morenler) ile kimyasal mağara çökelleri olan dikitler, paleoiklimin ve paleo çevre koşullarının başlıca doğal arşivlerini/kayıtlarını oluşturmaktadırlar. Bu depolama ortamlarındaki tabakalanma (laminasyon) kalınlıkları, kimyasal içerikler, renklenmeler, gözenek oluşumları, mineralojik, duraylı izotop ve iz element içerikleri iklimsel değişimlere karşı hassasiyet gösteren başlıca veri kaynaklarıdır (Şekil 2).



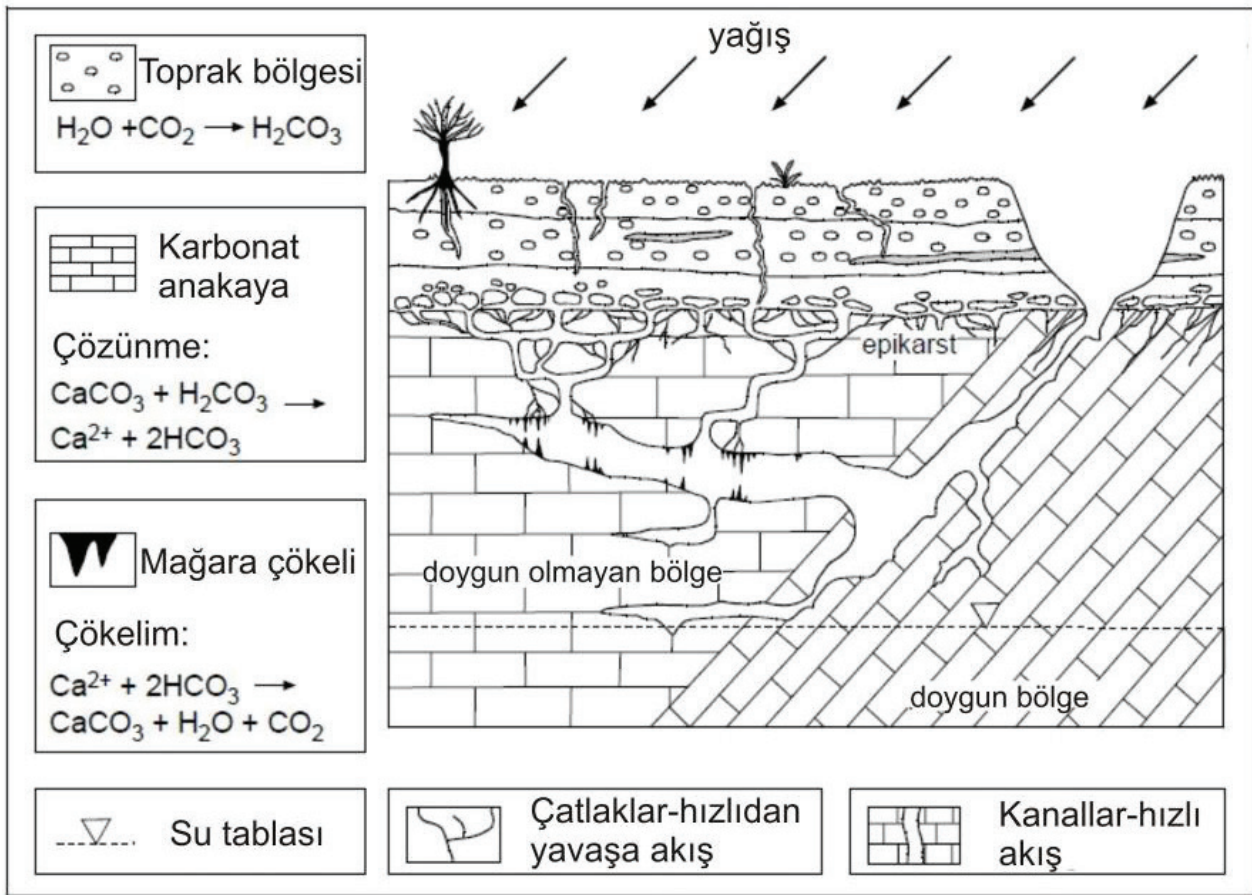
Şekil 2: (a) buzul karotu, (b) ağaç halkası, (c) göl çökeli karotu, (d) okyanus/deniz çökeli karotu, (e) mağara çökeli (dikit) başlıca paleoiklim arşivleridir.

Doğal paleoiklim arşivleri, geçmişteki ortamsal değişikliklerin zamanının belirlenmesinde, yeryüzü iklimini etkileyen okyanus ve atmosfer arasındaki ilişkinin anlaşılmasında, deniz yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde, bitki örtüsünün tanımlanmasında, sıcaklık değişimlerinin belirlenmesinde, buzul yayılımlarının değerlendirilmesinde ve bunlardan hareketle iklim koşullarının yorumlanmasında çok

önemlidirler. Genel olarak karşılaştırıldıkları zaman birbirlerine göre farklı zaman aralıklarında kanıtlar içeren karasal ve denizel bu göstergeler, sahip oldukları kayıtlar ile birbirlerini tamamlamaktadır.

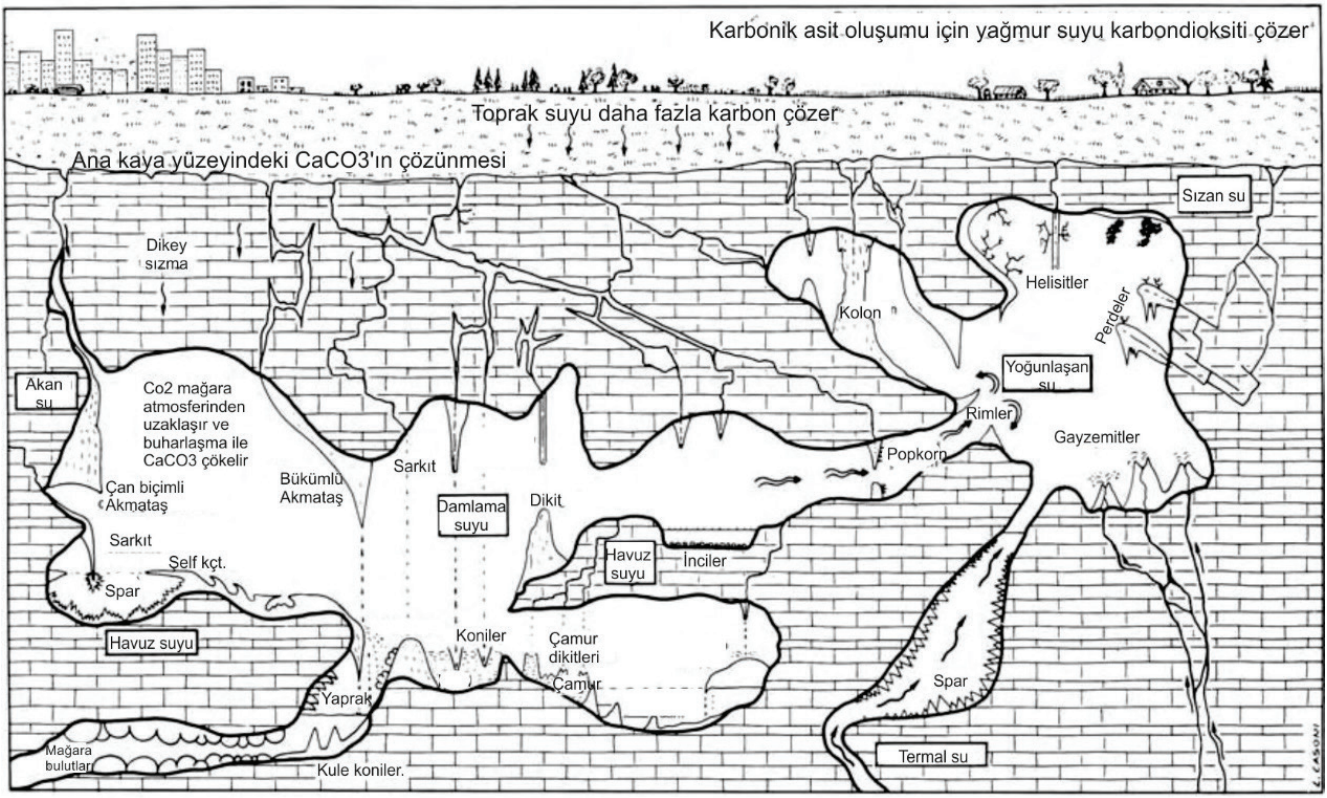
Bununla birlikte, pek çok paleoklim arşivinin kısa süreli kayıt içermesi, kayıtların ait oldukları zamanların hassas biçimde belirlenememesi gibi güçlükler, mağara çökellerinin öne çıkmasına neden olmuştur. Mağara çökellerinden elde edilen bilgiler yardımıyla yaklaşık olarak son 500 bin yıllık dönemdeki paleoklim, paleoçevre değişimleri ± 10 yıla varan hassaslıkta belirlenebilmektedir. Mağara çökelleri aynı zamanda diğer doğal arşiv kayıtlarından farklı olarak yeryüzünün hemen her yerinde bulunabilmekte, bu nedenle de belirli bir zaman diliminde Dünya'nın farklı yerlerindeki iklim ve ortam farklılıkları hakkında da bilgi sunabilmektedir.

Mağaralardaki kimyasal çökel oluşumu mağara içindeki ve dışındaki koşullar tarafından kontrol edilmektedir. Toprak zonu, bitki kök solunumu ve organik madde bozunmasına bağlı olarak yüksek miktarda karbondioksit gazı (CO_2) içermektedir. Yeraltına sızan ve toprak zonundan yüksek CO_2 içeriği kazanan su da süzülme yolu boyunca karbonatlı minerallerin çözünmesine neden olmaktadır. Yeraltına süzülen bu su, atmosferi CO_2 açısından daha fakir olan mağaraya ulaştığında yapısındaki CO_2 'i mağara atmosferine salmakta, buna bağlı olarak da bünyesindeki kalsiyum ve karbonat iyonları kalsit veya aragonit (CaCO_3) minerali formunda sarkıt/dikit, damlataş, akmataş vb türde mağara çökellerinin oluşumuna neden olmaktadır (Şekil 3).



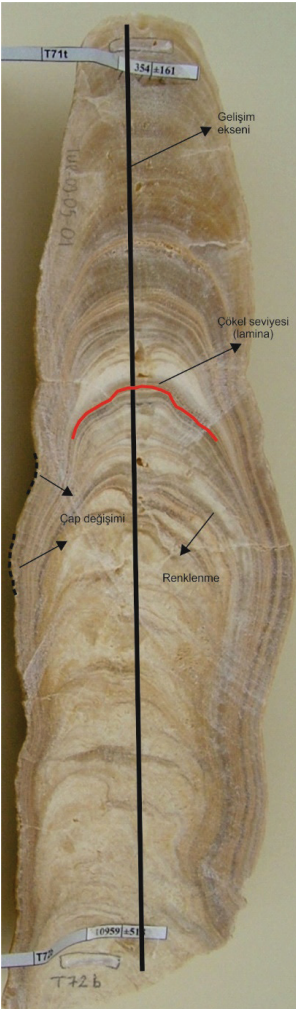
Şekil 3: Yeraltına süzülen yüksek CO_2 içeriğine sahip su, akış yolu boyunca çözünen karbonatlı minerallerin mağara içinde çökmesine neden olur (2)

Mağaralarda tavandan veya duvarlardan sızan suların sızma hızına ve miktarına ve diğer etkenlere bağlı olarak oluşan çökeller sarkıt, dikit, akmataş, perde vb



Şekil 4: Mağaralarda sarkıt, dikit, akmataşı, perde vb biçimdeki kimyasal çökeltilerin tipik konumları (3)

Mağara çökeltileri genel olarak geçmiş iklimin fiziksel ve kimyasal göstergelerini içerirler ve geçmiş yağış, sıcaklık ve bitki örtüsünün kurgulanmasında kullanılırlar. Araştırmalarda en çok tercih edilen çö-



kel formu dikitlerdir. Dikitlerin dokusal, fiziksel, kimyasal, izotop ve iz element içerikleri, yüksek zamansal çözünürlüklü yaşlandırma yöntemleri ile geçmiş iklim ve ortam koşulları hakkında anlaşılır bilgiler sunmaktadır (Şekil 5).

Dikitler görsel olarak değerlendirildiğinde silindirik dikit örneklerinde birim zamanda oluşan çökel kalınlığı (lamina) diğer çökel biçimlerine (sarkıt, akmataşı vb) göre daha incedir. Böylece daha küçük çökel hacminden daha uzun geçmiş ortam bilgisine ulaşılabilmektedir. Dikitlerin gelişim eksenini boyunca çaplarında meydana gelen daralma ve genişlemeler dikiti besleyen damlama suyunun devamlılığını ve beslenme hızındaki değişimleri, laminasyon kalınlığındaki değişimler ise çökeltinin büyüme hızını ifade etmektedir. Bu değişimlere bağlı olarak dikitin oluşum dönemindeki yağış miktarı ile ilgili değerlendirmeler yapılabilmektedir. Ilıman ve yağışlı dönemlerde lamina kalınlıklarının soğuk ve görece daha az yağışlı dönemlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Laminalarda görülen açık (beyaz) veya koyu (krem) renkler çoğunlukla mağara üzerinde bulunan toprak zonundaki biyolojik faaliyetlerle ilişkilidir. Biyolojik aktivitenin azaldığı, soğuk ve görece daha az yağışlı dönemlerde azalan hümik ve fülvik asit üretimine bağlı olarak dikitlerdeki laminalar daha açık renkli olmaktadır. Çökeltilerde belirlenen iz elementlerin (Cu, Mg, Ba, Sr, Al, Mn, Si, K, P, S gibi) tür ve bolluklarının değişimi de dış ortam koşullarını tanımlamaktadır. Yağışların yoğun olduğu dönemlerde çökelti besleyen su ile taşınan kırıntılı malzemenin artış göster-

Şekil 5: Dikitin gelişim eksenini boyunca dikit çapında, laminasyon kalınlığı ve rengindeki değişimler geçmiş iklimin ve ortam koşullarının değerlendirilmesi konusunda faydalı bilgiler vermektedir.

