

Anadolu'nun yüksek biyoçeşitliliği: Evrim bunun neresinde?

Çağatay Tavşanoğlu

Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Ekoloji Anabilim Dalı, Beytepe 06800 Ankara, Türkiye,
ctavsan@hacettepe.edu.tr

Giriş

Milyonlarca yıl boyunca işleyen evrimsel süreçler, yeryüzündeki biyoçeşitliliğin ana belirleyicilerinden birisidir. Örneğin; tropik yağmur ormanlarındaki yüksek biyoçeşitliliği açıklayan hipotezlerden birisi, bu alanların milyonlarca yıl boyunca süren kararlı bir yapıya sahip olmalarından dolayı, içerisindeki türlerin farklı nişlere özelleşecek yeterli zamanı bulduklarını ve bu sayede farklı türler oluşturacak şekilde evrimleştiklerini ileri sürmektedir (Fischer, 1960; Fedorov, 1966). Buna benzer olarak, son buzul maksimumunda (yaklaşık 20.000 yıl önce) buzul tabakaları altında kalmış olan Avrupa'nın kuzey kesimlerinde, buzul istilasına uğramamış olan güney kesimlere göre tür çeşitliliği ve genetik çeşitlilik düşüktür (Taberlet vd., 1998). Bu durum, son buzul döneminden sonra bu alanlara güneyden gelerek ulaşan canlı türlerinin, genetik darboğaz etkisi nedeni ile daha az genetik çeşitliliği bu enlemlere getirebilmesi ve yüksek bir tür çeşitliliği ve genetik çeşitlilik sağlayacak kadar evrimleşebilmek için yeterli zamana sahip olmamasından ileri gelmektedir.

Anadolu yarımadası, ılıman kuşakta yer alan kendi büyüklüğündeki herhangi bir coğrafyadan daha yüksek bir biyoçeşitliliğe (biyolojik çeşitliliğe) sahiptir. Anadolu'nun yeryüzündeki konumu, kısa mesafeler içerisinde görülebilen topoğrafya değişkenliği ve içerdiği farklı habitatların bu biyoçeşitliliği doğuran ana etmenler olduğu bilinmektedir (Şekercioğlu vd., 2011).

Bu yazıda, Anadolu'nun yüksek biyoçeşitliliğinden sorumlu olan evrimsel, jeolojik ve biyocoğrafi nedenler irdelenmiştir. Yazıda, öncelikle biyoçeşitliliğin tanımlaması yapılarak terimin kapsamı anlatılmış ve kısaca Anadolu'nun yüksek biyoçeşitliliğine değinilmiştir. Daha sonra Anadolu'nun eşsiz biyoçeşitliliğini ortaya çıkaran süreçler, uzun dönemli ve kısa dönemli süreçler olarak ikiye ayrılarak incelenmiştir. Bu jeolojik, evrimsel ve biyocoğrafi süreçlerin bu çeşitliliği yaratmadaki işlevleri, bu konuda yapılmış olan bilimsel araştırmalara değinerek tartışılmıştır. Kısacası, bu yazıda kıtasal ölçekte bir biyoçeşitliliğe sahip Anadolu gibi bir coğrafyayı evrimsel süreçlerin nasıl şekillendirmiş olduğu özetlenmektedir.

Biyoçeşitlilik

Her ne kadar biyoçeşitlilik (ya da biyolojik çeşitlilik) dendiğinde çoğu kimsenin aklına bir yerdeki tür sayısı ya da tür çeşitliliği gelse de, aslında biyoçeşitlilik kavramı çok daha fazla boyut içermektedir. Elbette, bir alanda bulunan tür sayısı o alanın biyoçeşitliliğinin ana belirleyicilerindendir. Örneğin, bugün yerküre üzerinde en çok tür barındıran karasal biyom olan tropik yağmur ormanlarının, dünyadaki biyoçeşitliliğin en yüksek olduğu yerler olarak değerlendirilmesi tesadüf değildir. Bununla birlikte, bir alandaki biyoçeşitliliğin tür çeşitliliğine ek olarak iki ana bileşeni daha vardır: genetik çeşitlilik ve ekosistem (ya da habitat) çeşitliliği (McNeely vd., 1990).

Genetik çeşitlilik, bir türü oluşturan genetik yapıda gen düzeyindeki değişkenliği ifade eder ve yüksek bir genetik çeşitlilik çok sayıda farklı genin aynı türün gen havuzunda bulunması anlamına gelmektedir. Genetik çeşitliliğin göstergelerinden birisi genotipik çeşitliliktir ve popülasyondaki heterozigotluk miktarı bunun en basit ölçütüdür. Ayrıca, bir popülasyondaki fenotipik çeşitlilik de (karakter değişkenliği) genetik çeşitliliğin bir göstergesi olabilir.

Ekosistem (ya da habitat) çeşitliliği ise belirli bir alanda farklı ekosistem ya da habitat tiplerinin bir arada bulunmasına göre değerlendirilen bir biyoçeşitlilik bileşenidir. Örneğin, geniş alanlar boyunca tekdüze bir kapalı orman habitatından oluşan bir yerde ekosistem çeşitliliğinin düşük olduğundan bahsedilebilirken, bunun aksine kapalı orman, orman içi açıklıklara sahip açık orman, çalılık, nehir, bataklık gibi birçok habitatı bünyesinde barındıran bir alan ise yüksek ekosistem/habitat çeşitliliğine sahip olarak değerlendirilebilir.

Biyoçeşitlilik ile ekosistemin işleyişi arasında belirgin bir pozitif ilişki vardır (Loreau vd., 2001). Yüksek biyoçeşitliliğe sahip yerler, küresel iklim değişikliği gibi çevresel değişikliklere karşı daha dayanıklı olabilmekte, günümüzün önemli ekolojik sorunlarından birisi olan istilacı türlere karşı daha iyi bir şekilde direnebilmektedir. Biyoçeşitliliğin kaybı, kuraklık gibi çevresel müdahalelere karşı ekosistemin daha duyarlı (daha az dayanıklı) olmasına neden olmaktadır (Naeem vd., 1999). Farklı karakterlere sahip daha çok sayıda türün ya da aynı popülasyondaki farklı karakterlere sahip bireylerin bir ortamda bulunması, ekosistemin yukarıda değinilen çevresel dalgalanmalara dayanabilmesi için bir potansiyel yaratmaktadır. Çünkü farklı karakterlere sahip türler, çevresel dalgalanmalara farklı cevaplar vereceklerdir, bu da ekosistemde bu çevresel değişikliklerin tamponlanabilmesine olanak sağlayacaktır (Loreau vd., 2001).

