

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKDENİZ BÖLGESİ'NDEKİ *Bufo bufo* TÜR GRUBUNUN (ANURA,
BUFONIDAE) BEKLENMEYEN FİLOGENİSİ

ÖZGE ÖZKAN AKDAĞ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. NURHAYAT ÖZDEMİR

TEZ JÜRİLERİ
PROF. DR. BİLAL KUTRUP
DOÇ. DR. SERKAN GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

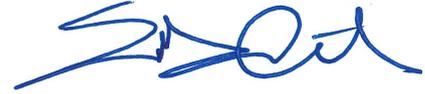
**AKDENİZ BÖLGESİ'NDEKİ *Bufo bufo* TÜR GRUBUNUN (ANURA,
BUFONIDAE) BEKLENMEYEN FİLOGENİSİ**

Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR danışmanlığında, Özge ÖZKAN AKDAĞ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/05/2019 tarihinde Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Bilal KUTRUP
Üye	: Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR
Üye	: Doç. Dr. Serkan GÜL

İmzası






Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

“Akdeniz Bölgesi’ndeki *Bufo bufo* Tür Grubunun (Anura, Bufonidae) Beklenmeyen Filogenisi” başlıklı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı’nda ‘Yüksek Lisans Tezi’ olarak hazırlanmıştır.

Lisansüstü eğitimi boyunca engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR’e teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, hem arazi hem de laboratuvar çalışmaları bakımından, özellikle tez başlığımın verilmesi konusunda çok büyük katkısı bulunan ve eşsiz deneyimlerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabrından dolayı değerli hocam Doç. Dr. Serkan GÜL’e, ayrıca Hatay iline ait materyallerin teminini sağlayan Doç. Dr. Mehmet Zülfü YILDIZ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Birlikte çalıştığımız her daim yanımda olan ekip arkadaşlarım Cantekin DURSUN’a ve Ebru KIZILHAN’a teşekkürü bir borç bilirim. Geleceğe umutla bakmamı sağlayan, yorucu ve uzun süren çalışmalarım doğrultusunda desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli yol arkadaşım Fatih AKDAĞ’a teşekkür ederim. Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan aileme, öğrencilik hayatım boyunca üzerimde emekleri olan hocalarıma, eserlerinden yararlandığım tüm bilim insanlarına teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca lisansüstü eğitimim boyunca sağladıkları burstan ötürü TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi TÜBİTAK tarafından 114Z823 nolu proje ile desteklenmiştir.

Özge ÖZKAN AKDAĞ

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Akdeniz Bölgesi’ndeki *Bufo bufo* Tür Grubunun (Anura, Bufonidae) Beklenmeyen Filogenisi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.
21/05/2019


Özge ÖZKAN AKDAĞ

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

AKDENİZ BÖLGESİ'NDEKİ *Bufo bufo* TÜR GRUBUNUN (ANURA, BUFONIDAE) BEKLENMEYEN FİLOGENİSİ

Özge ÖZKAN AKDAĞ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR

Anadolu ve özellikle de Akdeniz Havzası filocoğrafik ve biyocoğrafik çalışmalar için ideal bir laboratuvardır. Farklı tektonik plakaların çarpışması ve Kuvarterner Dönemi iklim dalgalanmaları Akdeniz Havzası türlerinin filocoğrafik tarihi üzerinde derin izler bırakmıştır. Literatür incelendiğinde Anadolu coğrafyasında dağılım gösteren *Bufo bufo* tür grubuna ait türlerin (*Bufo bufo* ve *Bufo verrucosissimus*) Akdeniz Bölgesi içerisindeki sistematik belirsizliği göze çarpmaktadır. Son yıllarda yayınlanan farklı moleküler çalışmalar bu bölgede dağılım gösteren tür için farklı sonuçları işaret etmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında ise varolan belirsizliğin çözüme kavuşturulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, Akdeniz ve Ege Bölgesi sınırları içerisindeki 8 ilden toplanan 23 örnekten ve GenBanktan elde edilen mtDNA (16S ve Sitokrom b) ve nDNA (RPL3) dizilerine dayalı filogenetik analizler (Maksimum Olasılık ve Bayesian Analizi) gerçekleştirilmiştir. Mitokondriyal DNA dizileriyle yapılan analizler sonucunda Akdeniz Bölgesi sınırlarına dahil illerdeki örneklerin *Bufo verrucosissimus*, Ege Bölgesi illerindeki örneklerin ise *Bufo bufo* türüne ait olduğu tespit edilmiştir. Nükleer DNA dizileriyle yapılan analizlerde ise örnekler tek bir ana dal üzerinde kümelenecek ve net bir ayrım gözlenmemiştir. Ayrıca, mitokondriyal DNA gen bölgelerine ait ağaçlarda, Akdeniz Bölgesi içerisinde Antalya ve diğer illerin arasında bir farklılaşma olduğu görülmüştür.

2019, 77 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Bufo verrucosissimus*, Anadolu, Bayesian Analizi, Sitokrom b

ABSTRACT

UNEXPECTED PHYLOGENY OF *Bufo bufo* SPECIES GROUP (ANURA, BUFONIDAE) IN THE MEDITERRANEAN REGION

Özge ÖZKAN AKDAĞ

Recep Tayyip Erdogan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology
Master Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR

Anatolia and especially Mediterranean Basin is an ideal laboratory for phylogeographic and biogeographic studies. The collision of the different tectonic plates and climatic oscillations in Quaternary Period left signature on the phylogeographical histories of the inhabiting species in Mediterranean Basin. As literature is investigated, the systematic uncertainty of the species (*Bufo bufo* and *Bufo verrucosissimus*) belonging to *Bufo bufo* species group distributing in Anatolia is outstanding in the Mediterranean Region. In recent years, different published molecular studies has pointed different results for the species distributing in this region. In this thesis, it is aimed to resolve the systematic uncertainty. In this context, phylogenetic analyses were performed (Maximum Likelihood and Bayesian Inference) with mitochondrial DNA (16S and Cytb) and nuclear DNA (RPL3) sequences of individuals that sampled from 8 different provinces in the border of Mediterranean and Aegean Regions and also sequences obtained from GenBank. As a result of mitochondrial DNA sequence analyses, the samples of Mediterranean Region are determined as *Bufo verrucosissimus* whereas Aegean region as *Bufo bufo*. As to the results of nDNA sequence analyses, all samples were nested within the same branch and not a clear separation observed. Also, a differentiation was seen between Antalya and other provinces on the trees of mitochondrial DNA markers for Mediterranean Region.

2019, 77 pages

Keywords: *Bufo verrucosissimus*, Anatolia, Bayesian Analysis, Cytochrome b

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Literatür Özeti	3
1.3. Amfibilerin Genel Özellikleri	9
1.4. Amfibilerin Sistematik Konumu	12
1.5. Filogenetik	12
1.6. Mitokondriyal DNA.....	13
1.7. Nükleer DNA	15
1.8. Sitematiğin Temel Birimi Tür	15
1.8.1. Biyolojik Tür.....	16
1.8.2. Filogenetik Tür.....	17
1.8.3. Alttür Kavramı	18
1.9. Anadolu Coğrafyasının Oluşumu.....	19
1.10. Anadolu Coğrafyasının Giriş Kapıları, Bariyerleri ve Biyoçeşitliliğinin Temeli	20
1.11. Anadolu Diyagonali	22
1.12. Akdeniz ve Torosların Oluşumu	24
1.13. Sıcak Nokta Kavramı ve Akdeniz Sıcak Noktası	32
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	35
2.1. Materyaller	35
2.2. <i>Bufo bufo</i>	35
2.3. <i>Bufo verrucosissimus</i>	37
2.4. Yöntem.....	38
2.4.1. Örneklerin Toplandığı Alanlar ve Birey Sayıları.....	38
2.4.2. Kurbağa Parmaklarından Genomik DNA'ların İzolasyonu	41

2.4.3. MtDNA ve nDNA Genlerinin PZR Yardımı ile Çoğaltılması ve DNA Dizin Analizi	41
2.4.4. Filogenetik Ağaçların Oluşturulması	42
2.4.5. MrModeltest v. 2.3 ile En Uygun Baz Değişim Modelinin Bulunması.....	42
2.4.6. Maksimum Olasılık Analizi	42
2.4.7. Bayesian Analizi	43
2.4.8. FigTree Programı	43
3. BULGULAR.....	44
3.1. 16S rRNA Gen Bölgesi Dizin Analizi	45
3.2. Sitokrom b Gen Bölgesi Dizin Analizi	47
3.3. RPL3 Gen Bölgesi Dizin Analizi.....	49
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	51
5. ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Recuero vd. (2012)'nin çalışmasında yer alan Türkiye'deki lokaliteler	5
Şekil 2. Garcia-Porta vd. (2012)'nin çalışmasında yer alan Türkiye'deki lokaliteler	6
Şekil 3. Mitokondriyal DNA	14
Şekil 4. Anadolu coğrafyasındaki geçiş koridorları.	21
Şekil 5. Anadolu coğrafyasındaki büyük dağ sıraları.....	22
Şekil 6. Anadolu Diyagonali	23
Şekil 7. Tetis Okyanusu.....	26
Şekil 8. Paleosen ve sonrası döneminde Akdeniz'in durumu	27
Şekil 9. Oligosen ve Erken Miyosen dönemlerinde Akdeniz'in durumu	28
Şekil 10. Erken Pliyosende Akdeniz'in durumu	28
Şekil 11. Akdeniz'in mevcut durumu	30
Şekil 12. Anadolu sınırlarını kapsayan sıcak noktalar.	33
Şekil 13. <i>Bufo bufo</i>	36
Şekil 14. <i>Bufo verrucosissimus</i>	37
Şekil 15. Örnekleme yapılan lokaliteler	40
Şekil 16. 16S rRNA gen bölgesine ait filogenetik ağaç	46
Şekil 17. Sitokrom b gen bölgesine ait filogenetik ağaç	48
Şekil 18. RPL3 gen bölgesine ait filogenetik ağaç	50