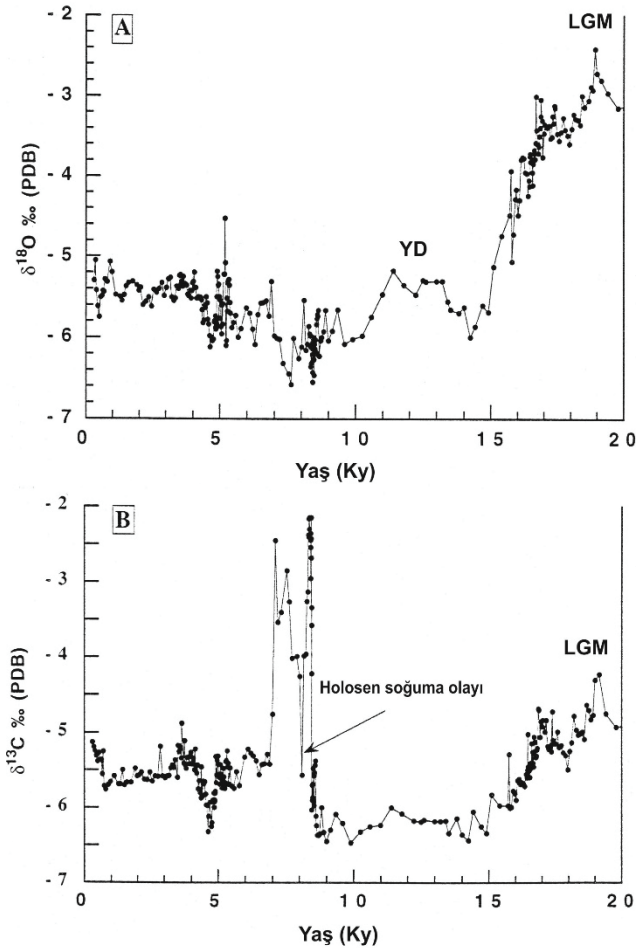
mesi çökelerde fosfat (P) ve kükürt (S) bolluklarının artmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde Mg içeriğindeki değişimler mağara içi sıcaklık değişimlerini ifade etmektedir. Dikite gözlenen iz element derişimlerinde değişimler değerlendirilerek yağış ve sıcaklık gibi dış ortam koşulları belirlenebilmektedir. Bununla birlikte, Dikit kimyasının damlama suyunun kimyası tarafından belirlendiği ve suyun kimyasında mağara dışındaki sıcaklık, yağış değişimleri, bitkisel aktivite yoğunluğunun birinci derecede önemli olduğu düşünülüğünde, dikitlerdeki kimyasal değişim değerlerine bakarak iklimin etkisini belirlemek denizel karbonatlar (mercanlar, foraminifer kabukları) gibi diğer arşiv kayıtlarına göre daha karmaşık ve zordur.

Mağara çökellerinin oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve karbon-13 ($\delta^{13}\text{C}$) duraylı izotop içerikleri de geçmiş iklim ve çevre koşulları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Oksijen izotop değişimleri mağara ve dış ortam hava sıcaklığının, karbon izotop değişimleri ise mağara üzerindeki toprak zonu biyokimyasal aktivite yoğunluğunun göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Genel olarak, çökeldaki $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ izotop değerlerinin bağıl azalma eğilimi göstermesi, ılıman ve nemli iklime geçişin göstergesidir.

Mağara çökellerinde kaydedilen geçmiş iklim ve çevre koşullarına ilişkin göstergelerin zamansal değişimlerinin yorumlanması için çökellerin oluşum zamanlarının yüksek hassasiyetle yaşlandırılması gerekmektedir. Paleoiklim kronolojisini oluşturmak için genel olarak ^{230}Th (Toryum 230) ve ^{14}C (Karbon 14) radyometrik yaşlandırma yöntemleri kullanılmaktadır.

^{14}C yaşlandırması pratik olarak son 75 bin yıllık dönem ile sınırlıdır ve genellikle çok hassas yaş değerleri verememektedir. Buna karşın ^{230}Th yöntemi ile son 600.000 yıllık döneme ilişkin, ± 10 yıla inebilen hata düzeyine sahip yaşlandırma yapılabilmektedir. Yöntemin bir diğer avantajı daha az miktarda örnek malzemesi gerektirmesidir.

Geçmiş iklimin yeniden kurgulanmasında kullanılan kimyasal mağara çökelleri ile yapılan paleokronolojik verilerle desteklenmiş çalışmalar incelendiğinde, farklı etkilerle oluşmuş küresel iklim olaylarının Dünyanın farklı bölgelerinde de benzer biçimde izlenebildiği görülmektedir. Örneğin, Çin'de yaz muson etkisinin büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla Hulu ve Dongge Mağaraları'na ait dikit örneklerinden elde edilen $\delta^{18}\text{O}$ izotop verileri GISP2 (Greenland Ice Sheet Project) buzul karotları $\delta^{18}\text{O}$ verileri ile birlikte değerlendirildiğinde farklı iki bölgedeki sıcaklık değişimi davranışının benzer olduğu belirlenmiştir (4). Bir başka çalışmada buzul kayıtları ile belirlenen Dansgaard-Oeschger, Younger Dryas, Heinrich gibi küresel ölçekte etkili ısınma ve soğuma olaylarının İsrail'de bulunan Soreq Mağarası (5) ve Umman'da bulunan Qunf Mağarası (6) dikit kayıtlarında da izlendiği görülmüştür (Şekil 6). Benzer şekilde Hulu (7) ve Dongge (8) Mağaralarında izlenen Younger Dryas soğuma periyodunun izleri Türkiye'de Sofular Mağarası (Zonguldak) (9) dikit örneklerinde de gözlenmektedir. Daha yakın zaman diliminde ise güncel küresel



Şekil 6: Soreq Mağarası (İsrail) dikit kayıtlarında gözlenen (A) $\delta^{18}\text{O}$ ve (B) $\delta^{13}\text{C}$ izotop verileri günümüzden önce yaklaşık 20 bin yıllık (20 Ky) zaman periyodunda artma (Son Buzul Maksimumu-LGM) ve azalma (Younger Dryas-YD ve Holosen soğuma olayı) davranışı göstererek iklimsel olarak koşulların değiştiğini ifade etmektedir (11).

iklimin Holosen'den (~12 bin yıl) itibaren yaşanmaya başlandığı, Son Buzul Maksimumu (Günümüzden 20 bin yıl öncesi) olarak tanımlanan dönemden sonra iklim karakteristiklerinin Asya'da, Atlantik'te, Akdeniz havzasında, kutuplarda ve Dünya'nın birçok farklı yerinde değişiklik göstermeye başladığı belirlenmiştir. Mağara çökellerinden elde edilen geçmiş iklim verileri, kuzey Atlantik'te yaşanan serin koşulların Asya'daki kurak döneme eşlik etmesi gibi birbirinden uzak bölgelerdeki iklimin zıt yönlü etkileşimi konusunda da bilgi verebilmektedir (10).

Sonuç olarak, geçmiş iklimsel değişiklikler (paleoiklim) ile ilgili kayıtlar ve kanıtlar farklı kaynaklardan elde edilebilmekte, bu bilgiler yeryüzünde geçmiş iklim koşullarının yeniden kurgulanmasına yardımcı olmaktadır. Bu noktada kimyasal mağara çökellerinden elde edilen yüksek yaşlandırma hassaslığına sahip verilerin, diğer verilere göre büyük bir üstünlüğe ve öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Değınilen Belgeler

- (1) Roberts, N., 2014. The Holocene: An Environmental History, 3rd eds., Wiley Blackwell Publishing, 364 p.
- (2) Fairchild, I.J., Baker, A., 2012. Speleothem Science: From Process to Past Environments, Wiley Blackwell Publishing, 432 p.
- (3) Ford, D., Williams, P., 2007. Karst and Hydrogeology and Geomorphology, John Wiley and Sons Ltd., England, 562 p.
- (4) Fairchild, I.J., Frisia, S., Borsato, A., Tooth, A.F., 2006. Chapter 7 Speleothems, Geochemical Sediments and Landscapes, Nash, D.J., and McLaren, S.J. (eds), Blackwell Publishing, 488 p.
- (5) Bar Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A., 1997. Late Quaternary paleoclimate in the eastern Mediterranean region from stable isotope analysis of speleothems at Soreq cave, Israel, Quaternary Research, 47, 155-168.
- (6) Fleitmann, D., Burns, S.J., Mangini, A., Mudelsee, M., Kramers, J., Villa, I., Neff, U., Al-Subbary, A.A., Buettner, A., Hippler, D., Matter, A., 2007. Holocene ITCZ and Indian monsoon dynamics recorded in stalagmites from Oman and Yemen (Socotra), Quaternary Science Reviews 26, 170-188.
- (7) Wang, Y.J., Cheng, H., Edwards, R.L., An, Z.S., Wu, J.Y., Shen, C-C., Dorale, J.A., 2001. A high resolution absolute-dated Late Pleistocene monsoon record from Hulu Cave, China, Science 294, 2345-2348.
- (8) Dykoski, C.A., Edwards, R.L., Cheng, H., Yuan, D., Cai, Y., Zhang, M., Lin, Y., Qing, J., An, Z., Revenaugh, J., 2005. A high resolution absolute-dated Holocene and deglacial Asian monsoon record from Dongge Cave, China, Earth and Planetary Science Letters 233, 71-86.
- (9) Göktürk, O.M., 2011. Climate in the Eastern Mediterranean through the Holocene inferred from Turkish stalagmites, PhD Thesis, Faculty of Science of the University of Bern, Institute of Geological Sciences and Oeschger Centre for Climate Change Research, Switzerland, 113 p.
- (10) Henderson, G.M., 2006 . Caving in to New Chronologies, Science 313, 620-622.
- (11) Bar Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A., Wasserburg, G.J., 1999. The eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel, Earth and Planetary Science Letters 166, 85-95.



Paleosismoloji Arşivi Olarak Mağara Çökelleri

Gelecekteki depremlerin öngörülebilmesi açısından aletsel dönem öncesinde gerçekleşmiş, günümüzde varlığı bilinmeyen geçmiş depremlerin ne zaman ve ne güçte oluştuklarına yönelik bilgilerin elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda mağara çökelleri önemli veri kaynakları olabilmektedirler. Mağaralarda, bir dizi çözünme-çökeltme sürecine bağlı olarak gelişen damlataşlar gibi kimyasal çökeller ile buzul kazınması ve/veya sellenme sonucu mağara içersine taşınan kum, kil ve çakıl depoları gibi fiziksel çökeller; buldukları mağaranın geçmişine dair birçok bilgiyi de içlerinde barındırmaktadır. Mağara içlerinde gelişen diktlerin kesitlerinde gözlenen mm kalınlıklı laminalı yapıdaki renk, kalınlık ve asimetriklik gibi özellik değişimlerinin mağara dolayındaki tarihsel sismik faaliyetlerden etkilenebildiği gözlenmektedir. Bu nedenle mağara çökellerinden elde edilen verilerin paleosismolojik çalışmalara önemli katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Dr. Murat AKGÖZ

murat_akgoz@yahoo.com

Gerek kimyasal gerekse de fiziksel mağara çökelleri üzerinde gözlenen anomalilerin uygun tekniklerle yaş tayinlerinin yapılması ile mağaranın bulunduğu bölgenin paleoklim kayıtlarının yanı sıra paleosismoloji kayıtları da elde edilebilmektedir. Paleosismoloji, tarihsel dönemlerde oluşmuş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin sayısını, büyüklüğünü, atım miktarını ve depremlerin yinelenme sıklığını saptamak amacıyla yapılan çalışmaların tamamını kapsamaktadır. Sahip oldukları kimyasal ve fiziksel çökellerin özellikle dış etmenlere bağlı deformasyonlara karşı binlerce yıl çok iyi korunabilmeleri ve dolayısıyla oldukça uzun bir dönemle ilgili verilerin elde edilmesine olanak sağlamalarından dolayı, bu çö-

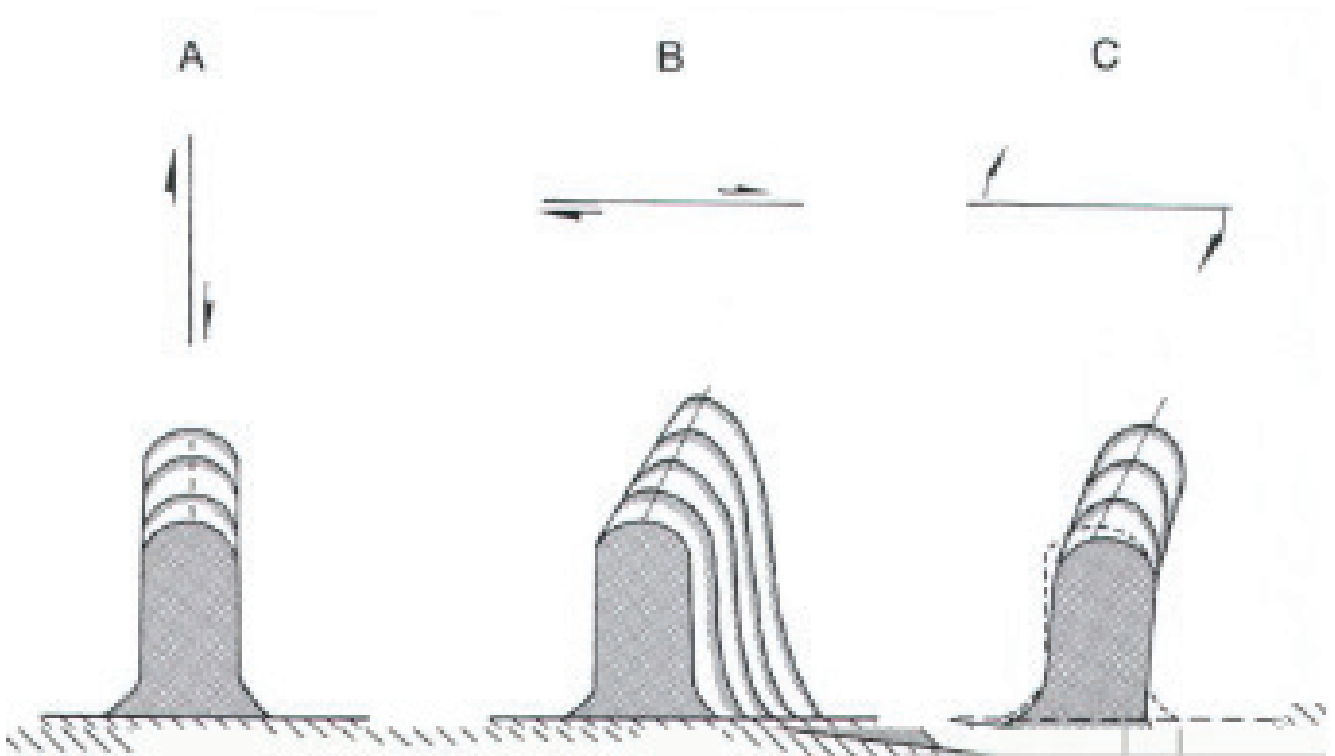
kellerden yararlanılarak mağaraların bulunduğu bölgenin deprenselliğine ışık tutacak veriler de elde edilebilmektedir.

Mağaralardaki kimyasal çökellerden birisi olan sarkıtların frekanslarının sismik frekanstan daha yüksek olmasından dolayı çoğu sarkıt, depremden sonra herhangi bir deformasyona uğramadan kalır. Ancak, ince sarkıt ve dikitler ile aykırı (eksantrik) sarkıtlar kolayca kırılabilir (1). Bu nedenle bu tür sarkıtlar paleosismik verilerin elde edilmesinde son derece yararlıdır. Bununla birlikte; paleoklim çalışmalarında olduğu gibi paleosismoloji çalışmaları açısından da en uygun örnekleri, silindirik görünümlü dikitler oluşturmaktadır. Dikiti besleyen suyun miktarı, suyun akış şekli ve içeriğindeki CO₂ oranındaki değişimlere bağlı olarak çökeltim hızı ve miktarı da değişmektedir. Bu, artan çökeltim miktarına bağlı olarak dikitin genişlediği, tersi durumda ise dikit çapında daralmanın olacağı anlamına gelmektedir. Dikitin tabandan uca doğru gidildikçe azalan çapı dikiti besleyen su miktarının dönemsel olarak azaldığını göstermektedir (2).