Anadolu ve biyoçeşitlilik

Sadece Anadolu yarımadasında yaşayan tür sayısını dikkate aldığımızda bile, bu coğrafyanın biyoçeşitlilik açısından ne kadar önemli olduğunu görmek mümkündür. Son yapılan çalışmalar dikkate alındığında Türkiye’de 10.000’in üzerinde bitki türü bulunduğu tahmin edilmektedir. Bu türlerin % 35’i endemik statüsündedir, yani dünya üzerine yalnızca

Türkiye’de bulunmaktadır. Buna ek olarak, tanımlanmış 18.000’in üzerinde böcek türü (yaklaşık 50.000 böcek türü yaşadığı tahmin edilmektedir), 700 civarında denizel ve tatlısu balık türü, yaklaşık 470 kuş türü, 170 memeli türü, 120 sürüngen türü ve 30’dan fazla sayıda ikiyaşamlı türü bu coğrafyada yaşamaktadır (Şekercioğlu vd., 2011).

Buna ek olarak, bu tür sayılarına her geçen gün yeni türler ilave edilmektedir. Gerek dünya çapındaki gerekse yerel ölçekteki bilimsel botanik dergilerinin her sayısında Türkiye’den yeni tanımlanmış bir bitki türüne rastlamak hâlâ mümkündür (örn: Genç ve Özhatay, 2014; Tosunoglu ve Malyer, 2014). Son yıllarda yapılan genetik temelli çalışmalar ise, moleküler işaretler kullanarak farklı bitki ve memeli türlerini ayırt etmekte ve Anadolu’nun biyoçeşitliliğini ortaya çıkarmaya katkı yapmaktadır. Örneğin; 2007 yılında yapılan bir çalışma ile Anadolu yer sincabından ayrı olarak Batı Toroslar bölgesinde yaşayan Toros yer sincabı olarak adlandırılan farklı bir türün varlığı keşfedilmiştir (Gündüz vd., 2007). Yine, bugüne kadar Suriye’de varlığı bilinen ancak Türkiye’de bulunduğu bilinmeyen leopar keleri ve dağ ceylanı gibi türlerin de Urfa ve Hatay yöresindeki varlıkları kanıtlanmıştır (Göçmen vd., 2002; Anonymous, 2009). Ayrıca, neslinin tükendiği düşünülen ya da uzun yıllar boyunca gözlemlenemeyen birçok tür son yıllarda yeniden keşfedilmiştir. Bunlar arasında 2013 yılında varlığı tespit edilen Yakalı Toy ve Leopar sayılabilir (Anonymous, 2013a; 2013b).

Sadece ılıman bir bölge için yüksek bir tür zenginliğine sahip olmasına değinirsek, kuşkusuz Anadolu’nun eşsiz biyoçeşitliliğine bir miktar haksızlık yapmış oluruz. Anadolu yarımadası, biyoçeşitliliğin diğer iki önemli bileşeni olan ekosistem çeşitliliği ve genetik çeşitlilik bakımından da eşsiz bir özelliğe sahiptir. Anadolu’nun sahip olduğu topoğrafya çeşitliliği (deniz seviyesinden 5000 m’lerin üzerine çıkan dağlara kadar değişen rakım, denizden hızlıca yükselen dağlar, derin vadiler, yaylalar ve ovalar, küçük alanlar içerisinde değişen yükseltiler vb.), beraberinde yerel iklimsel değişkenlikler ortaya çıkarmış, bu da kısa mesafeler içerisinde çok farklı vejetasyon tipleri görülmesine olanak sağlamıştır (Atalay, 1994). Ayrıca, bu topoğrafik ve iklimsel çeşitlilik, özellikle hareket kabiliyeti sınırlı türler için genetik olarak farklılaşabilme olanağı yaratmıştır (Çiplak vd. 1993; Sağlam vd. 2013).

Taksonomistler tarafından uzun yıllar önce fark edilen bu değişkenlik, alttür ve varyete gibi tür altı taksonomik kategoriler ile ifade edilmiştir (Davis, 1965-1985). Genel olarak bakıldığında, Anadolu’da türaltı kategorilerin sayısının da, tür sayısı gibi oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, özellikle son yıllarda yapılmaya başlanan kapsamlı genetik analizler, bu çeşitliliğin sadece fenotipik değil genotipik olarak da gösterilmesine olanak sağlamıştır (Akin vd. 2010; Bilgin, 2011; Perктаş vd., 2015). Moleküler tekniklerin gelişmesi ile patlama gösteren genetik çalışmalar ışığında, geçmişte morfolojik betimlemelerle tanımlanmış çok sayıda tür altı taksonomik kategorinin tür düzeyine çıkarılma potansiyeli de bulunmaktadır. Kuşkusuz, Anadolu’nun biyolojik çeşitliliğinin tür çeşitliliği ve genetik çeşitlilik bileşenlerinin daha iyi anlaşılmasında genetik çalışmaların önemi büyüktür.

Anadolu’nun sahip olduğu ekosistem çeşitliliği de, mevcut tür çeşitliliğini destekleyen bir unsurdur. Anadolu’da yer alan karasal habitatlar dünya üzerinde farklı yerlerde bulunsalar

da, bu habitatların birçoğu dünya üzerinde yalnızca Anadolu'da bir arada yer almaktadırlar. ılıman yaprak döken ormanlar, ova bozkırları, dağ bozkırları, tuzcul bozkırlar, ılıman yağmur ormanları, Akdeniz kıyı ormanları, Akdeniz dağ ormanları, Akdeniz çalılıkları, yüksek dağ Alpin çayırları ve kıyı kumul alanları, Anadolu'da bulunan ana karasal habitat tipleri arasında sayılabilir (Şekercioğlu vd., 2011). Anadolu'daki sucul habitat çeşitliliği de, karasal habitatlardan geride kalmamaktadır. Tatlısu ve acısu sulakalanları, lagünler, sığ ve derin göller, kalıcı ve geçici akarsular ve denizler, Anadolu'da yer alan sucul habitatlardır (Şekercioğlu vd., 2011).

Bu yüksek biyoçeşitliliğe karşın, Anadolu ekosistemleri binlerce yıllık insanlık tarihi boyunca birçok medeniyete kucak açmış (örn; Neolitik kültürleri, Hitit, Antik Yunan, Roma, Bizans, Osmanlı) ve bu medeniyetlerin yükselişi için gerekli kaynak gereksinimlerini karşılamıştır (Çolak ve Rotherham 2006). İnsanların yürüttüğü tarım, otlatma, odun kesme, yakma gibi faaliyetler özellikle son birkaç bin yıl boyunca Anadolu'nun vejetasyon örtüsünde değişikliklere yol açmıştır (Eastwood vd., 1998; England vd., 2008). Özellikle 1950'li yıllardan itibaren makineli tarıma geçilmesi ile birlikte artan doğal habitat tahribi, son on yıldır ekonomik gelişme odaklı anlayışların doğal ekosistemlere zarar vermesinin önündeki politik ve yasal engellerin bertaraf edilmiş olması, Anadolu'nun biyoçeşitliliğinin tahribatını hızlandırmıştır (Şekercioğlu vd., 2011).