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışma alanı ve birey sayıları	39
Tablo 2. Moleküler analizlerde kullanılan gen bölgeleri ve primerler	41
Tablo 3. GenBank'tan elde edilen DNA dizileri ve erişim kodları.....	44



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

μ L	Mikro Litre
16S rRNA	16S Ribozomal RNA Geni
bç	Baz Çifti
Cytb	Sitokrom B Geni
dH ₂ O	Distile Su
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
dNTP	Deoksiribonükleotit Trifosfat
kb	Kilo Baz
km	Kilometre
mtDNA	Mitokondriyal DNA
nDNA	Nüklear DNA
PZR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
RNA	Ribonükleik Asit
RPL3	Ribozomal Protein L3 Geni
rRNA	Ribozomal Ribonükleik Asit
tRNA	Taşıyıcı RNA
UV	Ultra Viole
vd.	Ve Diğerleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Geçen yıllar içerisinde hayvanların filogenilerine ilişkin elde edilen bilgiler oldukça artmıştır. Ribozomun küçük alt birimini kodlayan bir genin analizi ile başlayan ve değişik genlerin DNA dizi çalışmaları ile takip eden çalışmalar hayvanların değişim sürecine ilişkin resme yeni bir bakış getirmiştir (Freeman ve Herron, 2009). Moleküler biyolojideki hızlı ilerlemeler ve DNA teknolojisinin moleküler biyolojide kullanıma girmesi ile birlikte güçlü teknikler geliştirilmiş ve bunlardan DNA ile protein, canlı nesillerini ve akrabalıklarını belirlemede kullanılmaya başlanmıştır. Bu moleküler belirleyiciler morfolojik analizlere alternatif bir yöntem olmayıp tamamlayıcı faktörlerdir (Başbüyük vd., 2000; Gül, 2012). Morfolojik karakterler geleneksel olarak taksonomi içerisinde kullanılmış ve bu karakterlerin uygulamaları moleküler belirteçlerin desteklemesiyle sonuçlandırılmıştır (Mikulicek vd., 2013). Moleküler belirteçler, morfolojinin cevap veremediği birçok soruya cevap verebilmektedir (Başbüyük vd., 2000; Gül, 2012). Bu nedenle günümüzde taksonomi daha ileri seviye bilgilere ulaşmak için moleküler verilere ağırlık vermektedir. Çünkü moleküler veriler organizmalar arasındaki akrabalık ilişkilerin ortaya çıkarılmasında temel kaynak görevi görmektedir (Hebert vd., 2003; Tautz vd., 2003; Blaxter, 2004; Vogler ve Monaghan, 2007; Padial vd., 2010; Tamar vd., 2016). Anuruların sistematüğini ve yaşam ağacını belirlemede kullanılabilen süregelmiş morfolojik karakterler tek başına kısıtlı kalmakta ve yeterlilik göstermemektedir. Günümüz sürecinde devam eden moleküler analizler anuruların yaşam ağacının anlaşılması açısından her gün yeni gerçekler ortaya koymaktadır (Zhang vd., 2013a; Jetz ve Phyron, 2018).

Biyocoğrafya, biyolojik çeşitliliğin coğrafi şablonlarını anlamaya ve belgelemeye çalışan bir bilim dalıdır. Organizmaların dağılımlarının çalışılması olarak da adlandırılan biyocoğrafya, organizmaların tarihsel dağılımlarıyla ve aynı zamanda güncel dağılımlarıyla da ilgilenir. Multidisipliner bir alan olan filocoğrafya, yakın ilişkili türlerin veya türler içerisindeki soy hatlarının coğrafi dağılımlarını inceleyen değişimsel, istatistiksel ve matematiksel süreçlerin toplamı şeklinde ifade edilebilir. Başka bir deyişle, söz konusu süreçlerin oluşturduğu bütünlük içindeki genetik

çeşitliliğin coğrafi varyasyonlarını araştıran bilim dalıdır. Bu bilim dallarının ortak hedefi ise türler arasındaki akrabalık ilişkilerin ve türleşme süreçlerinin büyük resmini ortaya koyabilmektir (Perktaş, 2017).

Akdeniz Havzası filocoğrafik ve biyocoğrafik çalışmalar için ideal bir laboratuvarıdır. Geç Eosen'den itibaren Avrasya, Afrika ve Arabistan tektonik plakaların çarpışması Akdeniz Havzası üzerinde büyük coğrafik farklılaşmaları meydana getirmiştir (Meulenkamp ve Sissingh, 2003; Popov vd., 2006). Bu süreçler Akdeniz Havzası'nın yerleşik türlerinin filocoğrafik tarihi üzerinde izlerini bırakmıştır (Stewart vd., 2009; Hewitt, 2011). Ayrıca Kuvarterner Dönemi iklim dalgalanmaları da Akdeniz Havzası'ndaki türler üzerinde ciddi etkiler meydana getirmiştir. Coğrafik hareketlilik ve iklimsel dengenin etkileşiminin sonucunda Akdeniz Havzası içerisindeki birçok tür için derin tür içi soy hatlarıyla karakterize edilmiştir (Oosterbroek ve Arntzen, 1992; Bilgin, 2011).

Batı Palearktik Bölge içerisinde dağılım gösteren *Bufo bufo* tür grubunun Türkiye sınırları içerisindeki sistematik durumu konusunda karmaşıklıklar mevcuttur. Son yıllarda yapılan farklı moleküler filogenetik temelli çalışmalarla elde edilen sonuçlar bu karmaşıklığı açıkça işaret etmektedir.

Kutrup vd. (2006), yaptıkları çalışmada Artvin, Rize, Trabzon, Mersin, Giresun ve Adapazarı illerinden örnekledikleri bireyleri moleküler yönden incelemiş ve *B. bufo* olarak nitelendirmişlerdir. Litvinchuk vd. (2008), yaptıkları çalışma sonucunda Türkiye coğrafyası içerisindeki bütün *Bufo* popülasyonlarının *Bufo verrucosissimus* türüne ait olduğunu ifade etmişlerdir. Garcia-Porta vd. (2012), yaptıkları çalışmada Türkiye içerisinde Anayurt, Kayabaşı, Bursa, Bafra, Bolu ve Alanya'dan örneklenen bireylerin gen sıralarını kullanmış, Bolu ve Alanya'da *B. verrucosissimus* türünün diğer lokalitelerde ise *B. bufo* türünün dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Recuero vd. (2012), yaptıkları çalışma kapsamında Havza (Samsun), Erbaa (Tokat), Eflani (Karabük) ve Karagöl (Artvin)'den örnekledikleri bireylerin gen sıralarını kullanmış ve *B. verrucosissimus*'un yalnızca Artvin ili içerisinde dağılım gösterdiğini belirtmişlerdir. Örnekleme yapılan diğer lokaliteleri ise *B. bufo* türünün dağılım alanı olarak ifade etmişlerdir. Arntzen vd. (2013b), var olan bu sistematik belirsizlik üzerine bir revizyon

çalışması ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda *Bufo bufo* ve *Bufo verrucosissimus* türlerinin Bolu ilinde simpatrik olarak yaşadıklarını ifade etmişlerdir.

Literatürde var olan farklılıklar göz önüne alınarak, yapılan bu tez çalışmasında *B. bufo* tür grubunun Türkiye coğrafyasında Akdeniz Bölgesi sınırları içerisindeki sistematik durumunun çözüme kavuşturulması hedeflenmiştir. Literatür içerisinde örnekleme yapılan iller Antalya ve Mersin illeridir. Bu tez çalışmasında, literatürdeki illere ek olarak Osmaniye ve Hatay illeri de çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Ayrıca Akdeniz Bölgesi'ne yakın Ege illerinden de örnekleme yapılmıştır. Böylece Akdeniz coğrafyasının geniş bir coğrafi ölçekte çalışılarak var olan sistematik belirsizliğin bölgesel bazda net bir şekilde çözüme kavuşturulması amaçlanmıştır.

114Z823 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında desteklenen bu proje Türkiye sınırları içerisinde *B. bufo* tür grubunun dağılım gösterdiği bütün coğrafi alanları kapsamakta olup, var olan sistematik belirsizliği tamamen çözüme kavuşturmayı hedeflemektedir.