Dikitlerin boyuna kesitlerinde, laminalar arasında görülen kalınlık ve renk farklılığı ile gelişim

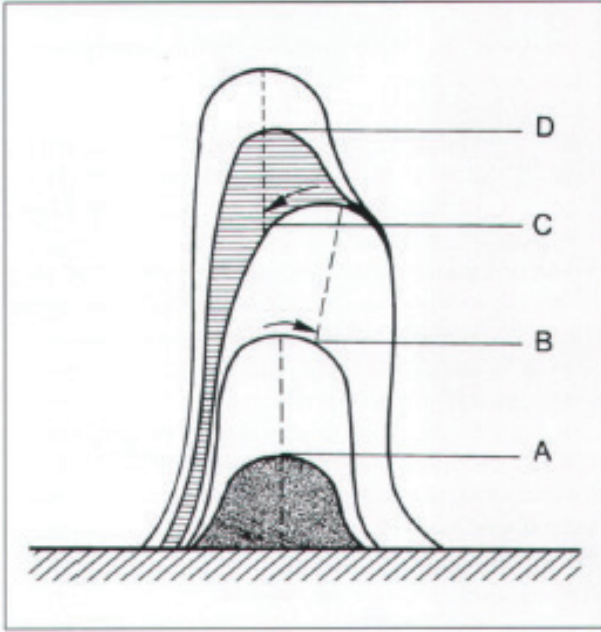
ekseni doğrultusundaki değişimler; dikitin gelişim sürecindeki ani değişimlerin göstergesidir. Paleoklim ve özellikle paleosismoloji çalışmalarında dikit gelişim eksenleri boyunca görülen bu değişimler, olası bir sismik aktivitenin olası göstergesi olarak kabul edilmektedir (1,3,4,5). Yeraltında, tektonik hareketlere bağlı gelişen titreşimlerin etkilerinin yüzeye göre daha düşük olmasına karşın; deprem sırasındaki kırılmalara bağlı olarak, kısa sürede yüksek frekanslarda enerjisinin daha fazla olacağı ve buna bağlı olarak da deprem odak merkezi uzak olan depremlerin uzun süreli düşük hızlanma hareketlerinin uzun-ince dikitler üzerinde sapma ve yer değişimlerine neden olabileceği kabul edilmektedir (6, 7).

Bu bağlamda farklı tektonik hareketler ve bu hareketlere bağlı olarak dikitler üzerinde meydana gelebilecek etkiler Şekil 1'de gösterilmektedir. Dikey hareket durumunda (A) tavandan damlayan suda herhangi bir yer değişimi olmayacağı için dikitte deformasyon gelişmeyecektir. Yatay hareket durumunda (B) ise tavandan damlayan suda herhangi bir yer değişimi olmayacağı için dikitte deformasyon gelişmeyecektir. Yatay hareket durumunda (B) ise tavandan damlayan suda herhangi bir yer değişimi olmayacağı için dikitte deformasyon gelişmeyecektir. Yatay hareket durumunda (B) ise tavandan damlayan suda herhangi bir yer değişimi olmayacağı için dikitte deformasyon gelişmeyecektir.



Şekil 1: Farklı tektonik hareketlere bağlı olarak dikit üzerinde gelişebilecek deformasyonların şematik gösterimi (3).

gelişecektir. Dönel hareket (C) durumunda ise dikiti besleyen suyun damlama noktasında değişim olmamasına karşın dikit gelişim ekseninde simetrik değişimler gözlenecektir (3).



Şekil 2: Farklı yön ve karakterdeki sismik hareketlere bağlı olarak dikit gelişim eksen ve laminalar arasındaki değişimlerin şematik gösterimi (3).

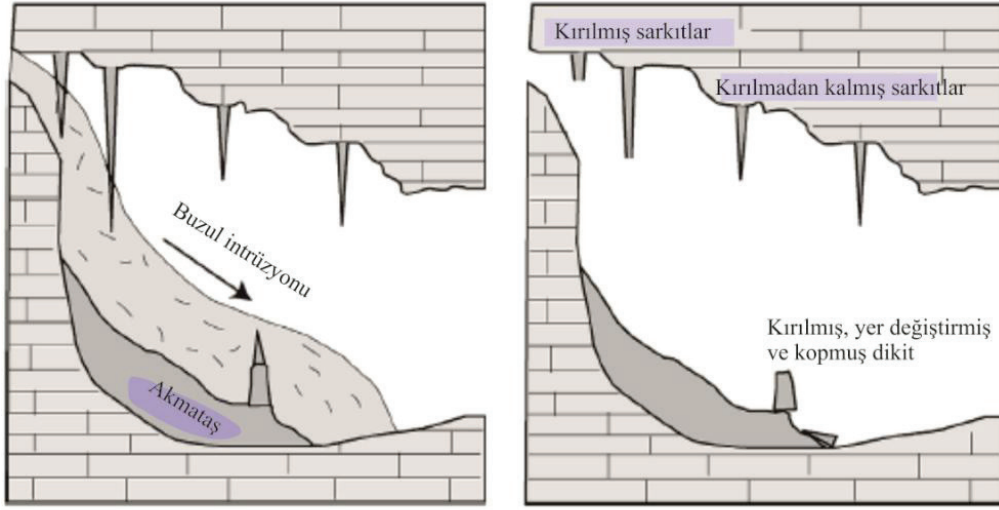
Farklı yön ve karakterdeki tektonik hareketlere bağlı olarak dikitlerin gelişim eksen açısında ve laminaları arasında gelişen ani ve keskin değişimler (şemada B ve C harfleri ile belirtilmiştir) deprem sırasında aniden boşalan mekanik enerjiden kaynaklanan sismik şoklara bağlı olarak gelişen olası doku, renk ve kimyasal değişimler dikitlerin içyapılarında görülen deprem kanıtları olarak kabul edilmektedir (Şekil 2).

Her ne kadar özellikle dikit gelişim ekseninde ve laminasyonda görülen deformasyonlar olası sismik aktivitenin kanıtı olarak kabul edilseler de; özellikle paleosismoloji ve paleoiklim çalışmalarında kullanılacak sarkıt ve dikit mağara çökellerinde görülen deformasyonların başka birçok nedeninin de olabileceği gözardı edilmemelidir. Bu nedenle paleosismoloji çalışmalarında öncelikli olarak deformasyonların nedenleri saptanmaya çalışılır. Mağara tabanını oluşturan taşınmış gevşek kum veya kil zeminin duraysızlığına bağlı olarak bu zeminler üzerinde gelişmiş dikit gibi çökellerde kırılma veya devrilme gerçekleşebilmektedir (Şekil 3). Yine, benzer şekilde çökelin bulunduğu zeminin altındaki mağara pasajlarından kaynaklanan oturma ve çökmeler de deformasyona neden olabilmektedir. Buzul kazınması ya da sellenmeye bağlı olarak mağara içine kırıntılı jeolojik malzemenin taşınması esnasında çökellerde oynama, kırılma ya da devrilme gerçekleşebilir. Fauna etkisi (özellikle ayıların kış uykusu için kullandığı mağaralarda olduğu gibi) ya da madencilik faaliyetleri veya vandalizm (barbarlık) gibi antropojenik (insan kaynaklı) etkilere bağlı olarak da deformasyonlar gelişebilmektedir.

İnsanlık tarihi boyunca barınma, korunma, av alanı, inanç merkezi gibi çeşitli amaçlarla kullanılan gelmiş olan mağaralardaki sarkıt, akmataşı ve dikit gibi çökellerde gözlenen devrilme, kuruma veya kırılma, parçalanma (vandalizm) gibi deformasyonlar büyük oranda insan kaynaklı olarak oluşmuştur. İnsanın doğrudan etkilerinin yanı sıra; mağaraların yakın çevresindeki madencilik faaliyetlerine bağlı olarak patlatma ve ağır tonajlı araç kaynaklı titreşimler de mağara çökellerinde deformasyonların gelişmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları için mağaralarda örnekleme yapılacağı zaman mağarada insan aktivitelerine ait izlerin çok iyi tanınması ve sonuçlar yorumlanırken dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 3: Sakarlık Düdeni'nde (Mersin) mağara zeminindeki oturmalara bağlı olarak devrilmiş bir dikit üzerinde gelişmiş yeni dikit (8).



Şekil 4: Snezma Jama (Slovenya) mağarasındaki mağara çökellerinin kırılmalarına neden olan buzul kazımalarının şematik gösterimi (4).

Paleosismoloji ve paleoklim verilerinin mağara çökellerinden elde edilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, çökellerde karşılaşılabilecek deformasyonların bir diğer kaynağını ise buzul kazımalarının oluşturduğu kabul edilmektedir (4). Yüksek dağlık bölgelerde, iklimdeki soğumaya bağlı olarak buz tabakaları oluşabilmektedir. Buzulların büyüklüğü yeni kar yağışları ile artmakta, artan ağırlıkla buzul kendiliğinden yavaşça hareket etmektedir. Buzullar altlarında bulunan mağaraları da etkilemektedirler. Ancak, mağaraların buzul hareketlerinden nasıl etkilendiği çok fazla bilinmemektedir (1). Dikitlerde, buzul kazımalarına bağlı gelişebilecek olası deformasyonlar şematik olarak Şekil 4'de verilmiştir. Genellikle, buzul kazımalarına bağlı deformasyonların gelişmiş olduğu düşünülen mağaralarda, kazımaya bağlı olarak mağaraya taşınan kırıntılı jeolojik malzemenin (moren) mağara duvar ve tabanında oluşturduğu kazıma izleri ve bunlardan oluşan birikimler (moren depoları) aranmaktadır. Buzul kazımalarına benzer şekilde, özellikle sellenme bölgelerinde sel suları ve beraberinde taşınan materyallerin mağara tabanında yayılması esnasında çökeller üzerinde de deformasyonlar gelişebilmektedir.

Buzul kazımaları ve/veya antropojenik vb kökenli deformasyonlar dikkate alınarak seçilen dikit-

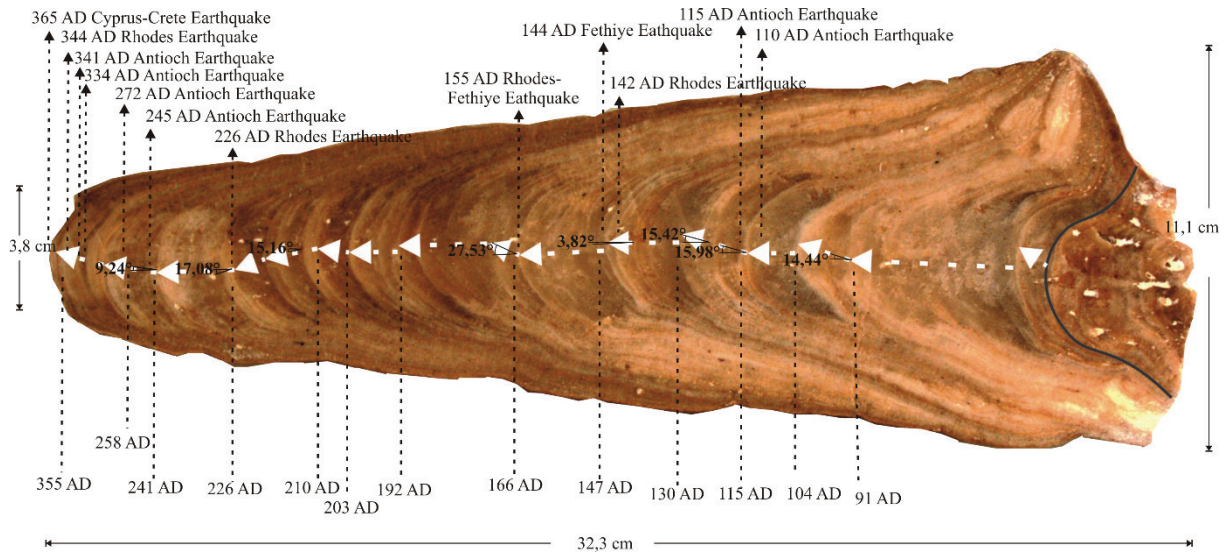
lerin özellikle gelişim eksenlerindeki sapmalar, paleosismoloji çalışmaları için oldukça iyi veriler sağlamaktadır. Dikitlerde görülen kırılma, kopma, parçalanma, kuruma gibi deformasyonların tektonik hareketlere bağlı olarak gelişip gelişmediğinin saptanmasında; deformasyonların mağara içerisindeki diğer çökeller üzerinde de kırılma, kopma, devrilme gibi benzer deformasyonların varlığı önemli bir kanıt olarak kabul edilir.

Günümüzde paleosismoloji ve paleoiklim amaçlı çalışmalarda mağara çökellerinin yaşı U/Th-230 yaş tayin yöntemiyle belirlenmekte; çökelin oluşum dönemindeki çevresel şartlar ise çökelin Oksijen-18 ve Karbon-13 izotop içerikleri kullanılarak belirlenmektedir. Başlangıç örneklerinde toryumun olmadığı kabul edilerek $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ve $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranlarının ölçülmesine dayanan U/Th-230 yaş tayini tekniği ile ilgili ilk çalışma Derek Ford, Henry Schwartz ve öğrencileri tarafından Batı Virjinya mağaralarında paleoiklim verilerinin elde edilmesi amacıyla yapılmıştır (9).

Ford ve ekibinin kullandığı yöntemle, Fransa'nın güneyinde yer alan Garrel Mağarası'nda yapılan bir çalışmada; mağara içerisindeki akmataşların gelişmelerinin Üst Pleistosen'de aktif bir faya bağlı olarak kesintiye uğradığı ve deformasyona uğramamış (kırılmamış) akmataşlarında yapılan analizler sonucu bu fayın 466.000 yıldır aktif olmadığı belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada ise, Ölü Deniz (İsrail) fayının 40 km batısında yer alan Soreq ve Har-tuv mağaralarındaki çökellerde U/Th-230 yaş tayini ve yüksek çözünürlükte ^{18}O analizleri yapılmış ve depremlerin oluşma sıklığının 10.000-14.000 yıllık bir aralığa sahip olduğu saptanmıştır (1).