Hem yüksek bir biyoçeşitliliğe sahip olması, hem de bu biyoçeşitliliğin büyük tehdit altında olması nedeniyle Anadolu yarımadası küresel biyoçeşitliliğin kırılgan bir noktası durumundadır. Gerçekten de, yerküre üzerinde belirlenmiş olan 34 koruma sıcak noktasından üçü Anadolu yarımadasında yer almakta (Akdeniz Havzası, İran-Anadolu ve Kafkas sıcak noktaları) ve bu sıcak noktalar Anadolu'nun %70'inden daha fazla alanını kapsamaktadır (Mittermeier vd., 2005, Conservation International, 2013).

Anadolu'nun sahip olduğu bu yüksek biyoçeşitliliğin daha iyi anlaşılması, daha iyi korunması ve gelecek nesillere zarar görmeden aktarımı için halen büyük miktarda çaba ve desteğe gereksinim vardır. Özellikle, tür zenginliğinin ve tür içi çeşitliliğin belirlenmesinde klasik morfolojik yaklaşımların ötesinde, popülasyon seviyesindeki ekolojik karakter değişkenliğini ve genetik değişkenliği temel alan modern yaklaşımların kullanılması, Anadolu'nun biyolojik çeşitliliğini daha iyi anlamamızı sağlayacaktır.

Anadolu'nun biyoçeşitliliğini ortaya çıkaran süreçler

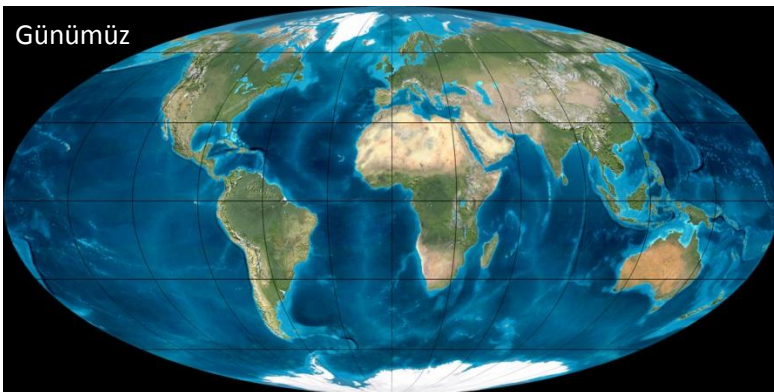
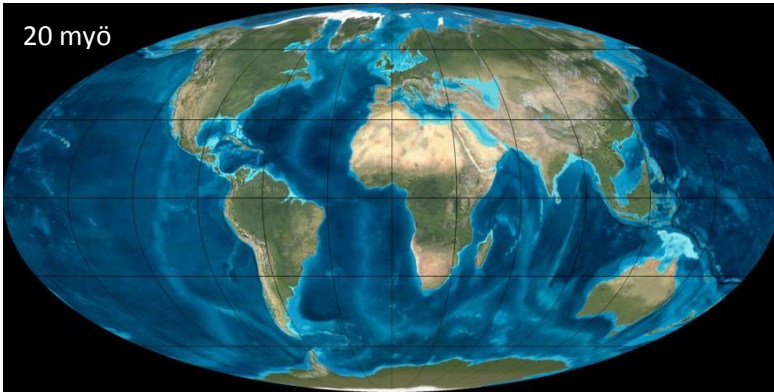
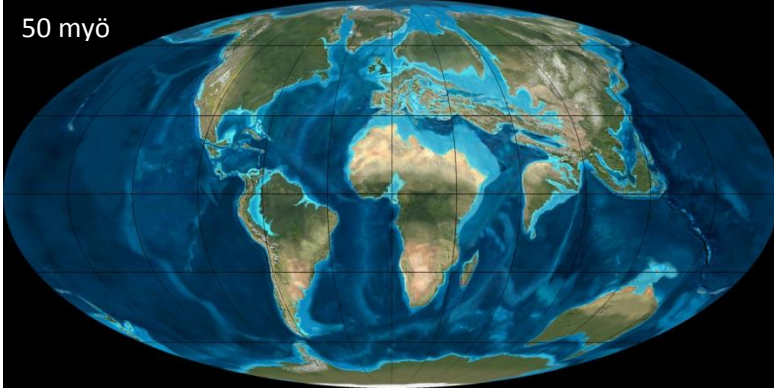
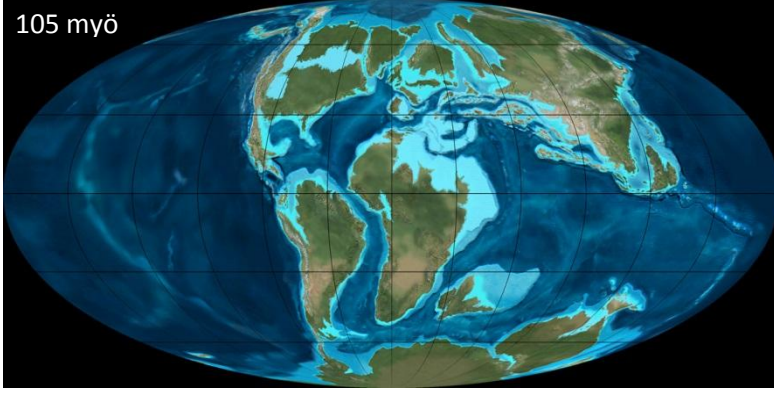
Anadolu yarımadasında günümüzde gözlemlediğimiz yüksek biyolojik çeşitliliği, iklimsel ve jeolojik olaylar neticesinde gerçekleşen birkaç ana süreç ile açıklayabiliriz. Bu süreçleri uzun dönemde ve yakın dönemde gerçekleşmiş olan iklimsel ve jeolojik olaylar şeklinde zamansal olarak ikiye ayırmak da mümkündür.