1.2. Literatür Özeti

Macey vd. (1998), Doğu Tibet bölgesinde *B. bufo* grubuna ait 3 türün (*B. andrewsi*, *B. gargarizans*, *B. minshanicus*) filogenetik ilişkilerini saptamak için mtDNA'sının 1063 bazlık kısmını (ND1 ile ND2 genleri arası) analiz edip *B. excul*, *B. viridis* ve *B. verrucosissimus* ile karşılaştırmışlardır. İncelenen üç türün birer monofiletik grup olduğunu ve *B. verrucosissimus*'un ise bu türlerle kardeş takson olduğunu bildirmişlerdir.

Lüscher vd. (2001), İsviçre Alp'lerindeki *B. bufo* türünün genetik farklılıklarını inceleyen bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar İsviçre'deki *B. b. bufo* ve *B. b. spinosus* populasyonlarının 8 enzimini yatay nişasta jel elektroforezi ile analiz ederek iki alttür arasında net bir genetik farklılığın gözlenmediğini bildirmişlerdir. Ayrıca *Bufo bufo* populasyonlarının (alttür dahil) çok düşük bir genetik farklılığa sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. Akdeniz Bölgesi'ndeki *B. b. spinosus*'un morfolojik

karakterlere dayanan alttür durumu Lüscher vd. (2001) yaptığı genetik çalışmalarla doğrulanmamıştır.

Kutrup vd. (2006)'un çalışmasında ise 16 populasyondan toplam 29 *B. bufo* bireyinin 16S ribozomal RNA geninin 936 bazlık kısmının DNA dizin analizi yapılmıştır. Örneklerin toplandığı yerler; Artvin (Erenköy, Borçka), Rize (Fındıklı, Çamlıhemşin, Karasu, Gündoğdu), Trabzon (Araklı, Akçaabat, Yeşilova, Maçka), Mersin (Mezitli), Giresun, Giresun Adası ve Adapazarı'dır. Ayrıca İtalya'nın Matera (Garaguso), Yunanistan'ın Metsova (Pindos Dağları) kentlerinden *B. bufo* ve İtalya (Sicilya)'dan *B. b. spinosus* örnekleri de analizlere dahil edilmiştir. Yapılan filogenetik analizler sonucunda toplam 23 haplotip bulunmuş ve bu haplotipler arasında ise maksimum 17 baz (% 0,11 - % 1,85) farklılık olduğu görülmüştür. Türleşme örnekleri Avrupa ve Litvanya örnekleri ile yakın ilişkili çıkmıştır. Mersin örnekleri Doğu Karadeniz'den elde edilmiş örneklerle (Fındıklı, Çamlıhemşin, Borçka) daha fazla yakınlık göstermiştir. Fakat bu farklılığın bir alttür oluşturacak kadar önemli olmadığı ve bunun tür içi varyasyon olduğuna karar verilmiştir.

Recuero vd. (2012), batıda İberya Yarımadası ve Kuzey Afrika'dan, doğuda Kazakistan'ın kuzeyi ve Sibirya'nın doğusuna kadar olan bölgelerde dağılım gösteren *B. bufo* grubunu toplam 232 birey (tüm alttürleri ve *B. verrucosissimus*'u da içine alan) kullanarak incelemiş ve mtDNA'nın 16S rRNA ve cytb genleri ile 4 nüklear gen (pro-opiomelanocortin: POMC, chemokine (C-X-C) receptor 4: CXCR4, brain-derived neurotrophic factor: BDNF ve ribozomal protein L3: RPL3) üzerinde çalışmışlardır. Recuero vd. (2012)'nin bu çalışmasında Türkiye'den 4 lokaliteden (Şekil 1) toplam 6 örnek yer almıştır: Havza (Samsun), Erbaa (Tokat), Eflani (Karabük) ve Karagöl (Artvin). Yapılan filogenetik analizler sonucunda Havza, Erbaa ve Eflani örneklerinin *B. bufo*'ya, Artvin örneğinin ise *B. verrucosissimus* türüne ait olduğu belirtilmiştir. Fakat çalışma sonucunda *B. bufo*'nun doğuda nereye kadar dağılım gösterdiği ve *B. verrucosissimus* ile kontak zonlarının hala belirsiz olduğu vurgulanmıştır. Recuero vd. (2012)'nin bu çalışmasında sadece Türkiye'nin kuzeyinden örnek alınmıştır, batı ve güney populasyonları değerlendirmeye katılmamıştır ve sistematik durumu çözülememiştir.



Şekil 1. Recuero vd. (2012)'nin çalışmasında yer alan Türkiye'deki lokaliteler. Karagöl örneği *B. verrucosissimus*, diğerleri ise *B. bufo* olarak nitelendirilmiştir.

Garcia-Porta vd. (2012), ise 147'si *B. bufo* kompleksine ait, 4'ü GenBank'tan alınmış toplam 151 örnekte mtDNA'nın tRNAval (48 bp), 16S rRNA (1386 bp) ve ND1 (554 bp) genlerini kullanarak filogenetik analizler yapmıştır. Ayrıca bazı lokalitelere ait örneklerde ise 21 lokusa ait 16 protein sistemi (allozim) çalışmışlardır. Bu çalışmada Türkiye'den 6 lokalite yer almıştır (Şekil 2). mtDNA üzerine yaptıkları filogenetik analizler sonucunda *B. bufo* kompleksinin 5 ana dala (Caspian, Avrupa, Kafkasya, İberya ve Afrika) ayrıldığını bulmuşlardır. Türkiye'den Alanya örneği Kafkasya dalında (*B. verrucosissimus*) yer alırken diğerleri (Anayurt, Kayabaşı, Bursa ve Bafra) ise Avrupa dalında (*B. bufo*) yer almıştır. Allozim çalışmasında ise Türkiye'den sadece Bolu ve Alanya örneği kullanılmıştır ve ikisi de *B. b. spinosus* olarak sınıflandırılmasına rağmen filogenetik analizlerde *B. verrucosissimus* olarak gruplanmıştır. Yani morfoloji ve coğrafik dağılımlarına göre *B. b. spinosus* olarak tayin edilen popülasyonların (Alanya ve Bolu) mtDNA veya allozim sonuçlarına göre *B. verrucosissimus* olarak gruplanmıştır.



Şekil 2. Garcia-Porta vd. (2012)'nin çalışmasında yer alan Türkiye'deki lokaliteler. Bolu ve Alanya örnekleri *B. verrucosissimus*, diğerleri ise *B. bufo* olarak nitelendirilmiştir.

- | | |
|--|---------------------------|
| 1- Anayurt (Trabzon-Gümüşhane Yolu)----- | sadece mtDNA çalışılmış |
| 2- Kayabaşı, Ordu ----- | sadece mtDNA çalışılmış |
| 3- Bursa ----- | sadece mtDNA çalışılmış |
| 4- Bafra (Samsun) ----- | sadece mtDNA çalışılmış |
| 5- Bolu ----- | sadece allozim çalışılmış |
| 6- Alanya (Antalya) ----- | mtDNA+allozim çalışılmış |

Arntzen vd. (2013a), *B. bufo* tür grubunun sistematığı hakkında var olan moleküler verilere dayanarak durumun ne kadar karmaşık olduğu konusunda bir makale yayınlamışlardır. Bu çalışmada Recuero vd. (2012)'nin makalesinde yer alan nükleer sekanslar yeniden analiz edilmiştir. Sonuç olarak *B. bufo* ile *B. eichwaldi*'nin tür durumlarının kesin olduğu fakat *B. spinosus* ile *B. verrucosissimus*'un durumunun belirsizliğini koruduğu belirtilmiş ve aksi detaylı bilgilerle kanıtlanıncaya kadar Orlova ve Tuniyev (1989), tarafından tür olarak bildirilen "*B. verrucosissimus*"un tür durumunun korunması gerektiğini vurgulamışlardır. Sadece Bolu'da *B. bufo* ile *B. verrucosissimus*'un simpatrik yaşadığı yazılmıştır. Bazı lokuslarda nükleer DNA haplotiplerini paylaştıkları ancak allel paylaşımında bir coğrafik örüntünün olmamasını hibridizasyondan ziyade tamamlanmamış soy farklılaşmasına bağlamışlardır.

Arntzen vd. (2014), Britanya ve Fransa arasındaki ‘Kanal Adaları’ olarak adlandırılan yedi adadan en büyüğü olan Jersey Adası’ndaki *Bufo* populasyonu hakkında morfolojik ve moleküler yönden çalışmış, mitokondriyal belirteçler ve RAG1 nükleer gen bölgesi olmak üzere iki farklı moleküler belirteç, vücut uzunluğu, parotidlerin ön ve arka uçları arasındaki mesafe, metatarsal tüberkülün boyu ve eni ile parotid açısı olmak üzere 5 morfolojik karakter kullanmışlardır. Populasyonun verileri Fransa’daki *Bufo bufo* ve *Bufo spinosus* türlerine ait veriler ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda örneklerin oldukça divergent parotidlere, dar ve uzun içmetatarsal tüberküllere sahip olduklarını belirlemişlerdir ve bu ada populasyonu *Bufo spinosus* olarak ifade edilmiştir. Ayrıca RAG1 gen bölgesi bakımından bütün örneklerin *Bufo spinosus* RAG1 allelerine sahip oldukları belirlenmiş ve mitokondriyal verilerde bu durumu desteklemiştir.