Benzer bir çalışma ülkemizde de gerçekleştirilmiş ve Mersin'de yer alan farklı mağaralardan alınan dikitler üzerinde olası depremlerin kanıtları olarak görülen dikit gelişim eksen doğrultusundaki sapmaların gerçekleşme zamanları U/Th-230 yönetimi ile belirlenmiştir (8). Bu sonuçlar bölgeyi etkileyen tarihsel depremlerin gerçekleşme zamanlarıyla karşılaştırılmıştır. Paleosismoloji verilerinin elde edilebilmesi amacıyla seçilen dikit örneklerinden biri 52 m'lik tek bir inişle ulaşılabilen Sakarlak Düdeni (Silifke/Mersin)'nden alı-

nan dikit örneğidir. Örneğin oluşum ve gelişim eksen doğrultusundaki sapma zamanlarının belirlenmesi için, Manyetik Sektör MC-ICPMS tekniği ile U/Th-230 yaş tayinleri yaptırılmış; örneğin MS 55 ile MS 313 yılları arasındaki yaklaşık 258 yıllık bir dönemde çökeldiği belirlenmiştir (8). Örneğin, olası depremlerin kanıtları olarak görülen dikit gelişim eksen doğrultusundaki sapmaların yaşlarıyla mağaranın bulunduğu bölgeyi etkilemiş olan tarihsel depremlerin yaşları çok büyük oranda örtüşmektedir (Şekil 5). Örneğin; dikit gelişim eksen doğrultusundaki yaklaşık 16°lik bir sapmanın meydana geldiği noktanın çökelim zamanı M.S. 115 yılıdır. Bu tarih, literatürde anılan M.S. 110 ve M.S. 115 Antakya depremleri ile örtüşmektedir. Literatürde M.S. 110 Antakya depreminin 8 şiddetinde, M.S. 115 Antakya depreminin ise 9 şiddetinde olduğu ve deprem sonucunda yaklaşık 260.000 kişinin öldüğü belirtilmektedir (10,11,12). Benzer şekilde, dicitin uç kesimlerinde görülen lamina kalınlık ve renk farklılıkları ile dicit gelişim eksen doğrultusundaki nispeten küçük dereceli sapmalar; literatürde 9 şiddetinde olduğu belirtilen M.S. 334 Antakya depremi, 8 şiddetinde olduğu belirtilen M.S. 341 Antakya depremi, Rodos'un büyük oranda yıkıldığı 9 şiddetindeki M.S. 344 Rodos depremi ve yaklaşık 9 m yüksekliğinde tsunami dalgalarının oluştuğu belirtilen 9 şiddetindeki M.S. 365 Kıbrıs-Girit depremi ile örtüşmektedir (11,12,13,14,15,16,17).



Şekil 5: U/Th yaş verilerinden elde edilen Sakarlık Düdeni'ne (Mersin) ait dikit üzerinde gelişim eksen doğrultusundan sapmaların gerçekleştiği zamanlar ile bölgeyi etkileyen tarihsel depremlerin gerçekleşme zamanlarının karşılaştırılması (8) (Şekilde; AD latince milattan sonra anlamına gelen Anno Domini sözcüğünün kısaltmasıdır. Cyprus-Kıbrıs, Crete-Girit, Rhodes-Rodos, Antioch-Antakya, earthquake: deprem).

Sakarlık Düdeni'ne ait dikit örneğinde de görüldüğü üzere dikit gelişim eksen doğrultusunda farklı dönemlerde oluşan sapmalar, belirgin bir şekilde doğrudan ve/veya dolaylı olarak sismik hareketlere bağlı olarak gelişmiş, dikiti besleyen suyun damlama noktasının değişmesine ve/veya besleyen kanalın tıkanmasına bağlı olarak dikitin çökeli mi duraksamış ya da sonlanmıştı r.

Sonuç olarak binlerce mağaranın bulunduğu tahmin edilen ülkemizde, mağaraların buldukları bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, hidrojeolojik, sismolojik, ekolojik ve antropolojik tarihçesi hakkında önemli bilgiler içeren çok değerli veri tabanları içerdikleri anlaşılmaktadır. Bu nedenle, mağaraların yalnız sundukları görsel güzellikler açısından değil, içerdikleri bilgilerin önemi açısından da korunması büyük önem taşımaktadır.

Değ inilen Belgeler

- (1) Şebela, S., 2008. Broken speleothems as indicators of tectonic movements. *Acta Carsologica*, v. 37, no. 1, 51-62.
- (2) Bayarı, S., ve Özyurt, N., 2005. Mağara Çökellerinden Geçmiş Ortam Koşullarının Belirlenmesi. *Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu*, Konya, 19-29.
- (3) Forti, P., 2001. Seismotectonic and paleoseismic studies from speleothems: The state of the art. *Geologica Belgica* (vol. Karst & Tectonics), v. 4, no. 3-4, 175-185.
- (4) Gilli, E., 2005. Review on The Use of Natural Cave Speleothems as Palaeoseismic or Neotectonics Indicators, *C. R. Geoscience*, v. 337, 1208-1215.
- (5) Postpischl, D., Agostini, S., Forti, P., Quinif, Y., 1991. Palaeoseismicity from Karst Sediments: the "Grotta del Cervo" Cave Case Study (Central Italy), *Tectonophysis*, v. 193, 33-44.

- (6) Lacave, C., Koller, M. W., Eichenberger, U., Jeannin, P. Y., 2003. Prevention of Speleothem Rupture During Nearby Construction, *Environmental Geology*, v. 43, 892-900.
- (7) Becker, A., Davenport, C. A., Eichenberger, U., Gilli, E., Jeannin, P. Y., Lacave, C., 2006. Speleoseismology: A Critical Perspective, *Journal of Seismology*, v. 10, 371-388.
- (8) Akgöz, M., and Eren M., 2015, Traces of Earthquakes in the Caves: Sakarlak Ponor and Kepez Cave, Mersin, (Southern Turkey), *Journal of Cave and Karst Studies*, 77-1, 63-74
- (9) White, W.B., 2007. Cave sediments and paleoclimate. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 69, 76-93.
- (10) Altınok, Y., Alpar, B., Özer, N., Aykurt, H., 2011. Revision of the Tsunami Catalogue Affecting Turkish Coasts and Surrounding Regions, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 11, 273-291.
- (10) Erel, T. L., Adatepe, F., 2007. Traces of Historical earthquakes in the ancient city life at the Mediterranean region, *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, vol. 13: 241-252.
- (12) Sbeinati, M. R., Darawcheh, R., Mouty, M., 2005. The Historical Earthquakes of Syria: An Analysis of Large and Moderate Earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D., *Annals of Geophysics*, v. 48, 347-435.
- (13) Antonopoulos, J., 1980. Data From Investigation on Seismic Sea-waves Events in the Eastern Mediterranean from the Birth of Christ to 500 A.D., v. 33, 141-161.
- (14) Carayannis, G. P., 2011. The Earthquake and Tsunami of July 21, 365 AD in the Eastern Mediterranean Sea - Review of Impact on the Ancient World - Assessment of Recurrence and Future Impact, *Science of Tsunami Hazards*, v. 30, 253-292.
- (15) Papadopoulos, G. A., Daskalaki, E., Fokaefs, A., Giraleas, N., 2007. Tsunami Hazard in the Eastern Mediterranean Sea: Strong Earthquakes and Tsunamis in the West Hellenic Arc and Trench System, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 7, 57-64.
- (16) Soloviev, S. L., Solovieva, O. N., Go, C. N., Kim, K. S., Shchemikov, N. A., 2000. Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 BC - 2000 AD, *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Kluwer Academic Publishers, 244 s.
- (17) Tinti, S., Armigliato, A., Pagnoni, G., Zaniboni, F., 2005. Scenarios of Giant Tsunamis of Tectonic Origin in the Mediterranean, *Journal of Earthquake Technology*, v. 42, 171-188.



Prehistorik Arkeoloji ve Mağaralar

İlk insanlar, mağaralar ve ilk barınaklar... Bu ilişki insan türünün dünya üzerinde görüldüğü ilk andan itibaren başlamış ve milyonlarca yıl sürerek zamanımıza kadar ulaşmıştır. Bu süreçte mağaralar ilk insanların yaşamlarına ilişkin “materyal kültür” belgelerini dolguları içinde koruyarak, sağlam bir şekilde günümüze ulaşmasına katkı sağlamışlardır. İnsanoğlunun yerleşik hayata geçişi sırasında oluşturdukları yuvarlak planlı ilk konut ya da üstü kapalı bir mekân yapma düşüncesinin altında da, uzun süre yaşadıkları mağaraların etkisi büyük olmuştur.

Prof. Dr. Harun TAŞKIRAN
Ankara Üniversitesi,
Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi,
Arkeoloji Bölümü
ANKARA

htaskiran@ankara.edu.tr

Mağaralar ve insanlar arasındaki ilişkinin ortaya çıkışı insanlık tarihinin başlangıcı kadar eski olmalıdır. İnsanoğlu başlangıçta çok donanımlı bir canlı değildi. Dünya üzerinde görüldüğü ilk andan itibaren ne geriden getirebildiği kültürel bir birikimi vardı ne de yaşamını rahat bir şekilde sürdürebilecek yeterli teknolojiye sahipti. Hayatta kalabilmesi ve neslini devam ettirebilmesi için yaşamsal önem sahip iki olgudan biri beslenebilme sorunu idi. Bu sorununu önceleri çevresinde bulunduğu yabani sebze, meyve, kök ve yumurta gibi yiyecek maddelerini toplayarak çözmeye çalışmıştır. Yavaş yavaş taştan aletler yaparak av

silahlarını oluşturmalarıyla da avcılık devreye girmiş ve beslenmede önemli bir yeri olan protein ihtiyacını da bu şekilde karşılamaya başlamıştır. İlk insanlar için ikinci önemli yaşamsal olgu ise barınabilmektir. Ancak bu konuda da yetersiz olan ilk insanlar için mağaralar bir yerde doğal barınaklar olmuşlardır. Bu nedenle mağaralar ilk çağlardan itibaren insanın kendisi ve kültürüyle ilgili verileri arkeolojik ve jeolojik dolguları içinde saklamış ve günümüze kadar en iyi bir şekilde koruya gelmiştir. Dolayısıyla prehistorik arkeoloji açısından mağaralar her zaman önemli yerleşim yerleri olmuşlardır.

Mağara ve insan arasında çok eskilere dayanan bu ilişki günümüzde de hala devam etmektedir. İnsanların mağaralara olan ilgisi hiçbir zaman bitmemiştir. Bunda mağaraların gizemli yerler olması, mağaralar hakkında anlatılan ilginç hikâyeler, mağaraların içine girme korkusu ve dolayısıyla insanların merak duygusu önemli rol oynar. Ayrıca halk arasında yaygın bir kanı olarak mağaraların eşkiya, harami ve korsanların definelerini sakladıkları yerler olarak bilinmesi de etkili olmuştur. Bu yüzden ülkemizdeki mağaraların büyük bir çoğunluğu define (altın) bulma ümidiyle insanlar tarafından yapılan kaçak kazılarla delik deşik edilmiş olup, bu eylemler günümüzde de sürdürülmektedir. Bu tür kaçak kazılar maalesef arkeolojik dolguları tahrip etmekte, pek çok önemli kanıtın yok olmasına neden olmaktadır ve prehistorik arkeolojiye büyük zararlar vermektedir.

Mağaralar ülkemizin çoğu yerinde ya birtakım yiyecekler için depo olarak, ya hayvanlara ağıl, ahır olarak ya da ev gibi yaşam alanı olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Burada sözünü ettiğimiz mağaraların doğal mağaralar olduğunu özellikle vurgulamamız gerekmektedir. Ancak mağaraların yerleşim alanı olarak seçilmesinde insanoğlu oldukça seçici davranmıştır. Önüne gelen her mağarayı kullanmamıştır. Yerleşilecek mağaranın her şeyden önce sıcak tip bir mağara olmasına dikkat edilir. Ağzının güneye bakması, yazları serin, kışları ılık olması gerekir. Ayrıca çevresinde bol tatlı su kaynakları ya da yakınında bir akarsu olması tercih edilir. Özellikle Yontma Taş Çağı'nda (Paleolitik) insanların tercih ettiği

mağaralar, doğal yiyeceklerin ve av hayvanlarının bol olduğu yani mağara çevresinin avcılık ve toplayıcılık açısından zengin olduğu yerlerde bulunur. Teknolojisi tamamen taşa dayalı olan Paleolitik insanlar için mağaraların taş hammadde kaynaklarına yakın olması da ayrı bir tercih sebebidir. Yukarıda özelliklerine değindiğimiz bu tür mağaralar daha çok karstik alanlarda bulunurlar. Belirttiğimiz bu özelliklerin tamamına ya da birkaçına sahip olan mağaraların Paleolitik Çağ'da en çok tercih edilen mağaralar olduğu kanıtlanmıştır. Her ne kadar bu tür mağaralar, insanların henüz yerleşik hayata geçmediği ve konut yapımını bilmediği Paleolitik Çağ'da yoğun olarak tercih edilmişse de, insanların tamamen yerleşik hayata geçtikleri Neolitik ve Kalkolitik Çağ'da, hatta İlk Tunç Çağı'nda dahi kullanılmaya devam edilmişlerdir. Hatta bu kullanım tapınak ya da kutsal yerler olarak günümüzde dahi süregelmektedir. Türkiye'de Karain Mağarası (Döşemealtı/Antalya) bu tip mağaraların en güzel örneklerinden birisidir. Karain Mağarası'nın duvarlarında yer alan adak kitabeleri Şahin tarafından yayınlanmış (1) ve mağaranın Geç Roma döneminde bir dağ tanrıçasına tapınma yeri olarak kullanıldığı anlaşılmıştır.

Mağara oluşum yoğunluğu açısından bakıldığında, Türkiye'nin dünyadaki birçok ülkeden çok daha fazla mağaraya sahip olduğunu görürüz. Mağaralarla Türkiye'nin tüm bölgelerinde karşılaşılır. Özellikle Akdeniz, Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgelerimizde uzanan Toros Dağları mağara sayısı bakımından ilk sırada yer alır. Karadeniz bölgemizde, Kuzey Anadolu Dağları da mağara oluşumları açısından zengindir. Ancak mağara oluşumları açısından bu kadar zengin olan ülkemizde ne kadar mağara olduğu konusunda kesin bir bilgi vermek ise maalesef mümkün değildir. Prof. Dr. İsmail Kılıç Kökten'in ifadesine göre (2), Türk Tarih Kurumu, Ord. Prof. Dr. Şevket Aziz Kansu'nun düzenlediği bir anketi Türkiye'nin tüm illerine göndererek mağara ve kaya sığınakları hakkında bilgi toplamaya karar vermiştir. Yapılan bu anket sonucunda toplam 9549 adet mağara ve kaya sığınağının olduğu belirtilmiştir. Ancak Kökten, bu anketin sağlıklı olmadığını da söylemektedir. Bu konuda bize en sağlıklı bilgiyi verecek olan ve MTA Genel Mü-

dürlüğü tarafından başlatılan “Türkiye Mağara Envanter” çalışmalarının sonuçlandırılması ise en büyük beklentilerimizden biridir.