Uzun dönemli iklimsel ve jeolojik olaylar

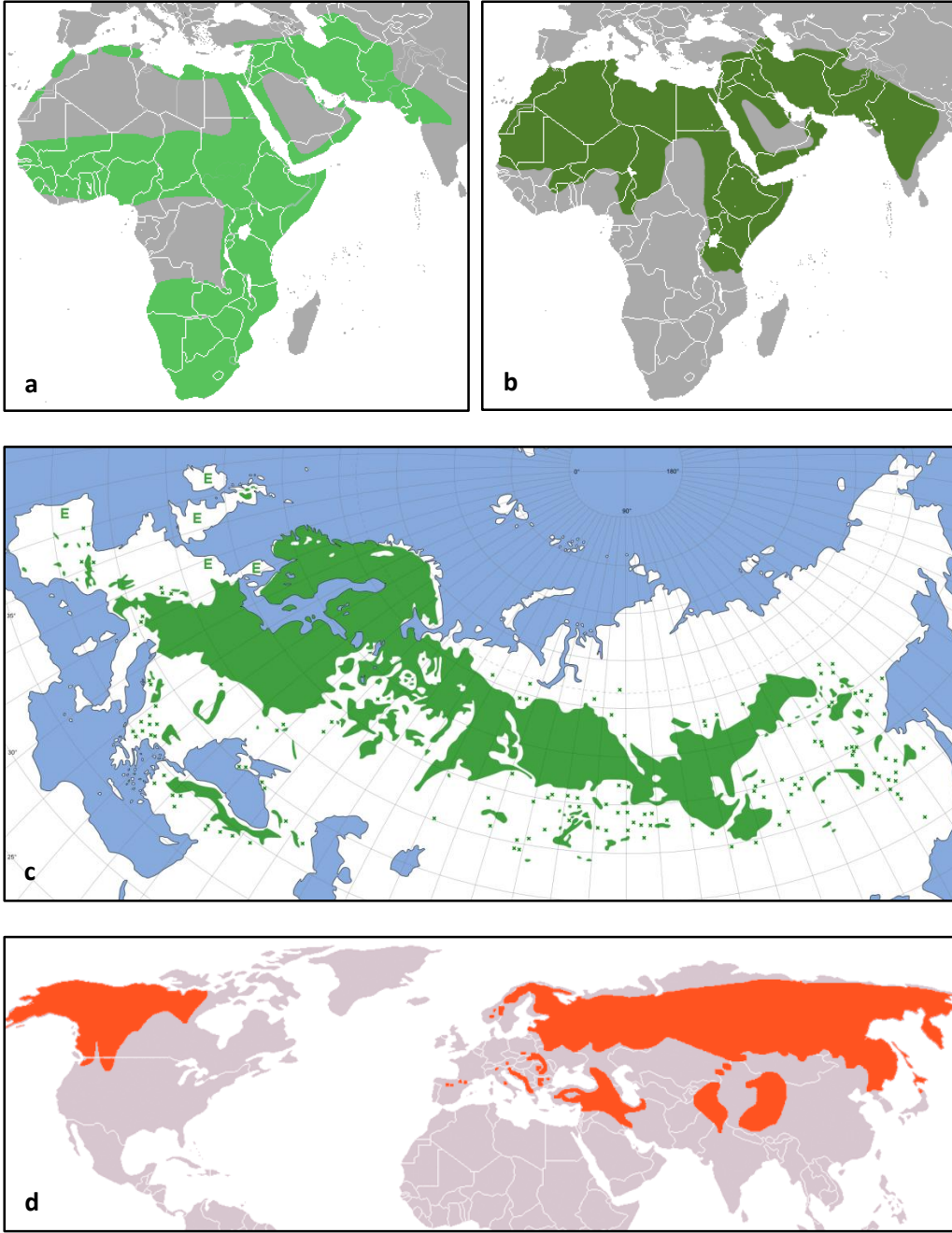
Anadolu yarımadasının kıtalar arasında karasal bir köprü görevi gören coğrafi konumu, Anadolu'nun günümüz biyoçeşitliliğini şekillendiren en önemli etmenlerden birisidir. Yarımada, dünya üzerindeki herhangi diğer bir kara parçasında olduğu gibi, konumunu yerkürede milyonlarca yıldır devam etmekte olan jeolojik süreçlere borçludur. Levha tektoniği kuramının da ortaya koyduğu gibi, yerkürenin üst kabuk kısmı (litosfer), tektonik levhalar şeklinde parçalanmış haldedir ve bu levhalar hareket etmektedir. Bu hareketler, kıtasal ölçekte çok yavaş olarak gerçekleşmekte olsa da (yılda 2-20 cm), milyonlarca yıl içerisinde yerkürenin yüzeyindeki kara ve okyanusların şekilde büyük değişikliklere yol açmaktadır. Nitekim birçok farklı yöntemle dayanarak elde edilen verilere göre, günümüzden 300 ila 200 milyon yıl öncesi arasında, bugün yerküre yüzeyinde bulunan kıtaların dev bir kıta oluşturacak şekilde bir arada bulunduğu (Pangea kıtası) bilinmektedir. Günümüzden 200 milyon yıl öncesinde ayrılmaya başlayan kıtaların, o dönemden beri gerçekleşen tektonik hareketler sonucunda bugünkü konumlarına ulaştıklarını bilmekteyiz (**Şekil 1**). Bu süreçte, Anadolu'nun bulunduğu yer, milyonlarca yıl boyunca Tetis adı verilen bir denizin altında kalmıştır. Anadolu, daha sonra Afrika plakasının kuzey yarımkürenin yüksek enlemlerine doğru hareketi ile denizin altından yükselmeye başlamıştır. Bu hareketler sonucunda, 50 ila 25 milyon yıl öncesinde, Anadolu büyük bir kara parçası olarak yükselerek, Asya ve Avrupa kara kütleleri arasında bir köprü pozisyonuna gelmiştir (**Şekil 1**).

Bu coğrafi konum, Avrupa, Asya ve Afrika kökenli bitki ve hayvan türlerinin Anadolu'ya girişine olanak sağlamıştır. Bugün, Anadolu yarımadasının güneyinde tropikal yayılışa sahip türleri, güney ve doğusunda çöl kökenli yayılışa sahip türleri, orta ve doğusunda Orta Asya yayılışına sahip türleri ve kuzeyinde Kuzey Avrupa ve Sibirya yayılışına sahip türleri görmek mümkündür (Kosswig, 1955; Davis, 1965-1985). Yukarıda değinilen karasal tür gruplarına benzer göç rotalarının, tatlısu canlı grupları için de gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Pliyosen boyunca orta Anadolu'da geniş alanlar kaplayan göl sistemleri, güneyden İndo-Afrika, doğudan Asya, kuzeyden ise Avrupa tatlısu faunasının Anadolu'ya girişine imkân vermiştir (Kosswig, 1955).