Roth ve Jehle (2016), Norveç etrafındaki takımadalarda var olan *Bufo bufo* populasyonları ile ana kara populasyonları arasındaki genetik farklılaşmayı incelemek üzere 9 farklı mikrosatellit belirteç kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Su birikintilerini kullanarak üreyen amfibi türlerinin düşük yayılım kapasiteleri ve doğal populasyon yapılarının habitat parçalanması ile meydana gelen genetik farklılaşmayı tespit için önemli bir nokta olduğunu belirten araştırmacılar, kurdukları hipotezi destekleyecek sonuçlar elde etmişlerdir. Ana kara populasyonları ile adalar içerisinde var olan populasyonlar arasında ve hatta ada populasyonlarının arasında da yüksek genetik uzaklığın varlığını ortaya koymuşlardır.

Arntzen vd. (2016), Fransa’nın kuzeybatısında *Bufo bufo* ve *Bufo spinosus* türlerinin kontak zonu üzerine morfolojik ve moleküler yönden bir çalışma gerçekleştirmiş, örnekleri vücut uzunluğu, parotidlerin ön ve arka uçları arasındaki mesafe, iç metatarsal tüberkülün boyu ve eni, parotidlerin divergentliği, içmetatarsal tüberkülün ve şekli bakımından karşılaştırmışlardır. Ayrıca 12 polimorfik mikrosatellit lokusunun yanı sıra mitokondriyal ve nükleer belirteçler kullanarak gen akışının olduğu hattı belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda, *Bufo bufo*’ların küçük ve yuvarlak içmetatarsal tüberküle ve paralel konumlu parotidlere sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Kontak zonun ise sadece 30 km’lik dar bir alan olduğu belirlenmiştir.

Trujillo vd. (2017), Fransa'nın batısında *Bufo bufo* ve *Bufo spinosus* türlerinin kontak zonu üzerine morfolojik ve moleküler yönden bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Örnekleri, vücut uzunluğu, parotidlerin ön ve arka uçları arasındaki mesafe, iç metatarsal tüberkülün boyu ve eni, parotidlerin divergentliği, içmetatarsal tüberkülün büyüklüğü ve şekli bakımından karşılaştırmışlardır. Ayrıca 14 farklı mikrosatellit lokusu kullanarak populasyonlar arasındaki gen akışını belirlemeye çalışmışlardır. Türlerin parotidlerin divergentliği, parotid açısı, içmetatarsal tüberkülün şekli ve boyutu bakımından farklılık gösterdiğini, parotidlerin *Bufo bufo*'da paralel veya hafif divergent konumlu, *Bufo spinosus*'ta ise daha geniş şekilde divergent konumlu, *Bufo bufo*'da metatarsal tüberküllerin daha küçük, *Bufo spinosus*'ta daha büyük, *Bufo bufo*'da tüberkül şeklinin daha düzgün ve yuvarlak, *Bufo spinosus*'ta daha dar ve uzun olduğunu belirtmişlerdir. Türler arasında gen alışverişinin açıkça gözlemlendiği bir kontak zonu varlığını ortaya koymuşlardır.

Arntzen vd. (2017), Fransa'nın güneydoğusu ve İtalya'nın kuzeybatısı olmak üzere iki farklı hatta yani Alp Dağları'nın iki yakasında var olan *Bufo bufo* ve *Bufo spinosus* türleri arasındaki etkileşim ve kontak zonlar üzerine mitokondriyal ve nükleer belirteçler ile morfolojik karakterleri kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda *Bufo bufo*'nun *B. spinosus*'a göre daha küçük vücutlu, parotidlerin ise daha az divergent konuma sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Her iki hatta da bariz ve uyumlu nükleer genetik geçişler gözlemlendiğini, morfolojik klinlerin bazen daha geniş bazen ise hiç görülmediği, mtDNA intogresyonlarının (geri çaprazlama) asimetri gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çalışmada elde edilen mitokondriyal soy hatlarını yorumlayarak *Bufo bufo*'nun son buzul maksimumunda sığınaklarda sınırlandığını, *Bufo spinosus*' un İberya sığınağına yakın alanlardaki lokal *Bufo bufo* populasyonlarının yerini aldığını, sonraki dönemde Balkanlar'dan gelen *Bufo bufo* populasyonlarının *Bufo spinosus* populasyonlarını Alp Dağları'nın çatalının sağ ve sol yakası boyunca güneye doğru sürdüğünü ifade etmişlerdir. Ve bu senaryonun hatlar boyunca geniş şekilde yayılan kontak zonların varlığını net şekilde açıkladığını belirtmişlerdir.

Arntzen vd. (2018), *Bufo bufo* ve *Bufo spinosus* türlerinin Avrupa boyunca dağılım gösteren populasyonlarını mitokondriyal belirteçler ve morfolojik karakterleri kullanarak değerlendirmiş ve var olan kontak zonlar üzerine bir yorumlama

getirmişlerdir. Çalışma sonucunda Fransa kuzeydoğu yarısını *Bufo bufo* güneybatı yarısını ise *Bufo spinosus* populasyonları ile karakterize etmişlerdir. Fransa'nın merkezinde ise mtDNA bakımından 10 km. 4 nükleer lokus bakımından ise 61 km. genişliğinde bir hibrit zonun varlığı ortaya çıkarılmıştır. Türlerin Avrupa boyunca sahip oldukları kontak zonların Fransa'da Atlantik kıyısındaki Caen şehrinden Akdeniz kıyısındaki İtalya'nın Savona şehrine kadar uzanan 900 km.'lik bir hat olduğunu ortaya koymuşlardır. Türleri belirlemede kullanılan karakterlerde var olan önemli coğrafik varyasyonların varlığına değinip, bu karakterlerin Fransa içerisindeki türleri ayırmada etkin bir güce sahip olduğunu fakat İtalya'da ise aynı etkiyi yaratamadığını belirtmişlerdir. Son olarak hibrit zonların sahip olduğu coğrafik pozisyonların dağlar ve nehirler gibi çevresel faktörler ile ilişkili olduğuna değinmişlerdir.

1.3. Amfibilerin Genel Özellikleri

Amfibi kelimesi çift yaşamlı anlamına gelmektedir ve bu kelime günümüzde yaşayan amfibilerin temel özelliğini net bir şekilde ortaya koymaktadır (Raven vd., 2011). Amfibi terimi iki farklı şekilde tanımlanabilir. Hayatını su içinde geçiren ve sucul ergin yönünde gelişim gösteren veya hayatını su dışında yaşamaya göre değiştiren, su birikintileri ve gölleri kullanan kurbağalardır (Duellman ve Trueb, 1994).

Kurbağalar sudan karaya geçen ilk omurgalı sınıfı olduklarından anatomik yapılarında önemli değişiklikler olmuştur. Ancak bir memeli hayvan gibi, suyla da tamamen ilişkilerini kesememişlerdir. Bu nedenle bunlara iki yaşamlı (suda ve karada) manasına gelen amfibiler denilmektedir. Kurbağaların karada yaşama özelliği kazanması sonucunda, yüzgeçler yerine bacaklar, solungaçlar yerine akciğerler meydana gelmiştir (Baran, 2005). Amfibilerin ataları şimdikilere göre daha büyük vücuda sahiptiler ve bu durum kara üzerinde bir yerden başka bir yere hareket için bir engeldir. Bu ihtiyaca bağlı olarak bacaklar meydana gelmiştir. Hareket yetisine bağlı olarak gelişen kaslar ve oksijen ihtiyacı artmış buna bağlı olarak kalp ve dolaşım sisteminde çeşitli değişiklikler meydana gelmiştir. En önemlisi vücudun karada kurummasını önlemek olup, bu bağlamda deriyi nemli tutabilecek özellikler geliştirilmiştir (Raven vd., 2011).

Amfibilerin derileri çıplak olup bolca salgı bezi ihtiva etmektedir, bundan dolayı vücut daima ıslaktır. En üstte yer alan deri tabakası dönem dönem bütün olarak veya parçalı şekilde değiştirilir. Deride bol miktarda mukus ve zehir bezleriyle renk hücreleri bulunur. Sahip oldukları zehir bezleri, genellikle süt rengi olan salgılara sahiptir ve hayvanlar sıkıştırıldıklarında bu salgıyı üretirler (Baran, 2005).

Kurbağaların iskeletleri kara yaşamına adapte olacak şekilde gelişmiştir. Tüm hayvanlarda olduğu gibi amfibilerde de iskelet sistemi vücudun yumuşak kısımlarının dik durmasında, yaşamsal organların korunmasında ve hareketi sağlayan kasların üzerine bağlanması ile canlı açısından büyük bir önem arz eder. Temel olarak aksiyal ve apendikular iskelet olmak üzere ikiye ayrılır. Aksiyal iskeletin elemanları baş, omurga, göğüs kemiği ve kaburgalardır. Apendikular iskelet ise göğüs kemeri, kalça kemeri, ön ve arka bacaklardan oluşur (Kuru, 2004).