Yukarıda değindiğimiz gibi prehistorik arkeoloji açısından mağaralar her zaman önemli yerleşim yerleri olmuşlardır. Bu nedenle insanlık kültür tarihinin en eski evreleri hakkında önemli ipuçları içeren mağaralarda arkeolojik kazıların yapılması bilimsel bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak Türkiye, arkeolojik mağara kazıları açısından ulaşması gereken düzeyin oldukça gerisinde kalmıştır. Zira Mağara oluşumları açısından bu kadar zengin olan bir ülkede, bilimsel anlamda kazısı yapılan mağara sayısı iki elin on parmağını geçmemektedir. Buna şöyle çarpıcı bir örnek vermek konunun anlaşılmasına daha iyi katkı yapar. Kesin olarak bilmesek de ülkemizde yaklaşık 10.000 civarında mağara olduğunu kabul edersek, yapılan mağara kazılarının % 1’i bile bulmadığı gerçeğiyle karşılaşırız ki, bu durum ülkemiz adına gerçekten üzücü bir durumdur. 19. Yüzyılın sonlarından itibaren Türkiye’de başlayan prehistorik arkeoloji araştırmaları çerçevesinde yavaş yavaş mağara kazılarına da başlandığı görülür. Ancak bu yıllarda yapılan az sayıdaki mağara kazılarının modern kazı sistemlerinden yoksun olduğunu ve elde edilen sonuçların bilimsel açıdan doyurucu olmadığını da vurgulamak gerekir. 1940 yılına kadar az sayıda mağara ya da kaya sığınağı kazısı yapılmıştır diyebiliriz. İlk mağara kazılarının da değişik amaçlarla yabancı araştırmacılar tarafından yapıldığını görüyoruz. 1925 yılında İtalyan araştırmacı Vittorio Viale’nin Antalya limanının hemen yakınında yer alan Gurma köyünde yaptığı iki mağara kazısı bu çalışmalara örnek verilebilir. 1928 yılında Eugene Pittard kazı yapmamış fakat Adıyaman çevresinde Pirun Palanlı mağaralarının duvarlarında bulunan kazıma yaban keçisi figürlerini incelemiştir.

1938 yılında Türk Tarih Kurumu adına Prof. Dr. Şevket Aziz Kansu’nun başlattığı prehistorik araştırmalar çerçevesinde yapılan Eskişehir İnönü (A ve B) mağaraları kazıları ise, Türk araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen ilk mağara kazısıdır (3). Kansu yaptığı kazıların yanı sıra yakın çevrede yer alan çok sayıdaki mağarada da araştırmalar yapmıştır. Aynı yıl Dorothy Garrod, James

H. Gaul ve Bruce Howe’un İç Anadolu Bölgesi’nde yaptığı araştırmalar sırasında Haymana’da (Ankara) Kızılkaya Mağaraları ile Felahiye’de (Kayseri) Ellice Mağarası kazılmıştır. Yapılan tüm bu kazıların bilimsel açıdan çok önemli sonuçlar ortaya koymadığı açıktır. Bu kazılar daha çok çok kısa süreli test ya da sondaj kazıları şeklinde yapılmıştır.

1940-1980 yılları arasında prehistorik arkeolojide yüzey araştırmalarıyla birlikte mağara kazılarının da arttığı görülür. Bu yıllar arasında başta Prof. Dr. İsmail Kılıç Kökten’in Türkiye’nin tüm bölgelerini kapsayan araştırmaları ve kazıları sayesinde çok sayıda önemli Paleolitik yerleşim yerinin keşfi yapılmıştır (4). Kökten’in çalışmalarının yanı sıra Prof. Dr. Şevket Aziz Kansu, Prof. Dr. Muzaffer Süleyman Şenyürek ve Prof. Dr. Enver Yaşar Bostancı da, Türkiye’nin belirli yerlerinde Paleolitik Çağ ile ilgili yüzey araştırmaları ve mağara kazıları yapmışlardır. Bu dönemde önemli mağaralar saptanmış ve önemli mağara kazıları yapılmıştır. Bunlar arasında Karain, Öküzini, Kızılın, Çarkini, Kadiini (Antalya), Yarımurgaz (İstanbul), Kapalıin (Isparta), Yağlak, Direkli (Kahramanmaraş), Büyük (İncili), Merdivenli, Tıkalı ve Kanal (Hatay) mağaralarını sayabiliriz. Ancak modern sistemlerden yoksun, kazma kürekle yapılan ve disiplinlerarası çalışmaların göz ardı edildiği, hele hele hiç mutlak yaşlandırma çalışmasının yapılmadığı bu kazılar da sonuçları bakımından çok doyurucu olamamışlardır.

Türkiye’de modern anlamda sistemli mağara kazılarının 1980’li yıllarda başladığını belirtmekte yarar vardır. Bu kazılardan bazılarını burada örnek olarak verebiliriz:

Karain Mağarası: Türkiye’de modern anlamda mağara kazısı denilince akla gelecek ilk yer Karain Mağarasıdır (Şekil 1). Mağara Antalya’nın 30 km kuzeybatısında, Döşemealtı İlçesine bağlı Yağca Mahallesi sınırları içerisinde yer alır. 1946 yılında Prof. Dr. İsmail Kılıç Kökten tarafından saptanan ve bilim dünyasına tanıtılan mağarada yine Kökten’in 1974 yılındaki vefatına kadar aralıklarla arkeolojik kazılar sürdürülmüştür (5, 6, 7, 8). Yaklaşık 10 yıl sonra 1985 yılında Prof. Dr. Işın Yalçınkaya başkanlığında yeniden başlatılan ve modern tekniklerle disiplinler arası yaklaşımla yapılan sistemli kazılar, Yalçınkaya’nın emekli

olması üzerine günümüzde yazar tarafından sürdürülmektedir.

Karain Türkiye’de Paleolitik Çağ’ın tüm dönemlerini veren, Türkiye’nin Paleolitik Çağ kronolojisinin oluşturulmasında önemli bir görev üstlenen temel mağara yerleşimidir. Uygun konumu ve çevresel koşullarıyla Paleolitik Çağ’ın ilk döneminden itibaren insanların ilgisini çekmiş ve çok uzun süreli bir yerleşime sahne olmuştur. Alt Paleolitik, Orta Paleolitik ve Üst Paleolitik dönemlerin yontmataş kültürlerini dolguları içinde stratigrafik bir şekilde veren Karain Mağarası’nda, aynı zamanda Paleolitik Çağ’ın hemen sonrasında devam eden Epi-paleolitik dönem de zengin bir şekilde temsil edilmektedir. Mağara Pleyistosen’de olduğu gibi Holosen döneminde de yoğun bir şekilde iskâna tabi olmuştur. Mağaranın özellikle B Gözü’ndeki arkeolojik dolguları; Neolitik, Kalkolitik ve Erken Bronz Devrine ait zengin buluntular verir. Hatta mağaranın duvarlarında yer alan adak kitabe ve nişlerinden Geç Roma Dönemine kadar mağaranın bir tapınak olarak kullanıldığı da bilinmektedir.

Karain Mağarası’nda yapılan uzun soluklu kazılar son derece ilginç sonuçlar vermiştir. Orta Paleolitik dönemde daha yoğun olarak işgal edilen mağarada, gerek Kökten (9) ve gerekse Yal-

çinkaya kazıları sırasında, bu dönemin insanları olan Homo neanderthal’lere ait fiziki kalıntılara da rastlanmıştır (10, 11). Türkiye’nin fosil insanlarına ilişkin kanıtlar sunan tek mağara yerleşimi olması nedeniyle de Karain mağarasının özel bir ayrıcalığı vardır. Gerçekleştirilen arkeolojik kazılarla ayrıca, farklı insan gruplarının yarattıkları yine bu mağaraya özgü yontmataş kültürleri de ortaya çıkartılmıştır. Son kazılarla oluşturulan yeni stratigrafiye göre en üstte 30-40 cm kalınlığında Geç-Üst Paleolitik döneme ait olan seviyeler vardır. Bunun altından çok kalın bir Orta Paleolitik katlaşım kendini göstermektedir. Orta Paleolitik katlar iki farklı kültürel geleneği yansıtmaktadır. Günümüze yakın olan Karain Tip Moustérien, daha eski olanı ise Charentien Tip Moustérien olarak isimlendirilmiştir. Orta Paleolitik katların altında ise bir Proto-Charentien söz konusudur. Bu tabakaların altından ise Alt Paleolitik dönemin arkeolojik tabakalarına ulaşılmaktadır. Alt Paleolitik dönemin arkeolojik tabakaları içinde hem iki yüzeyli alet kültürü Acheuléen’in, hem de yonga kültürleri Tayacien ve Clactonien’in izlerine rastlanmıştır. Yapılan son çalışmalarla Karain Mağarası’nın bu kesintisiz Paleolitik Çağ katlaşımının G.Ö. (Günümüzden Önce) 500.000 ile 15.000 yılları arasında yer aldığı ortaya konulmuştur.

Arkeolojik kazıların yanı sıra, jeolojik-jeomor-



Şekil 1: Karain Mağarası içinde arkeolojik kazı çalışmaları

folojik, sedimantolojik, paleontolojik incelemeler, polen analizleri, mikro ve büyük memelilere ait çalışmalar, mollüskler (yumuşakçalar) üzerinde malakolojik incelemeler yapılmış ve çeşitli radyometrik yaşlandırma yöntemleri uygulanmıştır. Böylece, bir yandan arkeolojik veriler, öte yandan ilk insanların yaşadığı dönemlerdeki fauna, flora, çevre ve iklim koşullarına ilişkin kanıtlar ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Artık Günümüzden Önce (G.Ö.) 160.000-60.000 yılları arasında Karain Mağarası'nın önünde bir göl olduğunu ve bu göl çevresinde bugün Anadolu'da yaşamayan fillerin, su aygırlarının ve gergedanların dolaştığını rahatlıkla söyleyebiliyoruz. Zira Karain kazılarında elde edilen fauna kalıntıları içinde fil, gergedan, su aygırı, yabani at, yabani keçi ve koyun, geyik, domuz, aslan, sırtlan ve panter gibi hayvanların fosil kemik kalıntılarına rastlanmıştır. Bu tür buluntular Prehistorik arkeoloji açısından mağara kazılarının ne kadar önemli olduğunu en güzel kanıtlardır.

Yarımburgaz Mağarası: Aşağı ve Yukarı Mağara olmak üzere iki gözden oluşan bu mağara bugün İstanbul ilinin sınırları içindedir. İstanbul'un 22 km kuzeybatısında, Küçükçekmece Gölü'nün kuzeyinde yer alan bir mağaradır (Şekil 2). Yarımburgaz Mağarası'nda çeşitli dönemlerde arkeolojik kazılar gerçekleştirilmiştir. İlk kazılar 1963 yılında Prof. Dr. Şevket Aziz Kansu ve Prof. Dr. İsmail Kılıç Kökten tarafından Aşağı Mağarada yapılmıştır (12). Arkeolojik kazılara 1964 ve 1965 yıllarında da devam edilmiştir. İlk kazılarda mağaranın en eski yerleşiminin Orta Paleolitik döneme ait olduğu ileri sürülmüştür (13).

İlk kazılardan sonra mağarada yaklaşık 20 yıl herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Ancak mağaranın İstanbul'un çok yakınında bulunması, özellikle Yeşilçam filmlerinin bazı sahnelerinin burada çekilmesine neden olmuştur ve dolayısıyla arkeolojik dolguların tahrip edildiği görülmüştür. Bu ve farklı amaçlarla yapılan tahribatlara kayıtsız kalamayan Prof. Dr. Mehmet Özdoğan Yarımburgaz Mağarası'ndaki arkeolojik kazıları 1986 yılında tekrar başlatmıştır (14). Bu kazılarda mağaranın en eski yerleşiminin Alt Paleolitik döneme ait olduğu anlaşılmış ve mağaranın bilim dünyasındaki önemi birden artmıştır (15).



Şekil 2: Yarımburgaz Mağarası ana giriş görünümü

Mağarada son kazılar ise 1988-1990 yılları arasında Prof. Dr. Güven Arsebük başkanlığındaki bir ekip tarafından gerçekleştirilmiştir (16). Bu kazılar daha çok mağaranın Pleyistosen dönemini aydınlatmaya yöneliktir. Elde edilen yontmataş buluntu topluluğu yontuk çakıl (chopper ve chopping tools) ve kaba yonga aletlerden oluşur. Kuhn ve diğerleri Levallois ve iki yüzeyli alet teknolojisinin izlerinin görülmediğini ve bu nedenle de yontmataş buluntu topluluğunun daha çok Tayacien kültüre ait olduğunu belirtirler (17). Son kazılar, Yarımburgaz mağarasının Orta Pleyistosen'in sonlarına ait, Türkiye'nin en eski mağara yerleşim yerlerinden biri olduğunu ortaya koymuştur. Mağaradan elde edilen en eski uranyum-toryum yaşı yaklaşık G.Ö. 400.000 civarındadır (18).

Suluin Mağarası: Karain Mağarası'nın 1 km kuzey doğusunda yer alır. Deniz seviyesinden 320 m yükseklikte bulunan mağara, önündeki ovadan ise 20 m yüksekliktedir. Mağara tek boşluktan oluşur ve dip kısmında turkuaz ve lacivert renklerin hâkim olduğu muazzam bir karstik tatlı su gölü bulunur. Mağara 2007-2014 yılları arasında Prof. Dr. Harun Taşkıran başkanlığındaki bir ekip tarafından kazılmıştır (Şekil 3). Suluin, mağaraların Paleolitik Çağ sonrasında da insanlar tarafından kullanıldığına güzel bir örnek teşkil eder.



Şekil 3: Suluin Mağarası içinde arkeolojik kazı çalışmaları

Arkeolojik kazılar sırasında elde edilen dört adet C14 yaşının tamamı M.Ö. 6. bini yani Geç Neolitik dönemi işaret etmektedir (19). Suluin kazısı, Batı Toroslarda yer alan mağaraların sadece avcı-toplayıcı topluluklar tarafından değil aynı zamanda yerleşik hayatı benimsemiş Neolitik, Kalkolitik ve İlk Tunç Çağı insanları tarafından da iskân edildiğini göstermiştir. Bu nedenle Suluin Mağarası Çubuk Boğazı'nın hemen kuzeyinde yer alan Bademağacı ve Höyücek gibi Göller Bölgesi höyük yerleşimlerinin Akdeniz Bölgesi ile olan sosyo-ekonomik ve ticari ilişkilerini aydınlatacak önemli bir mağara yerleşimi olarak görünmektedir.

Direkli Mağarası: Anadolu'da son yıllarda kazısı yapılan bir diğer önemli mağara yerleşimi,

Epi-paleolitik dönemi temsil eden Direkli Mağarasıdır. Mağara Kahramanmaraş il merkezine 60 km. uzaklıkta, Onikişubat İlçesi, Döngel Mahallesi, Yukarı Döngel mevkiinde yer almaktadır. İlk kez 1959 yılında Prof. Dr. İsmail Kılıç Kökten tarafından keşfedilmiş ve kazılmıştır. Mağarada 2007 yılından itibaren Yrd. Doç. Dr. C. Merih Ereğ başkanlığında yeni ve sistemli kazılar tekrar başlatılmıştır (Şekil 4). Direkli Mağarası'nın 5. ve 7. tabakaları arası Epi-paleolitiğin Erken Natufian kültürüyle paralel bir kültürü yansıtır. Yontmataş endüstrinin % 90'lık bölümünü yarımaylar oluşturur. 7. arkeolojik seviyenin karbon tarihi M.Ö.10.730'dur (20). Söz konusu karbon tarihi ise Yakındoğu'nun Geç Natufian'ına denk gelmektedir.

Sonuç olarak; ilk insanların doğal barınakları olan mağaraların arkeolojik açıdan araştırılmasına ülkemizde yeteri kadar önem verilmediği bir gerçektir. On binlerce mağaradan bazıları günümüzde turizm amaçlı olarak ziyarete açılmıştır. Ayrıca mağaraların değişik amaçlarla kullanımları da söz konusudur. Ancak mağaraların doğal güzellikleri yanında dolgularında sakladıkları kültürel zenginlikler nedeniyle prehistorik arkeoloji açısından önemi daha ağır basmaktadır.