Geçmişte gerçekleşen Anadolu yarımadasına bitki ve hayvan girişleri sayesinde, günümüzde birçok türün dünya üzerindeki en güney ve en kuzey yayılışları Anadolu yarımadasına denk gelmektedir. Örneğin, coğrafi yayılış alanları Afrika ve güneybatı Asya kapsayan karakulak (*Caracal caracal*) ve çizgili sırtlanın (*Hyaena hyaena*), en kuzeydeki yayılış alanlarından birisini güney Anadolu oluşturmaktadır (**Şekil 2a,b**). Benzer şekilde coğrafi yayılış alanı kuzey Avrupa ve Sibirya olan bozayı (*Ursus arctos*) ve sarıçamın (*Pinus sylvestris*), en güneydeki yayılış alanlarından birisini Anadolu oluşturmaktadır (**Şekil 2c,d**). Bu durum, Anadolu'nun tür zenginliğine katkı yapmasının yanı sıra, türlerin uç yayılış alanlarını içermesi bakımından genetik çeşitlilik adına önemlidir.



Şekil 1. Dünya üzerindeki kıtaların Kretase (105 myö), Paleojen (50 myö), Neojen (20 myö) ve günümüzdeki konumları. Şekilde kullanılan haritalar Wikipedia Commons'dan alınmıştır ([http://commons.wikimedia.org/wiki/](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blakey_105moll.jpg) + [File:Blakey_105moll.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blakey_50moll.jpg), + [File:Blakey_20moll.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blakey_20moll.jpg), + [File:Blakey_presentmoll.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blakey_presentmoll.jpg)).



Şekil 2. Dünya üzerindeki en güney ve en kuzey yayılışları Anadolu'ya denk gelen bazı hayvan ve bitki türlerinin coğrafi yayılış haritaları: karakulak (a), çizgili sırtlan (b), sarıçam (c), bozayı (d). Şekilde kullanılan haritalar Wikipedia Commons'dan alınmıştır

(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caracal_distribution.png, [File:Striped Hyaena area.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Striped_Hyaena_area.png), [File:Pinus sylvestris range-01.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus_sylvestris_range-01.png), [File:Ursus arctos distribution.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ursus_arctos_distribution.png))

Benzer şekilde, Orta Asya'dan Anadolu'nun iç kesimlerine kadar uzanan İran-Turan fitocoğrafi (bitki coğrafyası) bölgesi, Akdeniz fitocoğrafi bölgesinde yer alan birçok kurakçıl taksonun kökenini oluşturmaktadır (Manafzadeh vd., 2013). Bu iki bölgenin Akdeniz Havzasındaki çakışma noktasının da Anadolu'da olması, Anadolu'nun bitki tür çeşitliliğine katkı yapmaktadır.

Jeolojik süreçler, yalnızca Anadolu'ya farklı coğrafyalardan gelebilecek türlerin bir arada bulunabileceği eşsiz bir konum sunmamış, aynı zamanda topoğrafya çeşitliliği ve değişkenliği için gerekli potansiyeli, levha hareketleri sonucunda sağlamıştır. Deniz seviyesinden, binlerce metre yükseklikteki dağlara kadar değişen ortamlara sadece birkaç yüz kilometre mesafe içerisinde rastlayabileceğimiz Anadolu, bu özelliği ile ekosistem çeşitliliği bakımından da küçük bir kıta özelliği göstermektedir. Yarımada içerisinde bulunan dağlar, vadiler, ovalar ve nehirler, hem türler için farklı habitatlar ve yerel iklimsel koşullar sunmuş, hem de türlerin yayılmasını sağlayarak çeşitlenme süreçlerine katkıda bulunmuştur.

Anadolu coğrafyasındaki büyük ölçekli çok sayıda topoğrafik bariyer yer almaktadır. Bu bariyerler, geçmiş dönemlerde farklı coğrafyalardan Anadolu'ya giriş yapan türlerin Anadolu geneline yayılımını engellemiş ve bu türlerin yayılımlarının Anadolu içerisinde belirli bölgelerde sınırlı kalmasına neden olmuştur. Bu bariyerler arasında en önemlileri Akdeniz boyunca uzanan Toros Dağları ile Karadeniz boyunca uzanan Kuzey Anadolu Dağ Silsileleridir (Atalay, 2006). Yüksek enlemlerden gelen birçok türün Karadeniz dağlarını aşmadan Kuzey Anadolu'da kalmasının ve alçak enlemlerden gelen türlerin ve Akdeniz vejetasyonunun Anadolu içlerine kadar girememesinin sebebi de bu sıra dağlardır. Ayrıca, biyocoğrafi olarak yüksek derecede öneme sahip diğer bir bariyer ise Amanos dağlarından başlayarak, doğu Anadolu ile orta ve batı Anadolu'yu birbirinden ayıran birçok dağ sırası boyunca kuzeydoğuya doğru devam eden "Anadolu Çaprazı"dır (Davis, 1971; Ekim ve Güner, 1986; Çıplak vd., 1993). Anadolu dağ sıralarının çok sayıda vadi tarafından kesilen bütüncül yapısının getirdiği topoğrafik karmaşıklık da, türleşme süreçlerine katkı yapmış ve dağlardaki çeşitlenmeyi birçok canlı grubu için artırmıştır (Davis, 1971; Demirsoy, 1973; Çıplak, 2003; Atalay, 2006; Ansell vd., 2011; Öztürk vd., 2013; Sağlam vd., 2013). Dağların, Anadolu yarımadasının tür çeşitliliğine bir diğer katkısı da, geçmiş dönemlerde gerçekleşen iklim değişiklikleri boyunca kuzey kökenli birçok türe sığınak olarak ev sahipliği yapması ve bu sayede özellikle hareket kabiliyeti sınırlı türler için çeşitlenme olanağı sunmasıdır (Demirsoy, 1973; Atalay, 2006).

Anadolu coğrafyası, yukarıda değinilen özellikleri sayesinde, günümüzde var olan birçok tür ve cinsin çeşitlenme merkezi olmuştur. Bu konuda son yıllarda yapılmış olan genetik temelli çalışmalar, Anadolu'nun Yerkürenin biyoçeşitliliğine olan katkılarını gözler önüne sermektedir. Örneğin, Boraginaceae (Hodangiller) familyasına bağlı bitki cinsleri olan *Anchusa*, *Borago* ve *Echium*'un kökeninin 30 ila 25 milyon yıl önceki Anadolu olduğu tespit edilmiştir (Mansion vd., 2009). Doğu Akdeniz su kurbağalarının çeşitlenmesinin de işleyen jeolojik süreçler ile Anadolu yarımadasının Yunan anakarası ve Kıbrıs ile olan bağlantısının kopması ve Amanos Dağlarının yükselmesi sonucunda gerçekleşen iklimsel değişimlere bağlı

olarak gerekleŖtiđi gsterilmiŖtir (Akın vd., 2010). Brassicaceae (Turpgiller) familyasına bağlı bir bitki türü olan *Arabis alpina*'nın filocoğrafi örüntülerinin incelenmesi sonucunda, bu trn genetik eŖitlenmesinde Anadolu dağlarının önemi ortaya konulmuŖtur (Ansell vd., 2011). BaŖka bir alıŖma ise MeŖe gal yabanarası trnn (*Andricus quercustozae*) Avrupa popülasyonlarının Anadolu'dan köken aldığını gstermiŖtir (Rokas vd., 2003). Paleoiklimsel deđiŖiklikler ve Anadolu'nun topografyası, Anadolu'daki kurbağaların (Veith vd., 2003) ve sürüngenlerin (Kornilios vd., 2011) eŖitlenmesinde önemli rol oynamıŖtır.