Sindirim sisteminin başlangıç noktası ağızdır. Amfibilerin büyük bir kısmında üst çene ve ağız tavanında küçük dişler bulunur ve avın kaçmasını önlemektedir. Ayrıca ağız içerisinde sucül türlerde az sayıda, karasal türlerde ise bolca mukus bezi mevcuttur. Besin alınmasında kullanılan dil iyi gelişmiştir ve yapışkandır. Dillerini dışarıya fırlatarak besinlerini yakalarlar. Ağızdan sonra kısa bir özefagus ve mide gelir. Mideyi takiben kısa bir incebağırsak ve ardından kalın bağırsak gelmektedir. Kalın bağırsak incelerek kloakla birleşir ve anüsle dışarıya açılır (Kuru, 2004).

Amfibi larvaları solunumunu dış solungaçlarla gerçekleştirir. Metamorfozlarını tamamlayıp ergin forma geçince solungaçların yerini akciğerlere bırakır. Böylece karada solunum yapabilirler. Akciğerler daha yüksek omurgalı sınıflarına göre daha basit yapılıdır. Vücudun oksijen gereksinimi ağırlıklı olarak deri solunumuyla karşılanır (Freeman, 2012). Kurbağalar soğukkanlı hayvanlar olduklarından vücut ısısı çevre sıcaklığından etkilenmektedir. Kalpleri iki kulakçık ve bir karıncıktan oluşmaktadır ve 3 gözlüdür. Bu yapı sayesinde kurbağalarda çift dolaşım meydana gelir. Amfibilerde tek karıncık olmasına rağmen, kirli kanla temiz kanın karışmaması kısmen sağlanmıştır (Baran, 2005).

Amfibilerde iyi gelişmiş gözlerin kapanabilir kapakları vardır. Üst göz kapağı sabit, alt göz kapağı hareketlidir. İşitme duyusu kuyuksuz kurbağalarda daha iyi gelişmiştir.

Ergin amfibiler genellikle etçil beslenmektedirler. Böcek türleri, solucan ve salyangozlar ana besinlerini oluşturur. Büyük türler balıklar, sürüngen ve hatta küçük memelileri avlayabilmektedirler. Larval evrede kuyruklu kurbağalar etçil, kuyuksuz kurbağaların gençleri bitkilerle beslenmekte olup, erginler ise tamamen hayvansal besinleri alırlar.

Gelişmeleri genellikle metamorfozludur yani hayat devrelerinde bir larva evresi bulunur. Larva evresi türlere göre farklılık gösterir. Larvaların gelişmesinde ortamın sıcaklığı ve dış faktörler rol oynamaktadır. Metamorfozdan sonra ergin forma ulaşma süresi türlere göre bir ile birkaç yıl arasında değişim göstermektedir (Kuru, 2004).

Amfibilerin kuraklık ve tuzluluğa karşı toleransı çok düşüktür. Bu nedenle amfibi türleri yalnız tatlı sularda yaşar, denizlerde ve tuzlu sularda bulunmazlar. Amfibilerin derisi her daim nemli olması gerektiğinden kurak alanlarda yaşayamazlar. Böyle yerlerde yaşayabilen türler ancak ve ancak toprak içerisinde veya taş altlarında ve benzeri nemli kısımlarda görülebilir. Yalnız yağmurlu dönemlerde ve geceleri dışarıya çıkarlar (Baran, 2005).

Amfibiler renklenme ve desenlenme bakımından büyük bir çeşitliliğe sahiptir. Genellikle yeşil, turuncu, sarı, nadiren de kırmızı ve mavi renklerde dirler. Bazı amfibi türleri renk ve desen bakımından yaşadıkları ortama çok iyi uymuşlardır. Örneğin; ağaç kurbağası yeşil rengi nedeniyle bitkiler üzerinde zor fark edilir. Ayrıca çevik kurbağa, yere düşmüş, kuru ağaç yapraklarının kahverengimsi desenine öylesine benzer ki, yanına yaklaşıldığında ancak korkup sıçramasıyla görülebilirler. Bazı kurbağa türleri göze çarpan canlı renklerde olurlar. Böylece bu canlı ve parlak renkler düşmanlarına uyarı işareti olarak kullanılır ve vücut sıcaklığını dengelemede rol oynar (Şahin, 2000; Baran, 2005).

Amfibiler ayrı eşeylidirler. Eşeyler arasında üreme döneminde sekonder eşeyssel karakterler bakımından farklılıklar gözlenir. Pek çok tür karasal yaşama uyum sağlamış olsada üreme bakımından suya bağımlıdır çünkü üreme sistemleri karada üremeye uygun değişiklikler geçirmemiştir. Dolayısı ile çoğu tür üreme amacı ile sulara geçerler. Ağırlıklı olarak dış dölleme görülür. Ancak bazı semender türlerinde iç dölleme görülebilir. Bu hayvanlarda erkeğin bıraktığı sperm paketini dişi kloaki ile alır. Kurbağalar genelde ovipardırlar ve dış dölleme görülür. Semenderlerde ağırlıklı olarak iç dölleme görülür ve ovipardırlar. Apoda takımında ise iç dölleme görülür ve türlerin çoğu vivipardır (Freeman, 2012).

1.4. Amfibilerin Sistemik Konumu

Sistemik olarak amfibiler balıklar ve sürüngenler arasında yer almaktadır. Yaklaşık olarak 350 milyon yıl önce Devonian Dönemi'nde ortaya çıkmış olup (Raven vd., 2011) Karbonifer Devri'nde büyük bir yayılım göstermişlerdir. Günümüz dünyasına ulaşabilen tek alt sınıf Lissamphibia alt sınıfıdır ve monofiletik bir grup oluşturur (Duellman ve Trueb, 1994).

Omurgalı sınıfları temel özellikleri ekseninde gruplandırıldığında amfibiler soğukkanlı, yumurta zarından yoksun tetrapodlar olarak nitelenmektedir (Kuru, 2004). Günümüz amfibileri Anura (kuyruksuz kurbağalar), Urodela (semenderler) ve Apoda (bacaksız kurbağalar) olmak üzere 3 takım altında toplanmaktadır (Vitt ve Caldwell, 2009).

1.5. Filogenetik

Filogeni terimi bir canlının varoluş tarihini ifade etmektedir (Keeton vd., 2004). Evrim, birbirine benzemeyen çok sayıda türün ortak bir ataya sahip olduğuna ve tüm yaşam formlarının büyük bir olasılıkla aynı uzaklıktaki bir başlangıçtan köken aldığını savunmaktadır. Hennig (1950), "Filogenetik Sistemik Teorisinin Esasları" isimli eserinde ortaya attığı fikirleri ile filogenetik sistematikğin temelini atmıştır. Buna göre, dünya üzerinde ilk kez ortaya çıkan organizmadan dallanarak diğer organizma grupları türemiş ve bir ağacın dalları gibi kol budak salmıştır. Bu bağlamda sistematikçiler,

akraba olduklarını düşündükleri bir grup türün geçmişlerini yani filogenilerini yeniden oluşturmaya koyduklarında, bugün yaşayan türlerden ve fosil kayıtlardan daha öncesinin olduğunu görebilirler (Keeton vd., 2003).

Filogeni biliminin yani filogenetiğin esas hedefi yaşamdaki tüm türler için doğru ağaçları ortaya çıkarmak ve ortak atayı paylaştıklarından beri geçen zamanda organizmalar arasında oluşan farklılıkları tahmin etmektir. Yani filogenetik türler arasındaki ilişkilerin yanında, türlerin filogenisinin nasıl meydana geldiğini anlamada da bir mihenk taşıdır. Bundan dolayı filogenetik, karşılaştırmalı biyolojinin temelini oluşturur (Raven vd., 2011).

1.6. Mitokondriyal DNA

Günümüzde birçok hayvan türünün mitokondriyal genomunun dizi analizi ortaya çıkarılmıştır. Hayvanların mitokondriyal DNA'sı 15-20 kb uzunluğunda ve 13 protein geni, 22 transfer RNA, 2 ribozomal RNA (Anderson vd., 1981; Wilkinson ve Chapman, 1991; Başaran, 2010) ve omurgasızlarda kontrol bölgesi, omurgalılarda ise yerdeğişim düğümü (D-loop) olarak adlandırılan düzenleyici bir bölgeden meydana gelmektedir. Diziler ardışık olup intron içermezler (Fernandez-Silva vd., 2003). 30'dan fazla gen içermekte olup rekombinasyon gözlenmediği için tek bir lokus gibi düşünülür (Carvalho ve Pitcher, 1995; Klug ve Cummings, 2000; Zhang vd., 2013b).