1980'li yıllardan başlayarak günümüze kadar devam eden modern ve sistemli mağara kazılarının sayısı oldukça azdır. Bununla birlikte Yarım-



Şekil 4: Direkli Mağarası içinde arkeolojik kazı çalışmaları

burgaz, Karain, Öküzini, Suluin, Direkli ve Üçağzılı mağaralarında yapılan kazılarda elde edilen sonuçlar, Türkiye prehistorik arkeolojisine çok büyük katkılar sağlamıştır. İnsanoğlunun en az bilinen ve en çok merak edilen uzak geçmişine dair bilgilerimizin tamamlanması için mağara zengini olan Türkiye’de, mağara kazılarının sayısının artırılmasında fayda vardır. Özellikle Paleolitik Çağ ile ilgili yapılacak prehistorik arkeoloji kazıları, ilk insanların kültürel ve biyolojik evrimine, insanın kökenine, yaşam biçimlerine, düşünce yapılarına ve kültürlerine ait gizli kalmış birçok soruya verilecek cevapların ipuçlarını bizlere verebilecek uğraşılardır. Bu nedenle disiplinler arası işbirliği ve anlayışla sürdürülmesi gereken mağara kazılarının bu konuda yetişmiş ve deneyim sahibi olmuş arkeologlarca yapılması gerekir.

Son söz: İnsanlığın uzak geçmişine ait sırlarını çözecek bulmacanın soldan sağa ilk satırı Prehistorik arkeoloji ve yukarıdan aşağı ilk satırı ise Paleolitik mağaralardır.

Değerlenen Belgeler

- (1) Şahin, S., 1991. Bemerkungen zu Lykischen und Pamphyliischen Inschriften, Epigraphica Anatolica 17:113-138.
- (2) Kökten, İ.K., 1952. Anadolu’da Prehistorik Yerleşme Yerlerinin Dağılışı Üzerine Bir Araştırma, AÜDTCF Dergisi, Ankara, X (3-4), 167-207.
- (3) Kansu, Ş.A., 1939. Türk Tarih Kurumu Prehistorik Araştırmaları, Belleten, Ankara, III (9), 93-97.
- (4) Kökten, İ.K., 1952. Anadolu’da Prehistorik Yerleşme Yerlerinin Dağılışı Üzerine Bir Araştırma, AÜDTCF Dergisi, Ankara, X (3-4), 167-207.
- (5) Kökten, İ.K., 1955. Antalya’da Karain Mağarasında Yapılan Prehistorya Araştırmalarına Toplu Bir Bakış, Belleten, Ankara, XIX (75), 271-293
- (6) Kökten, İ.K., 1957. Antalya’da Karain Mağarasında Yapılan Tarihöncesi Araştırmalara Toplu Bir Bakış, Türk Arkeoloji Dergisi, Ankara, VII (1) 46-48
- (7) Kökten, İ. K., 1959. Tarsus-Antalya Arası Sahil Şeridi Üzerinde ve Antalya Bölgesinde Yapılan Tarihöncesi Araştırmaları Hakkında, Türk Arkeoloji Dergisi, Ankara, VIII (2), 10-16.

- (8) Kökten, İ. K., 1964. Karain’in Türkiye Prehistoryasında Yeri, Türk Coğrafya Dergisi, Ankara, XVIII-XIX (22-23), 17-27.
- (9) Kökten, İ.K., 1949. 1947 yılı Tarihöncesi Araştırmaları Hakkında İlk Kısa Rapor, Belleten, XIII/52, Ankara, s.811-831.
- (10) Yalçinkaya, I., 1988. 1986 Yılı Karain Kazısı, IX. Kazı Sonuçları Toplantısı I: 15-37.
- (11) Yalçinkaya, I., 1989. 1987 Yılı Karain Kazısı, X. Kazı Sonuçları Toplantısı I: 15-36.
- (12) Kansu, Ş.A., 1963 Marmara Bölgesi ve Trakya’da Prehistorik İskan Tarihi Bakımından Araştırmalar (1959-1962), Belleten, Ankara, XXVII (108), 657-671.
- (13) Kökten, İ.K., 1963. İstanbul Batısında Eskitaş (Paleolitik) Devrine Ait yeni Buluntular, AÜDTCF Dergisi, Ankara, XX(3-4), 277-278.
- (14) Özdoğan, M., 1988, Yarımburgaz Mağarası 1986 Yılı Kazı Çalışmaları , Araştırma Sonuçları Toplantısı, Ankara, V 323-346.
- (15) Özdoğan, M., 1990. Yarımburgaz Mağarası , Türk Tarih Kongresi, Kongreye Sunulan Bildiriler, Ankara, 10, 373-388.
- (16) Arsebük, G. 1996. Trakya’da Eski bir Yerleşim yeri: Yarımburgaz Mağarası Alt Paleolitik Çağ Bulguları, Anadolu Araştırmaları, İstanbul, XIV, 33-50.
- (17) Kuhn, S.L., Arsebük, G. And Clark Howell, F., 1996. The Middle Pleistocene Lithic Assemblage From Yarımburgaz Cave, Turkey, Paléorient, Paris, 22(1), 31-49.
- (18) Arsebük, G. 1998. Yarımburgaz Mağarası. Pleistosen Arkeolojisi ile ilgili Son Çalışmalara 1997 Gözüyle Özet Bir Bakış, TÜBA-AR, Ankara, 1, 9-25.
- (19) Taşkıran, H., 2014. İnsanlığa Kucak Açan Suluin Mağarası - The cave that received humanity with open arms , Antalya Kültür ve Turizm Dergisi, Yıl: 4 (Mart-Nisan 2014), Sayı 22, 109-112.
- (20) Erek, C.M., 2012. Güneybatı Asya Ekolojik Nişi içinde Direkli Mağarası Epipaleolitik Buluntularının Değerlendirilmesi, Anadolu/Anatolia 38, 53-66.

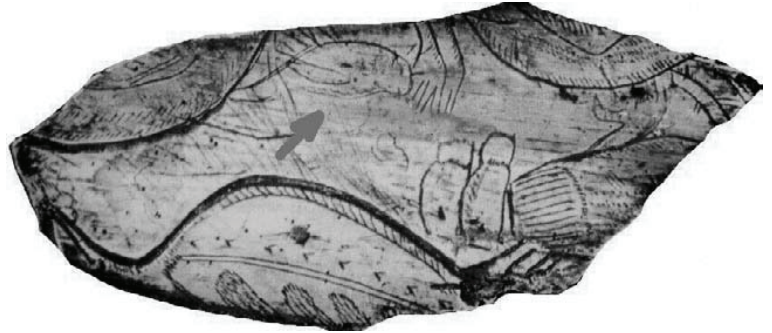


Mağara Biyolojisi

Tarihin bilinen en eski dönemlerinden beri mağaralar, insanlar için ilgi çekici mekanlar olmuşlardır. Bu ilgi, barınma ihtiyacının karşılanmasından sportif keşif tutkusuna kadar geniş bir yelpazede kendi göstermiştir. Modern bilimin hızlı gelişimiyle birlikte mağaralar artık birçok bilim dalının da sorularına yanıt üretir hale gelmiştir. Mağara biyolojisi de bu bilim dalları arasında önemli bir yer alır.

Emrah ÖZEL
Kentucky Üniversitesi,
Entomoloji Bölümü, ABD
emrahozel@uky.edu

İnsanın mağara canlılarına ilgisi, tarihöncesi dönemlere kadar uzanır. Bilinen en eski mağara canlısı tanımı, Fransa'daki Grotte des Trois Frères (Üç Kardeş Mağarası) içinde bulunmuştur (Şekil 1). Batı Pirene Dağlarındaki bir çalışma sırasında ortaya çıkarılan bu bizon kemiği parçası 1928 yılında yayınlanmış (1) ve üzerinde mağara çekirgesi çizimi olduğu belirtilmiştir. Daha sonraki çalışmalar, bu çizimin *Troglophilus* cinsine ait, Batı Avrupa mağara sistemlerinde sıklıkla görülen bir türe ait olduğunu göstermiştir.



Şekil 1: Üzerinde mağara çekirgesi çizimi bulunan bizon kemiği parçası (Trois Frères Mağarası (1))

Rönesans dönemi, mağara canlılarıyla ilgili bilinen en eski yazılı belgelerin kaleme alındığı dönemdir. Örneğin Venedikli şair Giovanni Giorgio Trissino tarafından 1537 tarihinde yazılan mektuplarda bir mağara amfipodu (tahminen *Niphargus costozae*) betimlenir. Bu mektupları takip eden yıllarda, 1540 yılında Çin’de yerel bir yönetici olan Yi Jing Xie, gezi günlüklerinde bir mağara balığı türünden bahseder. Xie’nin anlattığı mağara balığı ancak 1994 yılında bilimsel olarak tanımlanabilmiştir. 16. yüzyıldaki bu iki önemli çalışma, coğrafi keşifler açısından altın çağını yaşayan Avrupa ve Çin’de mağara canlılarına duyulan merakın bir göstergesidir.

Modern bilimin başlangıcı olarak kabul edilen 17. yüzyılın ortalarında birçok mağara canlısı tanımlanmış, özellikle Aleksander von Humboldt ve Josephi Nikolay Laurenti gibi araştırmacıların mağara balıklarıyla ilgili çalışmaları geniş yankı bulmuştur. Mağaraların turistik açıdan ilgi odağı haline gelmesi 19. yüzyılın başlarında iki büyük mağara sisteminin, Mamut Mağarası (1799, ABD) ve Postojna Mağarası’nın (1818, Slovenya) keşfiyle başlar. Bu dönemde mağara biyolojisi (=biyospeleoloji) alanında çalışan ilk zoologlardan olan Danimarkalı J. C. Schiödte, Slovenya mağaralarının biyolojik envanterini çıkarmış, ilk kez mağara faunasını ekolojik sınıflara ayırmıştır. Ayrıca biyospeleoloji ile ilgili bazı terimler (troglofil, troglobit gibi) ilk kez bu dönemde kullanılmaya başlanmıştır. Bugün genel kabul gören ekolojik sınıflandırma sisteminin temeli, Schiner-Racovitza Sistemi, 1857 yılında J. R. Schiner tarafından önerilmiş ve 1907 yılında E. Racovitza tarafından tekrar düzenlenip yayınlanmıştır. Bununla birlikte Barr sistemi olarak adlandırılan daha güncel bir sınıflandırma ise 1968 yılında Thomas C. Barr tarafından önerilmiştir.

İlk biyospeleologların yanı sıra Darwin de mağara canlılarına, özellikle karanlık ortamlara uyumları ve görme duyusunun körelmesine ilgi duymuştur. Evrimsel biyolojinin temeli kabul edilen Türlerin Kökeni (1859) kitabında Darwin, mağara canlılarını ‘antik yaşamın enkazları’ olarak tanımlamış, ancak bu durumu doğal seçilim olgusu üzerinden açıklamakta zorlanmıştır. Bu sebeple Türlerin Kökeni kitabının yayınlanmasını takip eden yıllarda mağara canlılarının kökeni daha

çok Lamarck’çı, yani kazanılan karakterlerin kalıtımı temeline tartışılmıştır. Yüzyılın sonuna doğru Lanchester, *Nature*’da yayınlanan makalesinde Lamarck’çı görüşlere şiddetle karşı çıkmış ve tartışmayı tekrar doğal seçilim temeline oturtmuştur.

Yirminci yüzyılda ortaya çıkan birçok gelişme, özellikle moleküler yöntemlerin gelişmesi, popülasyon genetiğinin ortaya çıkışı, DNA’nın dizilmesi ve bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte biyoloji bilimi ve dolayısıyla biyospeleoloji altın çağını yaşamıştır.

Türkiye’de Biyospeleoloji’nin tarihçesi

Türkiye ve yakın coğrafyası, mağaralar ve mağara canlıları açısından önemli zenginliğe sahip bir bölgedir. Günümüzde birçok yerli ve yabancı araştırmacı bu zenginliğin bilim dünyasına kazandırılması için çalışsa da özellikle yabancı araştırmacıların bu bölgedeki mağara canlılarına ilgisi 19. yüzyılın ortalarında başlar. Osmanlı’nın gerileme döneminde jeoloji, paleontoloji (fossil bilimi), entomoloji (böcek bilimi) ve tıp alanlarında önemli çalışmalar yapan ve Kızılay’ın kurucularından olan Karl Eduard Hammerschmidt (Macar kökenli Abdullah Bey), Yarımburgaz (İstanbul) Mağarasında yaptığı biyolojik çalışmaları 1873 yılında yayınlamıştır. Daha sonra, yirminci yüzyılın ortalarında bazı balık ve omurgasız türleri üzerine yapılan çalışmalar öne çıkmaktadır. Bununla birlikte dönemin belki de en az bilinen ama önemli araştırmacılarından biri de Perihan Şadoğlu’dur. Curt Kosswig’in İstanbul Üniversitesi’nden öğrencisi olan Şadoğlu, 1957 yılında yayınladığı çalışmada mağara sularında yaşayan normal ve pigmentli bir *Astyanax* balığını, gözsüz ve renksiz (pigmentsiz) bir *Anoptichthys* balığı ile çaprazlamış, sonucunda bu albinistik karakterin bir gen çiftinin epistatik etkileşiminden kaynaklandığını belirtmiştir. Şadoğlu mağara balıklarıyla ilgili çalışmalarını 1970 yılına kadar sürdürmüştür. Şadoğlu ayrıca 1953 yılında meyve yiyen yarasalar ile ilgili çalışmalarını yayınlamış ve 1955 yılında Kosswig ile birlikte Anadolu’daki bazı yarasaların kaydını tutmuştur.

Türkiye coğrafyasında mağara biyolojisi ile ilgili çalışmalar 1800’lerin ortalarında başlasa

da yayınlanan makalelerin çoğu yabancı dilde olmasından dolayı bilim çevrelerinin konuya ilgisi Avrupa'nın çok gerisinde kalmıştır. Koswig'in 'mağara seyahatleri' ile başlayan Türkçe literatür, günümüze kadar önemli gelişmeler kaydetmiş olmasına rağmen Türkiye yeraltı biyoçeşitliliği ile ilgili tam ve kapsayıcı bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte, özellikle yerli araştırmacılar tarafından çalışılan ve iyi bilinen gruplar arasında yarasalar (2)–(7), çekirgeler (8)–(12), örümcekler (13), (14), sucul fauna elemanları (15)–(19), ve bazı mikroorganizmalar (20), (21) bulunmaktadır.