Anadolu'nun tekdüze olmayan coğrafyası, gemiŖte farklı iklimlerin hkim olduğu dönemde bulunan birok trn de halen yarımada kalıntı olarak yaŖamasına olanak sađlamıŖtır. Örneğin, Anadolu sığlası (*Liquidambar orientalis*), Data hurması (*Phoenix theophrastii*) ve mürver ağacı (*Pterocarya fraxinifolia*), Anadolu'nun büyük bir kesiminin subtropik iklim altında olduğu (Akgün vd., 2007) Neojen döneminin ormanlarından kalma ağa türleridir (Atalay, 1994; Guerra, 1994; ztrk vd., 2008; Biltekin, 2010).

Yakın dönemli iklimsel ve jeolojik olaylar

Anadolu'nun günümüz tür eŖitliliğini ve türlerin genetik yapısını Ŗekillendiren önemli olaylardan birisi de, son 2,5 milyon yıldır (Pleyistosen dönemi boyunca) buzul ve buzularası dönemleri birbirini takip etmesi Ŗeklinde gerekleŖen iklimsel deđiŖikliklerdir. Bu dönemde, Yerkrennde kutuplarda bulunan buzullar birak onbin yıllık dönemler boyunca daha alak enlemlere doğru geniŖlemiŖ, daha sonra birak onbin yıllık dönemler süresince yeniden kutuplara geri ekilmiŖtir. Periyodik olarak birbiri ardına gelen Pleyistosen buzul ve buzularası dönemlerinin, Yerkürenin GneŖ evresindeki yörüngesinin eğiminde gerekleŖen 100.000 yıllık deđiŖimlerden dolayı gerekleŖtiđi bilinmektedir.

Bu dönemlerde, buzul devirlerinin sona ermesi ile birlikte, birok ılıman kuŖak türü alak enlemlerde yer alan sığınaklardan ıkararak, daha önce buzullarla kaplı olan ve iklimsel aıdan yeniden uygun hale gelen kuzeydeki alanları iŖgal etmiŖtir. Birak onbin yıl sonra yeniden buzul devri baŖladığında, bu türler onbinlerce yıl boyunca daha alak enlemlerdeki sığınaklarda kısıtlı yayılıŖa sahip olarak kalmıŖlardır (Buzul sığınak hipotezi). Pleyistosende görülen buzul ağları sırasında, Avrupa'nın güneyinde yer alan yarımadaların (İber, İtalya ve Balkan yarımadaları) ok sayıda tür iin sığınak rolü üstlendiği bilinmektedir (Taberlet vd., 1998). Yapılan genetik alıŖmalar, Avrupa genelinde yayılıŖı olan türlerin bu yarımadalarda bulunan popülasyonlarının, daha kuzey enlemlerde bulunanlara göre daha fazla genetik eŖitliliđe sahip olduğunu gstermiŖtir. Ayrıca, bu bölgelerde bulunan tür sayısı da kuzeydeki bölgelerden daha fazladır. Bu durum, Pleyistosen boyunca buzul istilasına uđramamıŖ olan güneydeki bölgelerin ılıman kuŖak türleri iin bir sığınak olduğunun kanıtlarıdır.

Her ne kadar, Avrupa kıtasındaki yarımadaların ılıman kuŖak türleri iin sığınak teŖkil ettiği iyi bir Ŗekilde bilinse de, özellikle veri eksikliğinden dolayı, Anadolu yarımadasının buzul sığınağı olarak rolü gemiŖ dönemlerde göz arđ edilmiŖtir. Aslında, Anadolu'nun ierdiği yüksek

biyoçeşitlilik, eski dönemlerden beri fark edilmiş ve Anadolu'nun bir buzul dönem sığınağı olabileceği belirtilmiştir (Huber-Morath, 1951; Kosswig, 1955). Bununla birlikte, Anadolu'nun buzul sığınağı rolü konusundaki genetik kanıtlar, ancak son onbeş yılda yapılan çalışmalar ile ortaya çıkmıştır (Médail ve Diadema, 2009; Bilgin, 2011). Bugün, orta ve kuzey Avrupa'da yayılış gösteren birçok türün buzul sığınaklarının Avrupa yarımadalarında değil, daha doğuda Anadolu, Kafkasya bölgesi, hatta İran'da bulunabileceğini bilmekteyiz (Perktaş vd., 2011).

Pleyistosen boyunca gerçekleşen buzul çağı döngüleri sırasında, iklimin soğuduğu dönemlerde birçok türün yayılışı Anadolu'nun dağlık kesimlerinde kısıtlı kalmış ve bu çeşitlenme ve türleşme olaylarını artırmıştır (Çıplak, 2004). Ayrıca, son buzul maksimumu boyunca Anadolu'nun kuzeybatısı, Karadeniz kıyıları ve Akdeniz kıyılarının ormanlarla kaplı olması (Şenkul ve Doğan, 2013), ılıman kuşakta yayılış gösteren birçok türün bu bölgeleri sığınak olarak kullanabilmesine olanak sağlamıştır. Buna ek olarak Pleyistosen sırasında devam eden yükselmeler ve yeni topoğrafik oluşumlar, iklim değişiklikleri ile birleştiğinde Anadolu'da yüksek bir çeşitlenme oranının gerçekleşmesini sağlamıştır. Örneğin; su kurbağalarının bazı Anadolu soylarının çeşitlenmesinin, iklimin soğuduğu ve doğu Toroslarda topoğrafik yükselmelerin yaşandığı 1,6 - 1,1 milyon yıl öncesinde gerçekleştiği gösterilmiştir (Akın vd., 2010). Anadolu dağ kurbağalarının genetik çeşitliliğinin ortaya çıkmasını sağlayan etmenlerin buzul sığınaklarının varlığı ve buzularası dönemlerde gerçekleşen dağılma (dispersal) olayları olduğu belirtilmiştir (Veith vd., 2003). Günümüzde yüksek bitki çeşitliliği ve endemizmine rastladığımız Güney Anadolu, Akdeniz Havzasında bitkiler için önerilen çok sayıda buzul sığınağından birisidir (Médail ve Diadema, 2009). Nitekim, *Carthamus* cinsine ait Anadolu türlerinin de, son buzul maksimumu sırasında Ege ve Akdeniz kıyısında bulunan sığınakları kullandıkları bildirilmiştir (Tarıkahya-Hacıoğlu vd., 2014). Bunun yanısıra, buzul dönemi boyunca Karadeniz kıyısında yer alan ormanlar, kestane (*Castanea sativa*) ağaçları için Avrupa ve Yakındoğudaki en önemli sığınak alanlarından birisi olmuştur (Krebs vd., 2004). Anadolu'da yer alan bazı türler ise Pleyistosen boyunca gerçekleşen buzul-buzularası dönem döngülerine farklı şekillerde cevap vermişlerdir. Örneğin, Anadolu yer sincabı (Gür, 2013) ve Anadolu sıvacı kuşunun (Perktaş vd., 2015), buzul dönemlerinde yayılışlarını genişlettikleri, ancak buzularası dönemlerde sığınaklara çekildikleri saptanmıştır.