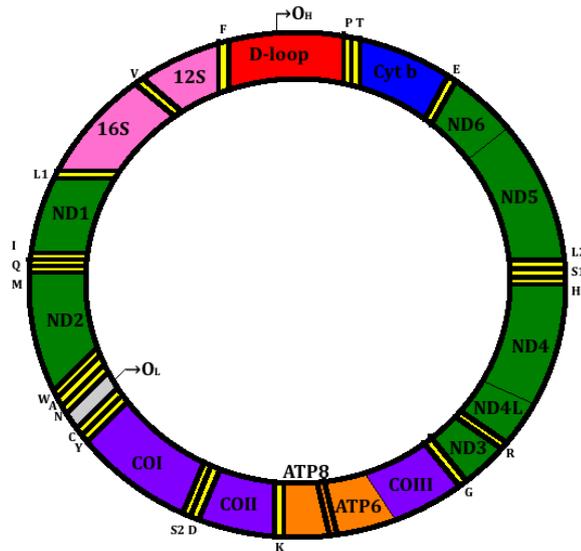
Son yıllarda mitokondriyal DNA omurga sınıfları arasında en çok kullanılan moleküler belirteçlerden biri olarak kendine yer edinmiştir. Korunmuş gen bölgelerine sahip olması, sıkı bir yapısal özellik göstermesi, yüksek derecede değişme oranı yani görece olarak daha hızlı baz değişimi gözlenmesi, maternal kalıtım, rekombinasyon meydana gelmemesi, kolay bir şekilde izole edilebilmesi gibi birçok özelliği mtDNA'nın yaygın olarak kullanılmasında etken rol oynamıştır (Avise vd., 1987; Wolstenholme, 1992; Lopez vd., 1994; Jae-Heup vd., 2001; Gür, 2014).

Mikrosatellit dizileri kullanılarak türlerin tanımlanması mümkündür, fakat meydana gelen herhangi bir mutasyon için yanlış bilgi verebilir. Fazla sayıda kopyaya sahip olduğu için ve maternal olarak kalıtılmasından dolayı mtDNA, allozimler veya

mini-mikrosatellitler gibi nükleer belirteçler kullanılarak elde edilemeyen bilgileri verir (Birky vd., 1983; Nauta ve Weissing, 1996; Mills vd., 2000).

Nükleer genoma kıyasla mitokondriyal genomun değişim oranı daha yüksektir. mtDNA'nın proteinler tarafından daha az korunması ve iç membranında üretilen hasar verici reaktif oksijen türü bu durumun sebebi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca tamir mekanizmalarının etkinliği daha düşük seviyededir (Fernandez-Silva vd., 2003; Gür, 2014).

Populasyon ve türler arasında karşılaştırma yaparken mtDNA'nın kullanılması filogenetik akrabalıkları anlamada önemlidir ve filogenetik yapıyı ortaya çıkarmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Janczewski vd., 1995; Wei vd., 2008). mtDNA'dan elde edilen diziler türlerin moleküler değişimlerinin, orjininin ve filogenisinin çalışılmasında kullanışlı bir veridir (Wu vd., 2007). mtDNA, populasyon yapısı, coğrafik populasyon ve tür karakterizasyonu çalışmaları için etkilidir (Avisé, 1994; Agnese vd., 1997; Ferguson vd., 1998). Mitokondriyal genom üzerindeki farklı gen bölgeleri farklı oranlarda ortaya çıktığından bu bölgeler belirli tip çalışmalar için hedeflenmiştir (Şekil 3). Az sayıda bireye ihtiyaç duyulması ve coğrafik bölgeler arasında var olan çeşitli haplotiplerin orjinini nükleer belirteçlere göre daha hızlı şekilde ortaya çıkarması mtDNA'nın kullanımını cazip kılmaktadır (Maes vd., 2003).



Şekil 3. Mitokondriyal DNA (URL-1).

1.7. Nüklear DNA

Nüklear DNA birkaç linear kromozomdan meydana gelmektedir ve hücre için gerekli olan proteinlerin neredeyse tamamını kodlamaktadır. Mitokondriyal DNA'ya kıyasla daha uzundur. Mitokondriyal genomla arasındaki temel fark ise mitokondriyal DNA sadece mitokondri için gerekli olan genetik bilgiyi kodlarken nüklear DNA ise bütün hücre için gerekli olan bilgiyi kodlamaktadır. Nüklear DNA mtDNA'yı da kapsayan hücre genomundan oluşur. Çift sarmallı ve linear şekillidir. Birkaç kromozom şeklinde düzenlenirler. nDNA hayvan hücrelerinde hücre genetik yapısının yüzde 99.75'ini oluşturmaktadır ve nüklear matriks içerisinde bulunur. Nükleus ile kuşatılmış olup, histon proteinleri ile sıkıca paketlenmiştir. İntron ve okunmamış bölgeler gibi kodlanmayan gen bölgelerine sahiptirler. nDNA'lar hücre bölünmesi sırasında sadece S fazında kopyalanırlar. Nüklear genlerin kalıtımı biparentaldir yani anne ve babadan gelen birer kopya içerirler (Panawala, 2017).

Nüklear DNA'nın içerdiği bilgi bir türün bireyleri arasında sabittir, bu yüzden türe özgüdür. Bu durum nDNA'yı taksonomik, filogenetik ve genetik çalışmalar için oldukça kullanışlı kılmaktadır (İlhan vd., 2017). Amfibiler arasında nüklear DNA'ların miktarı ve replikasyon dizileri yüksek ölçüde çeşitlilik gösterir. Anuruların genel türleri aşağı yukarı aynı genom büyüklüğüne sahip iken, yüksek derecede farklılaşmış türler oldukça düşük veya yüksek miktarda DNA'ya sahip olma eğilimindedirler. Aynı bir yorum ise genom büyüklüğü ile embriyonik gelişim derecesinin pozitif bir korelasyon gösterdiğidir. Buna bağlı olarak, geçici su birikintilerinde hızlı embriyonik gelişim gösteren anurular, daha düşük miktarda nüklear DNA'ya sahiptirler. Soğuk sularda gelişimini sürdüren anurular büyük genoma sahiptir. Nemli bölgelerdeki türlerde ise genom büyüklüğü aşağı yukarı ortalama yakındır (Duellman ve Trueb, 1994).

1.8. Sistematığın Temel Birimi Tür

Günümüzdeki canlılar detaylı olarak incelendiğinde, onların vücut yapıları bakımından kademeli bir benzerlik sergilediği görülür. Bu özellikler ekseninde belli bir sisteme dahil edilmektedirler. Buradaki temel birim türdür (Kızıroğlu, 2010).

Latince 'çeşit' anlamına gelmekte olan tür (species) kelimesi için pek çok tanım ileri sürülmüştür. Bir tanımın doğru ya da yanlış olduğunu akılda tutmak önemlidir. Çünkü bir sözcük için yapılan tanımlama bir kabul niteliğindedir. Tür gibi bir kavramın kullanıldığı tüm bağlamlar için yeterlilik gösterecek bir tür tanımı net olarak mevcut değildir (Futuyma, 2008). Geçmişten günümüze kadar olan süreçte 20'den fazla tür kavramı ileri sürülmüştür (De Quieroz, 2007). Öz olarak bütün tür kavramları birbirine yakın olsada tanımlama metodolojisi bakımından farklılıkları mevcuttur (Freeman ve Herron, 2002).

Populasyonlar arasındaki ve içindeki çeşitlilik bugün bile eskisi kadar sıcak olan tartışmalara neden olmuştur. Filogenetik tür kavramı ve biyolojik tür kavramı, günümüzde en fazla kabul gören tür kavramlarıdır. Bu kavramların farklılık gösterdiği temel noktalar, filogenetik tür kavramlarının türü değişimin bir sonucu, farklılaşma tarihinin bir ürünü olarak vurgularken, biyolojik tür kavramlarının türün ortaya çıkma sürecinin üstünde durması ve populasyonların gelecekteki durumuna ilişkin, geleceğe yönelik bir görüş oluşturmasıdır (Harrison, 1998). Hangi tür kavramı göz önüne alınırsa alınsın, bazı canlı populasyonlarını net bir şekilde bir türe dahil etmek mümkün olmayacaktır. Sınırdaki yer alan durumlar her zaman mevcuttur, çünkü her tanımında geliştirilen tür nitelikleri yavaş oluşur (Futuyma, 2008).

1.8.1. Biyolojik Tür

Son yıllarda biyoloji dünyasında en çok kabul gören kavram biyolojik tür kavramıdır (Freeman ve Herron, 2002). Yıllar boyunca sürekli modifiye edilmiş olan biyolojik tür kavramına ilk atfı Georges L. Buffon yapmıştır. Buffon türleri 'kendi aralarında çiftleşebilen ancak diğer türlerin bireyleriyle çiftleşemeyen canlılardan oluşan gruplar' olarak tanımlamıştır (Gamlin, 2012).

Du Rietz (1930), türleri; 'farklı ve sürekli olmayan biyotip kesintileriyle birbirinden ayrılan en küçük doğal populasyonlar' olarak belirtmiştir. Bu tanımda üreme bariyerlerine bir atıfta bulunulduğu görülebilmektedir.