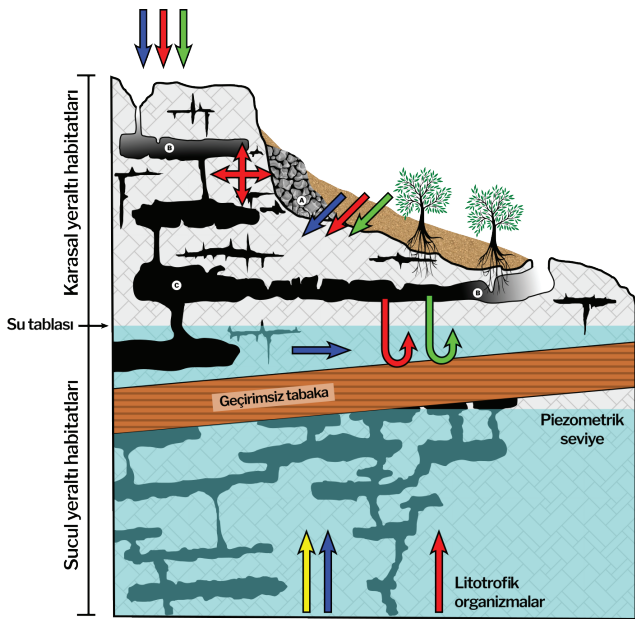
Yeraltı Ekosistemlerinin Temel Özellikleri

Mağara kelimesi kabaca insanların girebileceği doğal oyuk ya da galeri sistemlerini tarif etmek için kullanılır. Mağaralar ve yeraltı sistemleri karstik ya da volkanik (pseudokarst) kökenli olabilir. Slovence'den köken alan karst kelimesi, çözünebilir kayalardan oluşmuş yer şekillerini tanımlar. Bu yer şekilleri kireçtaşı, dolomit ya da jips kökenli olabilir. Karstik kayalar, suyun asitliğinden kaynaklanan aşındırıcı etki sonucu düden, dolin, akifer ve mağara gibi yüzeye doğrudan ya da dolaylı bağlantılı yeraltı boşlukları oluşturur. Bu yapılar gelişme durumuna ve suyun varlığına bağlı olarak aktif ya da fosil nitelikte olabilirler.

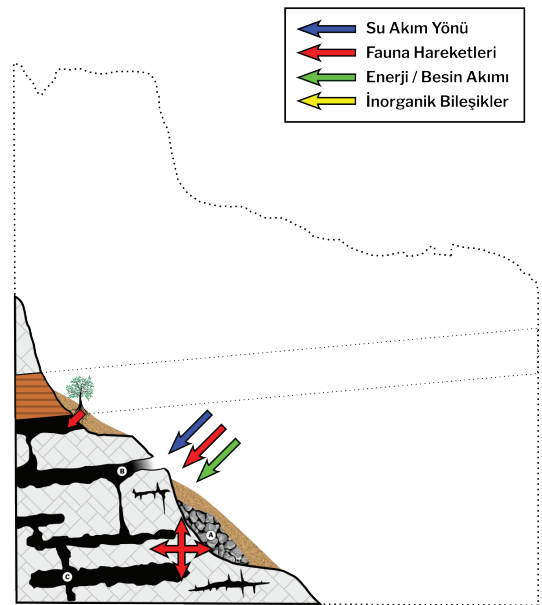
Yeraltı (hypogean) habitatları (yaşam alanları) karasal ve sucul olmak üzere ikiye ayrılır. Genellikle karanlık ve iklimsel açıdan durağan ortamlardır. Ayrıca güneş ışığının ve fototrofik birincil üreticilerin bulunmaması (ya da az bulunması) dolayısıyla besin sınırlıdır. Bu nedenle besin ve organik madde girdisi bakımından yüzeye bağımlı (allokton) ya da yüzeyden bağımsız (otokton) olabilirler. Bununla yanı sıra, çevresel parametreler göz önünde bulundurulduğunda yeraltı habitatları sucul ve karasal olmak üzere iki temel kategori altında sınıflandırılabilir (Şekil 2).

Karasal Yeraltı Habitatları

1. Kayaçlararası çatlak ve boşluklar: Bu habitat tipi çakıl ve döküntü taşlar arasında kalan boşluk ve kanallar olarak tanımlanır. Bu boşluklar daha yoğun bir toprak tabakasıyla örtüldüğünde dış ortamdan izole olur ve bazı türler için yaşam ortamı oluşturur. Besin ve organik madde girdisi diğer karasal yeraltı habitatlarına oranla daha fazladır. Karstik bölgelerde bu habitat epikarst olarak adlandırılır ve bazı durumlarda epikarst, yüzey ile mağara sistemleri arasında geçiş habitatı olarak işlev görür.
2. Mağara girişleri ve alacakaranlık bölge:



t_0 : aktif dönem

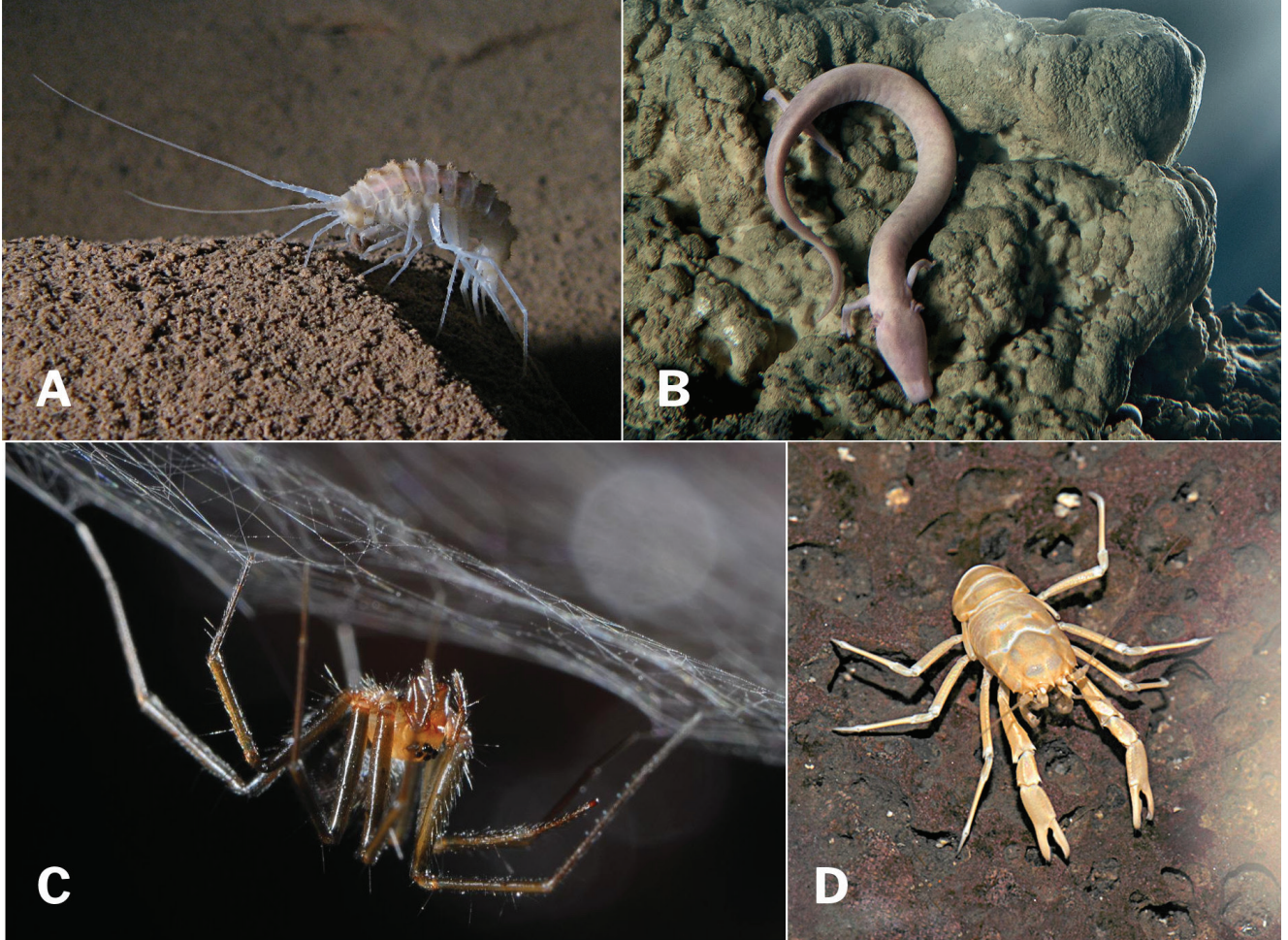


t_1 : inaktif (fosil) dönem

Şekil 2: Sucul ve karasal yeraltı habitatları ((22)'den değiştirilerek alınmıştır.)

Doğal ve insan yapımı mağaraların günışığına maruz kalan kısımlarıdır. İklimsel özellikleri dış etkenlerden etkilenmekle beraber görece durağandır. Günışığı nüfuzu ve iklimsel değişkenlik mağaranın derinlerine gidildikçe azalır. Bu habitat bölgesinde çiçekli bitkilerin yanı sıra eğreltiotları, karayosunları, yeşil algler ve siyanobakteriler bulunabilir.

3. Mutlak karanlık: Mağara ve oyukların günışığından yoksun, besin açısından oldukça kısıtlı ve iklimsel şartların oldukça durağan olduğu habitat bölgesidir. Besin ve organik madde akışı biyotik (guano, ölü hayvan bedenleri, bitki kökleri ve kemoototrof bakteriler) ya da abiyotik (su akımları ile gelen bitki parçaları ve suda çözülmüş maddeler) yoldan olabilir.



Şekil 3: Karasal ve sucul mağara habitatlarında yaşayan bazı türler: A) Sucul *Niphargus balkanicus* (Foto: Gergely Balázs, Eylül 2008, Bosna-Hersek); B) Sucul *Proteus anguinus* (Foto: www.postojnska-jama.eu/en/nature-and-fauna/); C) Karasal *Turinyphia cavernicola* (Foto: Pedro Cardoso, Haziran 2016, Azores); D) Su-

cul *Munidopsis polymorpha* (Foto: Lubos Mraz, Mayıs 2011, Kanarya Adaları)

Sucul Yeraltı Habitatları

1. Kayaçlararası sucul (interstitial) habitat: Karasal çatlak ve boşluk sistemlerine benzer şekilde birbirine bağlı bu boşlukların su altında kalmasıyla meydana gelir. Üst katmanın kalınlığına bağlı olarak günlük sıcaklık değişikliklerinden ciddi ölçüde etkilenir.

2. Subatan habitatı: Yüzeysel akarsularının subatanlar aracılığıyla yeraltı su sistemlerine bağlandığı ekoton geçiş habitatlarıdır. Yeraltına taşınan akarsu, sürekli ya da kesikli olmasına bağlı olarak fauna ve vejetasyon elemanları içerebilir.
3. Otokton mağara suları: Çok nadiren de olsa besin ve organik madde açısından zengin bazı yeraltı su sistemleri kemoototrofik birincil üreticilerin gelişmesi için uygun ortamı sağlayabilir. Bu grubun en

bilinen örneği Romanya'daki Movile Mağarası'dır. Cristian Lascu tarafından 1986 yılında keşfedilen mağaranın yaklaşık 5.5 Milyon yıldır dış ortamdan biyolojik olarak izole olduğu tahmin edilmektedir. Bu mağaranın besin zincirinin temelini sülfür ve metan oksitleyen bakteriler oluşturur. Ayrıca mağarada bulunan 48 türün (örümcekler, su akrepleri, sülükler ve diğer eklembacaklılar) 33'ü bu mağara dışında her herhangi başka bir mağarada görülmemektedir yani mağaraya endemiktir. Movile Mağarası dışında yirmiden fazla mağaranın da benzer özellikler gösterdiği bilinmektedir.

4. Perkolasyon (süzülme) suları: Kayaç ve boşluklar arasından yerçekimi etkisiyle süzülen yüzey sularının yeraltı sistemlerinde birikmesiyle oluşur. Genel olarak besin yönünden fakir olsa da çözünmüş madde bakımından zengin olabilir.
5. Ankihalin habitat: Kıyıya yakın bölgelerde deniz suyu ile yeraltı sularının karışması sonucu ortaya çıkan habitat tipidir. Ayrıca derin deniz (euhaline) mağaraları da bu gruba girmektedir. Denize yakın ve sığ konumlanmış ankihalin mağaralar sıcaklık, tuzluluk ve organik madde miktarı bakımından önemli değişkenlik gösterebilir.
6. Termal sular: Yüzeydeki suyun yerin alt katmanlara ulaşip ısınmasıyla oluşan, genellikle bulunduğu ortamdan daha sıcak sulardır. Bu sular yüzeye tekrar çıkabileceği gibi mağaralarda ve yeraltı boşluklarında da birikebilir.

Ekolojik Sınıflandırma

Daha önce bahsedilen ekolojik sınıflandırma sistemleri, aralarında bazı farklar olsa da temelde benzerdir. Schiner-Racovitza Sistemi'nde yeraltı türleri üç ana gruba ayrılır; troglobitler, troglofiller, ve trogloksenler. Barr sınıflandırmasında ise rastlantısal (accidental) türler grubu trogloksen sınıfından çıkarılıp ayrı bir sınıf oluşturulmuştur. Ayrıca bu terimlere ek olarak sucül türleri tanımlamak için 'troglo-' öneki yerine 'stigo-' öneki kullanılır. Bu kategoriler altında sınıflandırılan mağara canlıları değişen derecelerde troglomorfik (karanlığa uyum ile ilgili) özellikler (karakterler) gösterirler (Şekil 3).

Troglobit ve stigobitler: Tüm yaşam döngüsü mağara ve yeraltı sularında geçen, yeraltı habitatlarına tam uyum sağlamış, troglomorfik karakterlerin en belirgin görüldüğü, genellikle renksiz (pigmentsiz) ve görme duyusu körelmiş türleri tanımlar. Örnek olarak yakın zamanda keşfedilen mağara taş balığı (*Cobitis damlae*) gösterilebilir (Şekil 4). Bununla birlikte birçok karasal ve sucül omurgasız türü bu gruba girmektedir.

Troglofil ve stigofiller: Yaşam döngülerini hem yeraltı habitatlarında hem de yüzey habitatlarında sürdürebilen, çoğu zaman durumlarda iki popülasyon arasında gen akışının bulunduğu türlerdir. Bazı örümcekler, mağara çekirgeleri ve semender türleri bu gruba dahildir (Şekil 5).

Trogloksen ve stigoksenler: Çoğunlukla yeraltı habitatlarında bulunan ancak yaşam döngüsünü tamamlamak için yüzey habitatlarına ihtiyaç duyan türlerdir. Bu zorunluluğun temelinde mağara habitatlarındaki besin problemi yatar. Birçok yarası türü, bazı kınkanatlı ve çekirge türleri trog-



Şekil 4: Dalaman Çayı karstik bölgesinden yakalanan troglobit mağara taş balığı, *Cobitis damlae* (23)

loksten olarak sınıflandırılır (Şekil 6).

Rastlantısal türler: Kazara ya da şans eseri mağaralarda ya da yeraltı sularında bulunan türlerdir. Örneğin subatan yataklarında bulunan bitki ve hayvan türleri bu gruba örnek gösterilebilir.

Kural olarak ekolojik sınıflandırma, filogenetik (=sistemik, evrimsel) sınıflandırmadan bağımsızdır. Örnek olarak *Ceuthophilus* cinsi mağara çekirgeleri içinde hem troglobit, hem trogloksen, hem de troglofil türler bulunabilir hatta bu türler aynı mağara sisteminde dahi görülebilir. Bu ayrımı yapabilmek için türün yaşam döngüsünün, beslenme ve üreme davranışlarının bilinmesi gerekir.