Sonuç

Anadolu, dünya üzerinde eşsiz bir konuma ve kendi içerisinde de eşsiz bir topoğrafik ve iklimsel çeşitliliğe sahiptir. Bunun sayesinde; (1) civar bölgelerde (Avrupa, Asya, Afrika) bulunan, farklı kökenden gelen ve farklı ekolojik koşullar altında evrimleşmiş olan türler, Anadolu'ya kolayca ulaşabilmiş; (2) Anadolu içerisinde türlerin çeşitlenmesi ve türleşmesi için yüksek bir potansiyel oluşmuş; ve (3) geçmiş zamanlarda görülen iklimlerde rastlanan türler, Anadolu'da kalıntı halde halen varlıklarını sürdürebilmişlerdir. Anadolu'nun Pleyistosen döneminde görülen buzul çağları boyunca oynadığı sığınak rolü de, çeşitlenme süreçlerini önemli ölçüde hızlandırmıştır.

Anadolu, birçok türün en kuzey, birçok türün en güney yayılışına sahiptir ve çok sayıda endemik tür ve cins barındırmaktadır. Anadolu, bugün dünya üzerinde geniş yayılışa sahip birçok türün, hatta cinsin, evrimleşme merkezi olarak da ön plana çıkmaktadır.

Sonuç olarak, Anadolu yarımadasının türler için bir toplanma merkezi, bir çeşitlenme merkezi ve bir sığınak olması, Anadolu'nun günümüzde gözlemlediğimiz yüksek seviyedeki biyolojik çeşitliliğinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Kaynaklar

- Akgün, F., Kayseri, M.S., Akkiraz, M.S. (2007) Palaeoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene-Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 253: 56-90.
- Akın, Ç., Bilgin, C.C., Beerli, P., Westaway, R., Ohst, T., Litvinchuk, S. N., Uzzell, T., Bilgin, M., Hotz, H., Guex, G.-D., Plötner, J. (2010) Phylogeographic patterns of genetic diversity in eastern Mediterranean water frogs were determined by geological processes and climate change in the Late Cenozoic. *Journal of Biogeography* 37: 2111–2124.
- Anonymous (2009) Türkiye’de yeni bir dağ ceylanı türü bulundu. *Radikal*, 07.03.2009. http://www.radikal.com.tr/yasam/turkiyede_yeni_bir_dag_ceylani_turu_bulundu-925019 (erişim tarihi: 05.05.2014).
- Anonymous (2013a) “Yakalı Toy” 100 yıl sonra ilk kez görüntülendi. *Milliyet*, 20.12.2013. <http://www.milliyet.com.tr/-yakali-toy-100-yil-sonra-ilk-kez/gundem/detay/1810306/default.htm> (erişim tarihi: 05.05.2014).
- Anonymous (2013b) Çoban av tüfeğiyle ‘leopar’ öldürdü. *Milliyet*, 04.11.2013. <http://www.milliyet.com.tr/coban-av-tufegiyle-leopar-oldurdu/gundem/detay/1786589/default.htm> (erişim tarihi: 05.05.2014).
- Ansell, S. W., Stenøien, H. K., Grundmann, M., Russell, S. J., Koch, M. A., Schneider, H., Vogel, J. C. (2011) The importance of Anatolian mountains as the cradle of global diversity in *Arabis alpina*, a key arctic–alpine species. *Annals of Botany* 108: 241-252.
- Atalay, İ. (1994) Türkiye Vegetasyon Coğrafyası. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, Türkiye, 352 sf.
- Atalay, İ. (2006) The effects of mountainous areas on biodiversity: A case study from the Northern Anatolian Mountains and the Taurus Mountains. *Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung* 41: 17-26.
- Bilgin, R. (2011) Back to the suture: The distribution of intraspecific genetic diversity in and around Anatolia. *International Journal of Molecular Sciences* 12: 4080-4103.

Biltekin, D. (2010) Vegetation and climate of North Anatolian and North Aegean region since 7 Ma according to pollen analysis. PhD Thesis, Université Claude Bernard - Lyon I; Istanbul Teknik Üniversitesi, 136 pp.

Conservation International (2013) Biodiversity Hotspots Map.

http://www.conservation.org/where/priority_areas/hotspots/Documents/CI_Biodiversity-Hotspots_2013_Map.pdf. Erişim: 27.04.2014.

Çıplak, B. (2003) Distribution of Tettigoniinae (Orthoptera, Tettigoniidae) bush-crickets in Turkey: the importance of the Anatolian Taurus Mountains in biodiversity and implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 12: 47-64.

Çıplak, B. (2004) Systematics, phylogeny and biogeography of *Anterastes* (Orthoptera, Tettigoniidae, Tettigoniinae): evolution within a refugium. *Zoologica Scripta* 33: 19-44.

Çıplak, B., Demirsoy, A., Bozcuk, A.N. (1993) Distribution of Orthoptera in relation to the Anatolian Diagonal in Turkey. *Articulata* 8: 1-20.

Çolak, A.H., Rotherham, I.D. (2006) A review of the forest vegetation of Turkey: Its status past and present and its future conservation. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 106B: 343–354.

Davis, P.H. (ed.) (1965-1985) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, vol. 1-9. Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H. (1971) Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism. In: Davis, P.H., Harper, P.C., Hedge, I.C. (eds.) *Plant Life of South-West Asia*. Botanical Society of Edinburgh, Edinburgh, pp. 15-28.

Demirsoy, A. (1973) Revision der Anatolischen Pamphaginae (Saltatoria, Caelifera, Pamphagidae). *Entomol. Mitt. Zool. Mus. Hamburg* 4(83): 404-427.

Eastwood, W.J., Roberts, N., Lamb H.F. (1998) Palaeoecological and archaeological evidence for human occupation in southwest Turkey: The Beyşehir occupation phase. *Anatolian Studies* 48: 69–86.

Ekim, T., Güner, A. (1986) The Anatolian Diagonal: fact or fiction?. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences*, 89: 69-77.