Aynı on yıl içerisinde Dobzhansky (1937), türleşmeyi ‘önceleri gerçekten çiftleşen veya potansiyel olarak çiftleşebilme yetisine sahip bireylerin, fiziksel olarak birbirleriyle çiftleşemeyecek konuma gelmelerine neden olan ve iki ayrı grup oluşması ile sonuçlanan değişimsel süreç’ olarak tanımlamıştır.

Biyolojik türün bugünkü tanımının çatısı ise Mayr (1942) tarafından inşa edilmiştir. Mayr biyolojik türü, ‘birbirleriyle gerçekten çiftleşen ya da çiftleşme potansiyeline sahip ve bu tip diğer populasyonlardan eşeysel olarak izole olmuş, doğada bir görev yüklenmiş olan doğal populasyonlar’ olarak tanımlamıştır. Daha sonraki yıllarda Mayr bu tanımdan ‘çiftleşme potansiyeli’ kistasını çıkarmıştır.

Tanımlar ile belirtildiği üzere, biyolojik tür kavramına göre tür çeşitliliğini belirlemede kritik nokta üreme izolasyonudur. Bu hassas ayar gayet makuldur, çünkü üreme izolasyonuna sahip populasyonlar arasında bir gen akışı meydana gelmemektedir. Özellikle, eğer iki farklı populasyon doğada da melezleşmiyorsa veya çiftleştiklerinde verimli döller oluşturamıyorsa, bu populasyonlar farklı türler olarak değerlendirilir. Üreme izolasyonuna sahip türler bağımsız türlerdir. Üreme izolasyonları bir türün bireylerinin diğer türün bireyleri ile çiftleşmesini engelleyen prezigotik mekanizmalar ve üreme gerçekleşse de verilen döllerin hayatta kalmasını ve üremesini engelleyen postzigotik mekanizmalar ile sağlanır (Freeman, 2012).

Biyolojik tür kavramı güçlü bir teorik esasa dayansa da, bazı dezavantajlara sahiptir. Eşesiz üreyen veya fosil organizmalar üzerinde üreme izolasyonu bakımından değerlendirme yapmak mümkün olmayabilir. Ayrıca, yakın ilişkili populasyonlar aynı coğrafik alan üzerinde yayılım göstermemeleri yani sınırlarının üst üste binmemesi de değerlendirme açısından zorlayıcı bir faktördür (Freeman, 2012). Yine, iki ayrı türün arasındaki çaprazlanma sonucu oluşan hibrit türlerin varlığı da öz olarak biyolojik tür kavramı ile çatışmaktadır (Yılmaz, 1997).

1.8.2. Filogenetik Tür

Bu yaklaşıma göre, tür tanımlanırken monofili ölçütü kullanılmaktadır. Filogenetik tür kavramına göre türler, yakın akraba populasyonlar arasındaki filogeninin

ortaya çıkartılması ve filogenetik ağaçta en küçük monofiletik grupların bulunmasıyla belirlenir. Cracraft (1989), filogenetik türü 'içinde ortak bir atadan gelme ve türemenin görüldüğü, diğer kümelerden açık biçimde ayrımlaştırılabilen indirgenemez (temel nitelikte) bir canlılar kümesi' şeklinde tanımlamıştır.

Filogenetik tür kavramının esas mantığa göre, populasyonların bir filogeni üzerinde birbirinden ayırt olmasını sağlayacak karakterlerin ortaya çıkabilmesi için, populasyonların izolasyon sonucu ayrışıp, genetik olarak farklılaşmış olması gerekmektedir. Yani, filogenetik tür kavramına göre, ayrı bir türü tanımlayabilmek için, tanımlayıcı karakterlerin ortaya çıkışına yetecek kadar uzun süre populasyonların gelişim sürecinde bağımsız kalmış olmaları gerekmektedir. Aynı türe ait populasyonların sahip olduğu paylaşılan türemiş özellikleri onları diğer türe ait populasyonlardan ayırt etmektedir.

Bu yaklaşımın cazip tarafı test edilebilir olması ve eşeyli/eşeysiz üreyen ya da fosil organizmalara da uygulanabilmesidir. Türler, filogeninin belirlenmesinde kullanılan karakterlerdeki farklılıkların istatistiksel önemi doğrultusunda isimlendirilirler (Freeman ve Herron, 2009).

Filogenetik tür kavramları uygulamada sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, şimdiye kadar titizlikle oluşturulmuş güvenilir filogeniler çok az grup için mevcuttur. Buna ilaveten genel kabul gören bir düşünceye göre, filogenetik tür kavramlarının uygulanması durumunda, günümüzde tür sayısı iki katına çıkabilir, buna bağlı olarak geleneksel tür isimlerinde değişiklikler oluşursa çok büyük bir karmaşa meydana gelebilir (Freeman ve Herron, 2009).

1.8.3. Alttür Kavramı

Alttür, zoolojik taksonomide türün diğer populasyonlarından belirgin şekilde gözlenen farklı özelliklere sahip olan ve türün diğer populasyonlarından izole bir coğrafi alanda yaşayan populasyonları ifade eder (Mayr, 1942; Futuyma, 2008; Yılmaz, 2012). Zoolojik taksonominin bugün için kabul edilen en küçük sistematik kategorisidir. Alt türleri tanımlayıp hususiyetlerini hesaplarken eldeki türe ait populasyonların sahip

olduğu temel ortak karakterlerin tür sınırlarını oluşturduğu düşüncesi göz ardı edilmemelidir. Alttür kategorisinin kullanılması en büyük faydayı moleküler biyoloji, populasyon genetiği, populasyon biyolojisi gibi alanlarda çalışan uzmanlara büyük bir rahatlık sağlamaktadır.

Alttürü tanımlarken göz önünde bulundurulması gereken belli durumlar söz konusudur. Öncelikle alttürün coğrafi olarak tarif edilmesi gerekir. Alttürün yayılış sahası kesinlikle türün yayılış gösterdiği alanın içerisinde yer almalıdır. Genellikle alttürler tek populasyondan değil populasyon topluluklarından meydana gelmiştir. Çok nadiren bir alttür tek bir populasyondan oluşur. Son olarak alttür diğer benzer gruplardan taksonomik açıdan ayrılmalıdır. Bundan dolayı bir hayvan grubunu alttür olarak niteleyebilmek için hangi taksonomik karakterler bakımından farklılık gösterdiği açıkça ortaya konulmalıdır (Yılmaz, 2012).

1.9. Anadolu Coğrafyasının Oluşumu

Jeolojik açıdan genç bir ülke olan Türkiye halen devam etmekte olan bir dağ oluşum kuşaağı üzerinde yer almaktadır. 65 milyon yıl öncesinde başlayıp devam eden bu dağ oluşumu hareketleriyle Afrika, Arabistan ve Hindistan kuzeye, Avrupa ve Asya'ya doğru ilerlemekte ve bu ilerlemeyle beraber kara kütlelerinin temas sağladığı değme noktalarında yüksek dağ kıvrımları oluşmaktadır. Çevresindeki büyük kara kütleleriyle karşılaştırıldığında oldukça sonra deniz yüzeyine çıkan Anadolu, Afrika'nın eski Akdeniz'in (Tetis) tabanındaki tortulları baskılayarak yükseltmesiyle Toros Dağları'na kavuşmuştur. Anadolu, yaklaşık 12 milyon yıl önce Arap tektonik levhasının yıllık iki-üç santimetrelik bir hızla çarpması sonucunda doğu kısmından yükselmeye başlamış, batı kesimi ise gevşeme sonucu kırılmalarla bloklar halinde çökerek Gediz ve Menderes Nehirleri için hazır vadiler oluşturmuştur. İç Anadolu Kapalı Havzası'nın oluşması da aynı dönemin içerisine denk gelmiştir. Yine aynı dönemde Karaman'ın kuzeyindeki Karacadağ'dan Ağrı Dağı'na dek uzanan hat boyunca volkan dağları yükselerek günümüzdeki halini almıştır (Eken vd., 2006; Kara, 2014).

1.10. Anadolu Coğrafyasının Giriş Kapıları, Bariyerleri ve Biyoçeşitliliğinin Temeli

Biyolojik çeşitlilik bilindiği üzere; ekosistem çeşitliliği, tür çeşitliliği, genetik çeşitlilik ve ekolojik süreçlerin kombinasyonudur. Bir zoocoğrafik bölgenin biyolojik çeşitliliğinin yüksek olması, bu bileşenlerin zengin olduğu anlamı taşımaktadır. Türkiye’de Palearktik coğrafyasında biyolojik çeşitlilik bakımından zenginlik gösteren ülkelerden biridir (Kara, 2014). Eski dünya karaları arasında köprü görevi gören Türkiye, son iki milyon yılda yaşanan buzul çağlarında pek çok canlı türü tarafından sığınak olarak kullanılmış ve günümüzdeki biyolojik çeşitliliğine kavuşmuştur (Eken vd., 2006). Anadolu, Avrupalı türlerin buzul dönemlerde sığındığı güney enlemlerindedir (Hewitt, 1996; Hewitt, 2000) ve bu kapsamda Anadolu’da biyolojik çeşitliliğin yüksek olması beklenir ki yapılan çalışmalarda bunu ortaya koymaktadır. Buzul dönemlerinde kuzeyde yaşayan canlılar güneye doğru ilerlemeye başlamış ve Anadolu pek çok canlı türü için önemli bir sığınak işlevi görmüştür (Şekercioğlu vd., 2011).