Trogloformik karakterler ve karanlığa uyum

Mağara ortamına uyum beraberinde birçok morfolojik ve metabolik değişikliği getirir. Bunlar içinde en iyi bilinenleri renksizlik (pigmentsizlik), görme duyusunun körelmesi ya da tamamen yok olması, görme dışındaki duyu organlarının gelişmesi, günlük biyolojik ritimde farklılıklar, metabolik hızın yavaşlaması ve yavru sayısının azalmasıdır. Bu değişimler, türün içinde yaşadığı habitatı kullanma durumuna göre de farklılık gösterir. Bazı araştırmacılar tarafından gerileyen (regresif) evrim olarak görülen bu değişimler (=trogloformizm), genel anlamda canlının yeraltı sistemine uyumu için gerekli metabolik tasarrufun sonucu olarak ortaya çıkan ve bazı karakterlerin körelmesinin yanı sıra bazı karakterlerin de geliştiği ilerleyen bir süreçtir.



Şekil 5: Antalya Peynirdeliği Mağarası'ndan troglofil mağara çekirgesi *Dolicophoda lycia* (Fotoğraf: Mauro Rampini)

Gerileyen evrimden farklı olarak daralan (convergent) evrim, yeraltı popülasyonlarında sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Daralan evrim kısaca, karanlığın ve besin kıtlığının yarattığı doğal seçim baskısı ile türlerin benzer morfolojik ve fizyolojik karakterler geliştirmesi olarak özetlenebilir. Bazı durumlarda ise, özellikle yakın türlerde, daralan evrim kriptik (=örtülü, anlaşılması zor) türlerin oluşmasına yani temelde farklı türlerin aynı tür olarak sınıflandırılmasına neden olur. Bu sebeple yeraltı habitatlara uyum sağlamış türlerin sistematigi ve biyocoğrafyası, bazı ileri seviye moleküler yöntemlerin kullanılmasını gerektirir.

Yeraltı türlerinin evrimi ve kolonileşmesi konusu uzun soluklu bir tartışma olmakla birlikte iki önemli görüşün ağırlık kazandığı görülmektedir. Klimatik Relikt Model'e göre yeraltı türlerinin evrimi, yüzeydeki türlerin büyük iklimsel değişiklikler (örn. buzul maksimum dönemleri) etkisiyle mağara ve yeraltı habitatlarına sığınmasıyla gerçekleşir. Ayrıca bu modele göre yüzey türleri ortadan kalktığından dışarı ile gen akışı tamamen kesildiği varsayılır. Uyumsal Geçiş Modeli'ne göre ise yeraltı canlıları, ön-uyuma sahip yüzey popülasyonlarının, beslenme ve barınma gibi nedenlerle mağara ortamlarını aktif şekilde kullanmasıyla evrimleşir. Bu model yüzeydeki türlerle gen akışının devam edebileceğini savunur. Bahsedilen iki model, farklı tanımlamalar ortaya koymakla birlikte bazı durumlarda birbirini tamamlar durumdadır.



Şekil 6: Trogloksen Büyük Farekulaklı Yarasalar (*Myotis myotis*), Türkiye'deki mağaralarda en sık rastlanan türlerden biridir (Fotoğraf: Emrah Çoraman)

Biyolojinin birçok dalında olduğu gibi biyospeleolojide de bazı model organizmalar laboratuvar ortamında çoğaltılarak deney kolaylığı sağlanmıştır. Bu model organizmalar *Astyanax*,

Eurycea, Gammarus minus, ve Ceuthophilus carlsbadensis olarak sıralanabilir. Bununla birlikte mağara mikrobiyolojisi ve özellikle biyofilmler de biyospeleolojik açıdan sıklıkla çalışılan gruplardır. Bunlar içinde özellikle Astyanax grubu mağara balıkları, göz dejenerasyonu ve pigmentasyonun genetik kontrolü ile ilgili birçok çalışmada kullanılmıştır.

Yeraltı Biyoçeşitliliği: Tehditler ve Koruma Stratejileri

Yakın tarihimizde, özellikle 1955 yılından başlamak üzere Türkiye mağaraları ile ilgili en önemli çalışmalar Dr. Temuçin Aygen tarafından yapılmış ve bu çalışmalar 1984 yılında popüler tarzda derlenip yayınlanmıştır (24). Dr. Temuçin Aygen'in bu çalışmaları mağara korumalarına değinmekle birlikte mağaracılığın özellikle turistik, sportif ve arkeolojik açıdan geniş kitlelere tanıtılmasında önemli bir etken olmuştur. Bu süreçte İnsuyu Mağarası'nın (Burdur, 1966) turizme açılmasıyla birlikte mağaralar turistik merkezler olmaya başlamış ancak koruma faaliyetleri eksik kalmıştır. Ülkemizde mağaralar üzerine çalışan ilk kamu kurumu 1979 yılında Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulmuştur. Türkiye'de mağaraların keşfi, yerbilimsel ve iklimsel özelliklerinin belirlenmesi, haritalandırılması ve envanteri konusunda önemli bir boşluğu dolduran MTA Mağara Araştırmaları Birimi, ilk defa geniş ölçekte mağaralarda canlı varlığını gözlemleyip raporlamıştır. Bunun yanında 1970'li yıllar, dünyada mağara turizminin neden olduğu zararların açıkça tartışılıp ciddi yasal önlemlerin yürürlüğe girdiği dönemdir. Özellikle ABD ve İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde yeraltı ekosistemlerini koruyan kanunlar sıkı bir şekilde uygulanmaktadır.

Türkiye'de mağaraların ve yeraltı habitatlarının korunması konuları pek çok sivil toplum örgütü ve üniversite kulübü tarafından uzun zamandır dile getirilse de konuyla ilgili en somut adım 2003 yılında Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (DKMP) bünyesinde Mağara Koruma Şubesi'nin kurulmasıyla atılmıştır. Günümüzde hala mağara turizmi açısından ciddi

sorunlar yaşanmakla birlikte geçmişe oranla ilerleme kaydedildiği söylenebilir.

Türkiye yeraltı biyoçeşitliliğini tehdit eden en önemli faktör, mağaraların koruma ve eğitim bileşeni olmadan, yeterli biyolojik tetkikler yapılmadan ve uzun vadeli riskler hesaba katılmadan turizme açılmasıdır. Gelecekte bu sorunların yaşanmaması ve turizme açılmış birçok mağarada görülen ağır tahribat ve yıkımın tekrarlanmaması için ciddi önlemler almak gerekmektedir. Bu önlemler;

- Turizme açılacak mağara sayısının, bölgedeki turist potansiyeli ve uzun vadeli riskler göz önünde bulundurularak önceden belirlenmesi,
- Bu doğrultuda uygun mağaraların seçimi için ayrıntılı bilimsel tetkiklerinin yapılması,
- İnşaat ve malzemeden kaynaklı risklerin uzun vadede iyi değerlendirilmesi,
- Doğru ışık kaynağının gerektiği kadar kullanılması,
- Mağara ikliminin korunması için gerekli nem ve sıcaklık açısından yalıtılmış giriş-çıkış sistemlerinin tasarlanması,
- Turistik faaliyetin mutlaka bir rehber öncülüğünde ve küçük gruplar halinde gerçekleştirilmesi ve
- Gezi sırasında oluşumlara ve mağara canlılarına zarar verebilecek uygunsuz davranışların (örn. yiyecek-içecek tüketilmesi, aşırı gürültü, oluşumlara dokunmak ya da fiziksel zarar vermek, rota dışına çıkmak, flaşlı fotoğraf çekmek vb.) kesin olarak önüne geçilmesi ve uymayanlar hakkında cezai işlem yapılması olarak sıralanabilir.

Turizm dışında mağara ekosistemlerini tehdit eden diğer unsurlar arasında definecilik, guano (kuş/yarasa gübresi) kaçakçılığı, bilinçsiz sportif faaliyetler (örn. beyaz-burun sendromu'na neden olan fungusun yayılmaması için mağara tulumlarının her etkinlik sonrası temizlenmesi gerekmektedir), patlatma ve genişletme faaliyetleri, yol ve baraj inşaatları sıralanabilir. Her ne kadar doğa koruma etkinliği bilim camiasında dahi tartışmalı bir konu olsa da mağaralar gerek jeolojik gerek biyolojik ve arkeolojik açıdan paha biçilmez öne-

me sahiptir. Bu nedenle gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra bu yeraltı sistemlerin doğal evrimlerine devam etmesi temel hedef olmalıdır.

Değınilen Belgeler

- (1) Dıáz, A. R., 2010. Cave biology: life in darkness, Cambridge University Press,
- (2) Albayrak, İ., 2003. The Bats of the Eastern Black Sea Region in Turkey (Mammalia: Chiroptera), Turk J Zool, C. 27, sayı 4, ss. 269–273,
- (3) Rudolph, B.U., Liegl A. ve Karataş, A., 2005. The bat fauna of the caves near Havran in Western Turkey and their importance for bat conservation, Zoology in the Middle East, C. 36, sayı 1, s. 11–20,
- (4) Bilgin, R., Karataş, A., Çoraman, E., Disotell, T. ve Morales, J. C., 2008. Regionally and climatically restricted patterns of distribution of genetic diversity in a migratory bat species, *Miniopterus schreibersii* (Chiroptera: Vespertilionidae), BMC Evolutionary Biology, C. 8, s. 209
- (5) Çoraman, E. Furman, A. Karataş, A. ve Bilgin, R., 2013. Phylogeographic analysis of Anatolian bats highlights the importance of the region for preserving the Chiropteran mitochondrial genetic diversity in the Western Palaearctic, Conserv Genet, C. 14, sayı 6, s. 1205–1216.
- (6) Furman, A., Çoraman, E., Bilgin, R. ve Karataş, A., 2009. Molecular ecology and phylogeography of the bent-wing bat complex (*Miniopterus schreibersii*) (Chiroptera: Vespertilionidae) in Asia Minor and adjacent regions, Zoologica Scripta, C. 38, sayı 2, s. 129-141.
- (7) N. A. Baydemir, 2014. Bat Fauna of Turkey and Northern Cyprus: Species Diversity, Anthropogenic Roost Disturbance and Conservation Status, Journal of International Environmental Application and Science, C. 9, sayı 5, s. 590
- (8) C. Di Russo, Rampini, M., ve I. Landeck, 2007. The cave crickets of northeast Turkey and transCaucasian regions, with descriptions of two new species of the genera *Dolichopoda* and *Troglophilus* (Orthoptera, Rhaphidophoridae) , Journal of Orthoptera Research, C. 16, sayı 1, ss. 67–76.
- (9) Rampini, M., Russo, C. D., Taylan, M., Gelosa, A. ve Cobolli, M., 2012. Four new species of *Dolichopoda* Bolivar, 1880 from Southern Sporades and Western Turkey (Orthoptera, Rhaphidophoridae, Dolichopodainae), ZooKeys, C. 201, ss. 43–58.
- (10) Taylan, M. S. Di Russo, C., Rampini, M ve Cobolli, M. 2011. The *Dolichopodainae* and *Troglophilinae* cave crickets of Turkey: an update of taxonomy and geographic distribution (Orthoptera, Rhaphidophoridae), Zootaxa, C. 28-29, ss. 59–68,
- (11) Goročov ,A. ve Ünal, M., 2015. A new species of the genus *Dolichopoda* (Orthoptera: Rhaphidophoridae) from Teke Peninsula, Turkey, C. 319, sayı 1, ss. 126–131,
- (12) Taylan, M. S. Mol, A. ve Sirin, D., 2015, Description of a New Species of the Genus *Troglophilus* Krauss, 1879 (Orthoptera: Rhaphidophoridae) from Northern Anatolia, Turkey, Journal of the Entomological Research Society, C. 17, sayı 2, s. 51, 2015.
- (13) Kunt, K. B., Yağmur, E. A., Özkütük, S., Durmuş, H. ve Anlaş, S. 2010. Checklist of the cave Dwelling Invertebrates (Animalia) of Turkey, Biological Diversity and Conservation, C. 3, sayı 2, ss. 26-41,
- (14) Ribera, C., Elverici, M., Kunt, K. B., ve Özkütük, R. S., 2014. *Typhlonesticus gocmeni* sp. n., a new cave-dwelling blind spider species from the Aegean region of Turkey (Araneae, Nesticidae), ZooKeys, sayı 419, ss. 87–102,

- (15) Balık, S., Ustaoglu, M. R., Özbek, M., Taşdemir, A. ve Topkara, E. T., 2002. Yelköprü Mağarası (Dikili, İzmir) ve yakın çevresinin sucul faunası hakkında bir ön araştırma, EÜ Su Ürünleri Dergisi, C. 19, ss. 221–5.
- (16) Taşdemir, A. ve Ustaoglu, M. R., 2005. Taxonomical investigation of Lake District Inland Waters Chironomidae and Chaoboridae (Diptera) fauna. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, C. 22, sayı 3,
- (17) Özkan, N., 2009. Dupnisa Mağarası'nın (Sarpdere Köyü, Demirköy, Kırklareli) Chironomidae (Diptera) ve Gammaridae (Amphipoda) Faunası, Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, C. 26, sayı 1,
- (18) Danyer, E., Aytemiz, I., Özbek, E. Ö. ve Tonay, A. M., 2013. Preliminary study on a stranding case of Mediterranean monk seal *Monachus monachus* (Hermann, 1779) on Antalya coast, Turkey, August 2013, Journal of Black Sea / Mediterranean Environment, C. 19, sayı 3,
- (19) Erkakan F. ve Özdemir, F., 2014. The first new cave fish species, *Cobitis damlae* (Teleostei: Cobitidae) from Turkey, Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, C. 42, ss. 275–279,
- (20) Yücel, S. Yamaç, M. ve others, 2010. Selection of *Streptomyces* isolates from Turkish karstic caves against antibiotic resistant microorganisms, Pak J Pharm Sci, C. 23, sayı 1, ss. 1–6,
- (21) Yamaç, M., Işık, K. ve Şahin, N., 2011. Numerical classification of streptomycetes isolated from karstic caves in Turkey, Turkish Journal of Biology, C. 35, sayı 4, ss. 473–484,
- (22) Sendra, A., Garay, P., Ortuño, V., Gilgado, J., Teruel, S. ve Reboleira, A. 2014. Hypogenic versus epigenic subterranean ecosystem: lessons from eastern Iberian Peninsula, International Journal of Speleology, c. 3, sayı 43, ss. 253–264,
- (23) Erkakan, F. ve Özdemir, F. 2014. The First New Cave Fish Species, *Cobitis Damlae* (Teleostei: Cobitidae) from Turkey, Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, sayı 42, ss. 275–279,
- (24) Aygen, T., 1984. Türkiye Mağaraları, Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu Yayınları, 88 sayfa, Apa Ofset Basımevi, İstanbul,

Mavi Gezegem



**TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

Meşrutiyet Cad. Hatay Sokak No. 21 Kocatepe/ANKARA
Tel: (+90) 312 432 30 85 Faks:(+90) 312 434 23 88
www. jmo.org.tr e-posta: jmo@jmo.org.tr