

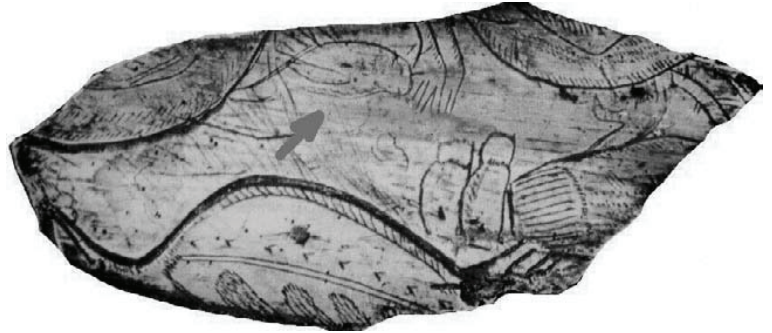


Mağara Biyolojisi

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.

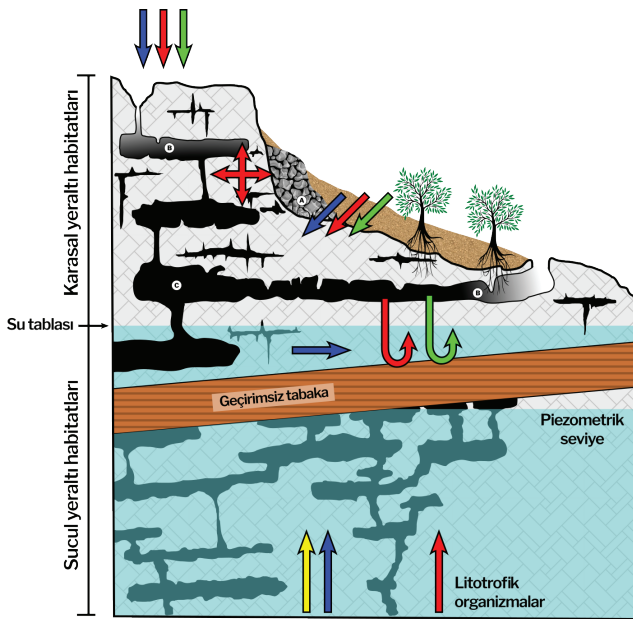
Yeraltı Ekosistemlerinin Temel Özellikleri

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.

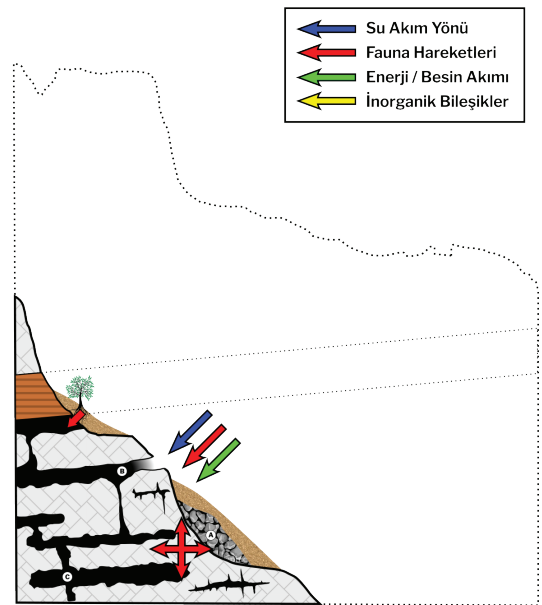
Yeraltı (hypogean) habitatları (yaşam alanları) karasal ve sucul olmak üzere ikiye ayrılır. Genellikle karanlık ve iklimsel açıdan durağan ortamlardır. Ayrıca güneş ışığının ve fototrofik birincil üreticilerin bulunmaması (ya da az bulunması) dolayısıyla besin sınırlıdır. Bu nedenle besin ve organik 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