England, A., Eastwood, W.J., Roberts, C.N., Turner, R., Haldon, J.F. (2008) Historical landscape change in Cappadocia (central Turkey): a palaeoecological investigation of annually laminated sediments from Nar Lake. *The Holocene* 18: 1229–1245.

Fedorov, A.A. (1966) The structure of the tropical rain forest and speciation in the humid tropics. *Journal of Ecology* 54: 1-11.

- Fischer, A.G. (1960) Latitudinal variations in organic diversity. *Evolution* 14: 64-81.
- Huber-Morath, A. (1951) Bitki toplama maksadı ile Anadolu'da yapılan floristik-sistemik geziler ve bunların bitki coğrafyası bakımından değeri. *Biologi* 1: 97-109. (Türkçe'ye çeviren: Demiriz, A.H.)
- Genç, İ., Özhatay, F.N. (2014) *Allium efeae* (Amaryllidaceae), a new species from northwest Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Botany* 38: 1022-1025.
- Göçmen, B., Tosunoglu, M. Ayaz, D. (2002) First record of the Leopard Gecko *Eublepharis angramainyu* (Reptilia: Sauria: Eublepharidae) from Anatolia. *Herpetological Journal* 12: 79-80.
- Guerra, A. (1994) Distribution of *Phoenix canariensis* in the Canary Islands. *Acta Horticulturae* 360: 71-72.
- Gündüz, İ. (2007) Multigenic and morphometric differentiation of ground squirrels (*Spermophilus*, Scuridae, Rodentia) in Turkey, with a description of a new species. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 43: 916-935.
- Gür, H. (2013) The effects of the Late Quaternary glacial–interglacial cycles on Anatolian ground squirrels: range expansion during the glacial periods? *Biological Journal of the Linnean Society* 109: 19-32.
- Kornilios, P., Ilgaz, Ç., Kumlutaş, Y., Giokas, S., Fragedakis-Tsolis, S., Chondropoulos, B. (2011) The role of Anatolian refugia in herpetofaunal diversity: an mtDNA analysis of *Typhlops vermicularis* Merrem, 1820 (Squamata, Typhlopidae). *Amphibia-Reptilia* 32: 351-363.
- Kosswig, C. (1955) Zoogeography of the Near East. *Systematic Biology* 4: 49-96.
- Krebs, P., Conedera, M., Pradella, M., Torriani, D., Felber, M. Tinner, W. (2004) Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): an extended palynological approach. *Veget. Hist. Archaeobot.* 13: 145-160.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., Wardle, D.A. (2001) Biodiversity and functioning: Current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- Manafzadeh, S., Salvo, G., Conti, E. (2013) A tale of migrations from east to west: the Irano-Turanian floristic region as a source of Mediterranean xerophytes. *Journal of Biogeography* 41: 366-379.
- Mansion, G., Selvi, F., Guggisberg, A., Conti, E. (2009) Origin of Mediterranean insular endemics in the Boraginales: integrative evidence from molecular dating and ancestral area reconstruction. *Journal of Biogeography* 36: 1282-1296.

- McNeely, J. A., Miller, K.R., Reid, W.V., Mittermeier, R.A., Werner, T.B. (1990) Conserving the world's biological diversity. World Conservation Union, World Resources Institute, Conservation International, World Wildlife Fund and the World Bank, Washington, D.C.
- Médail, F., Diadema, K. (2009) Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography* 36: 1333-1345.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, J.C., Lamoreux, J., da Fonseca, G.A.B. (2005) Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Amsterdam University Press, Amsterdam.
- Naeem, S., Chair, Chapin, F.S. III, Costanza, R., Ehrlich, P.R., Golley, F.B., Hooper, D.U., Lawton, J.H., O'Neill, R.V., Mooney, H.A., Sala, O.E., Symstad, A.J., Tilman, D. (1999) Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. *Issues in Ecology* 4: 1–11.
- Öztürk, M. Çelik, A., Güvensen, A., Hamzaoğlu, E. (2008) Ecology of tertiary relict endemic *Liquidambar orientalis* Mill. forests. *Forest Ecology and Management* 256: 510-518.
- Öztürk, M., Duran, A., Hakki, E.E. (2013) Cladistic and phylogenetic analyses of the genus *Cicer* in Turkey. *Plant Systematics and Evolution* 299: 1955-1966.
- Perktaş, U., Barrowclough, G.F., Groth, J.G. (2011) Phylogeography and species limits in the green woodpecker complex (Aves: Picidae): multiple Pleistocene refugia and range expansion across Europe and the Near East. *Biological Journal of the Linnean Society* 104: 710-723.
- Perktaş, U., Gür, H., Sağlam, İ.K., Quintero, E. (2015). Climate-driven range shifts and demographic events over the history of Kruper's Nuthatch (*Sitta krueperi*). *Bird Study* (baskıda).
- Rokas, A., Atkinson, R.J., Webster, W.M.I., Csoka, G., Stone, G.N. (2003) Out of Anatolia: longitudinal gradients in genetic diversity support an eastern origin for a circum-Mediterranean oak gallwasp *Andricus quercustozae*. *Molecular Ecology* 12: 2153-2174.
- Sağlam, İ.K., Küçükyıldırım, S., Çağlar, S.S. (2013) Diversification of montane species via elevation shifts: the case of the Kackar cricket *Phonochorion* (Orthoptera). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 52: 177-189.
- Şekercioğlu, Ç.H., Anderson, S., Akçay, E., Bilgin, R., Can, Ö.E., Semiz, G., Tavşanoğlu, Ç., Yokeş, M.B., Soyumert, A., İpekdal, K., Sağlam, İ.K., Yücel, M., Dalfes, H.N. (2011). Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation* 144: 2752-2769.
- Şenkul, Ç., Doğan, U. (2013) Vegetation and climate of Anatolia and adjacent regions during the Last Glacial period. *Quaternary International* 302: 110-122.

- Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A. G., Cossons, J.-F. (1998) Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology* 7: 453-464.
- Tarıkahya-Hacıoğlu, B., Karacaoğlu, Ç., Özüdoğru, B. (2014) The speciation history and systematics of *Carthamus* (Asteraceae) with special emphasis on Turkish species by integrating phylogenetic and Ecological Niche Modelling data. *Plant Systematics and Evolution* 300: 1349-1359.
- Tosunoglu, A., Malyer, H. (2014) *Aristolochia adalica* (Aristolochiaceae), a new species from Anatolia, Turkey. *Annales Botanici Fennici* 51: 161-166.
- Veith, M., Schmidtler, J.F., Kosuch, J., Baran, I., Seitz, A. (2003) Palaeoclimatic changes explain Anatolian mountain frog evolution: a test for alternating vicariance and dispersal events. *Molecular Ecology* 12: 185-199.