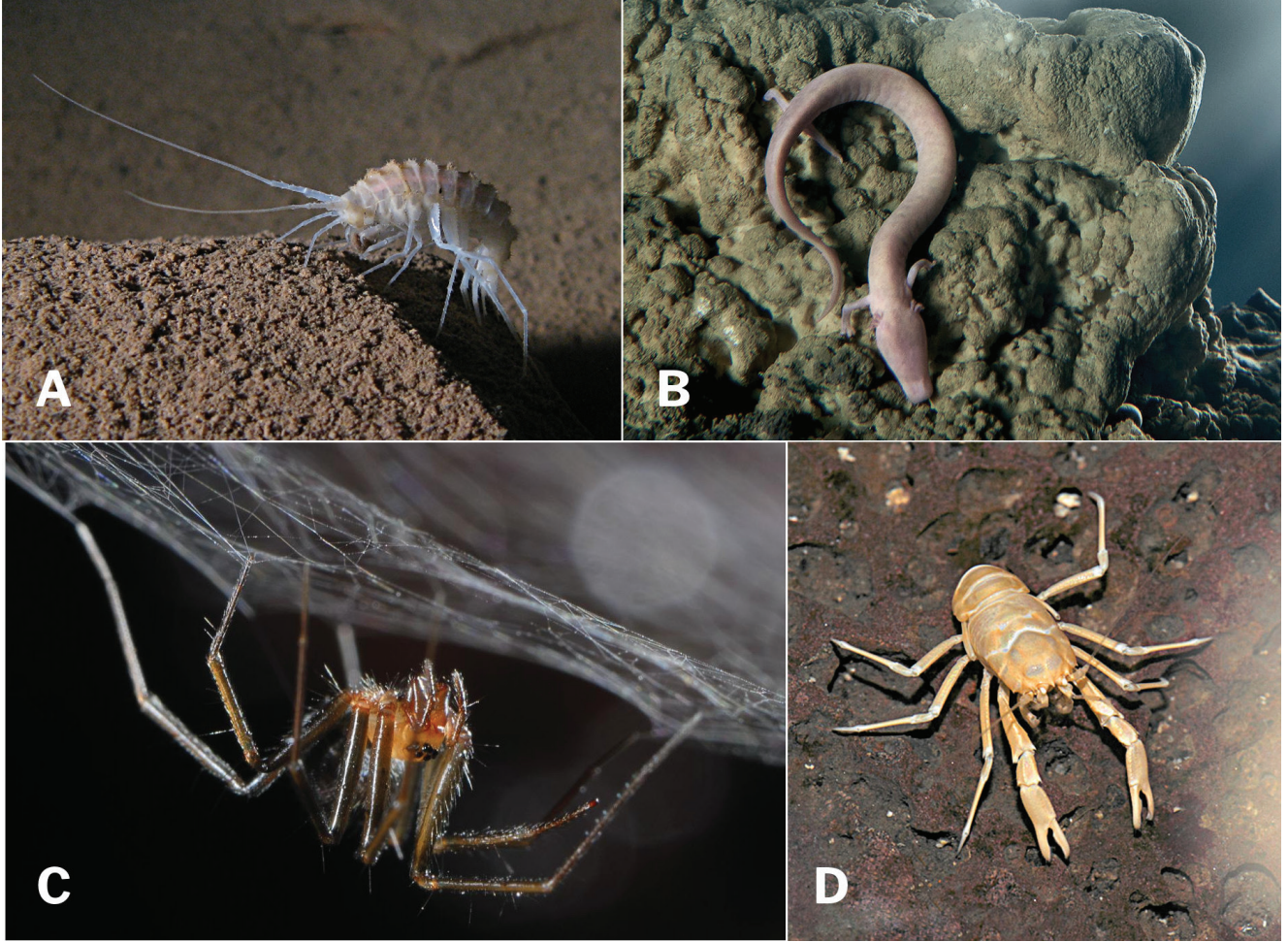


t_1 : inaktif (fosil) dönem

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 sularlardır. 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 sistematiki 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 Yarasa (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 koruma sorunlarına 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 malzemedan 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) Gorochov ,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,