Kuzeydoğuda, Sibirya ve soğuk step elemanlarından oluşan Kafkas faunasının giriş noktası Kars-Erzurum Platosu, boreal Kafkas faunasının giriş noktası Doğu Karadeniz kıyı şerididir. Eremial elemanların giriş kapıları Iğdır-Aralık Üçgeni ve Hakkari-Van Platosu'dur. Çöl elemanları Suriye sınırından; Afrika elemanları ise daha çok Hatay-Amonos hattından ülkemiz sınırlarına giriş yapmışlardır. Akdeniz elemanları Güneybatı Anadolu'dan; Avrupa elemanları ise Trakya üzerinden Anadolu coğrafyasına ulaşmıştır (Şekil 4).

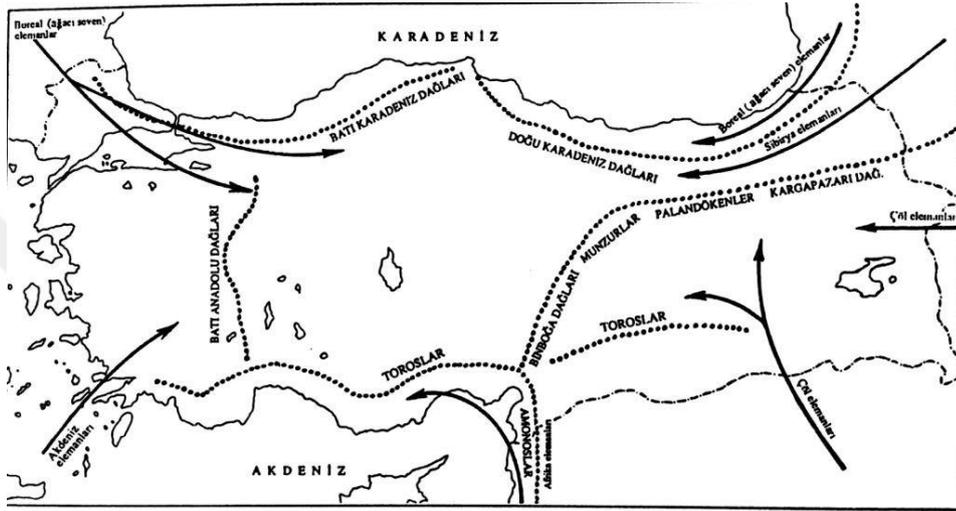


Şekil 4. Anadolu coğrafyasındaki geçiş koridorları (Bahadır ve Emet, 2013).

Sistematik ve zoocoğrafik çalışma yapacak bir araştırmacı, Anadolu'daki bariyerleri çok iyi bir şekilde bilmeli ve çalıştığı hayvan grubunun niteliğine bağlı olarak bu bariyerlerin etkisini göz önünde tutmak zorundadır. Birçok canlı grubunun genetik olarak farklılaşması, bu bariyerlerin etkisi ile gerçekleşmiştir. Özellikle buzul dönemlerinde ve buzul sonrası dönemlerde bu bariyerler geçişleri önemli oranda önlediği için, popülasyon farklılaşmalarına ya da yayılışların sınırlanmasına neden olmuştur.

Çöl ve kuru-sıcak step nitelikli Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni, soğuk-kuru step nitelikli Doğu Anadolu'dan ayıran Doğu Toros'lar; Akdeniz iklimine sahip Akdeniz Kıyı Şeridi'ni kuru step nitelikli İç Anadolu'dan ayıran Batı Toros'lar; ılıman ve yağışlı Karadeniz Kıyı Şeridi'ni kurak İç Anadolu ve soğuk-kurak Doğu Anadolu stebinden ayıran Karadeniz Sıradağları; Doğu Anadolu'yu Batı ve İç Anadolu'dan ayıran ve Anadolu'yu enine kesen Binboğa Dağları; aktif ve pasif yayılım gösteremeyen kara ve tatlı su hayvanları için etkili bir bariyer oluşturan İstanbul ve Çanakkale Boğazı ile; ikinci derecede önemli olan, Akdeniz iklimine sahip Ege Bölgesi ile, kuru step özellikli İç Anadolu'yu birbirinden ayıran Dinar, Babadağ, vs.'nin oluşturduğu kısmi bariyer ve İç Anadolu'yu dar bir koridor halinde kısmen Kars-Erzurum Platosu'na bağlayan Kelkit ve özellikle Fırat Vadisi'ni güneyden sınırlayan, dolayısıyla Orta-Doğu Anadolu ile Kuzey-Doğu Anadolu arasında ikinci bir bariyer oluşturan Munzur, Kargapazarı ve

Palandöken Dağ silsileleri, bilinmesi ve dikkate alınması gereken önemli bariyerlerdir. Bunun yanısıra, birer sığınak görevi yapan ya da ekstrem iklim kuşaklarını taşımaları nedeniyle çeşitli hayvan gruplarına ada ev sahipliği yapan, batıdan doğuya doğru, Uludağ, Kaz Dağı, Baba Dağı, Sultan Dağı, Akdağ, Erciyes Dağı, Ilgaz Dağı, Cilo Dağı, Süphan Dağı, Nemrut Dağı, Büyük ve Küçük Ağrı Dağları dikkate alınması gereken önemli noktalardır (Şekil 5).

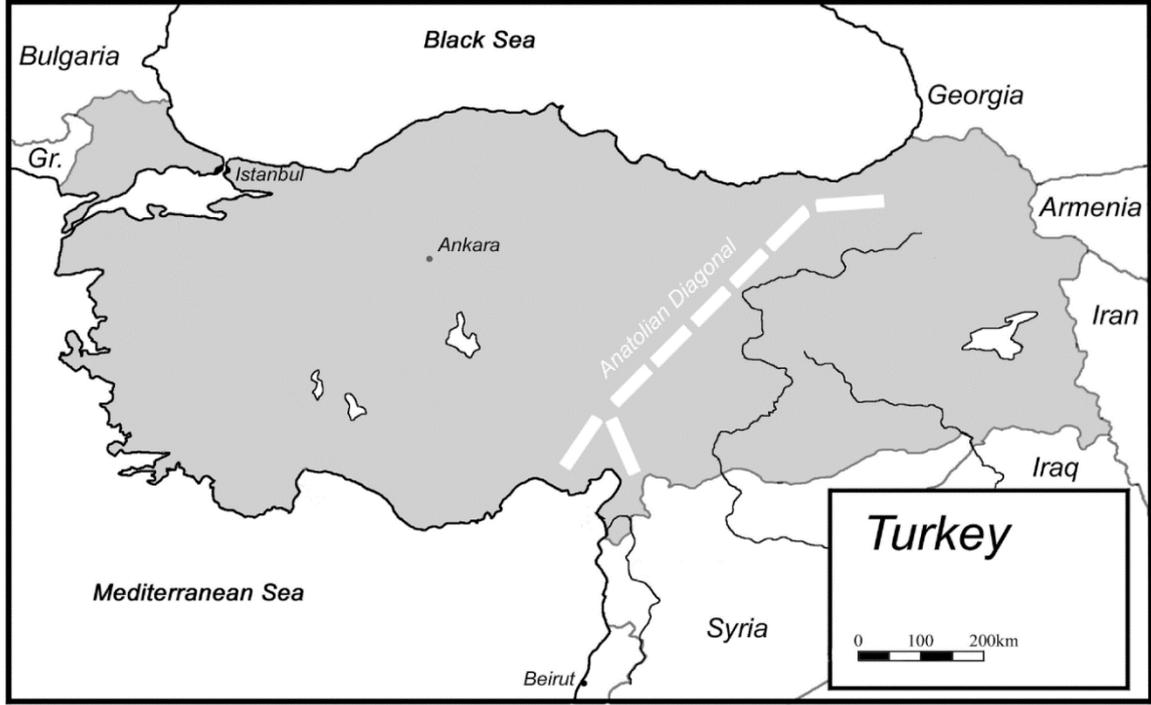


Şekil 5. Anadolu coğrafyasındaki büyük dağ sıraları (Demirsoy, 2008).

1.11. Anadolu Diyagonali

Anadolu'yu Kuzeydoğu ve Antakya hattı boyunca ikiye bölen ve yüksek dağ silsilelerinden oluşan "Anadolu Diyagonali" adı verilen fiziksel bariyer bazı canlı türlerinin birbirleriyle Anadolu'nun iç kesimlerinde yeniden buluşmalarına engel olmuştur. Yaklaşık 25 ila 30 milyon yıl önce Arabistan Yarımadası ve Avrasya kıtasının çarpışması sonucunda şekillenmiştir (Jolivet ve Faccenna, 2000; Riemsdijk vd., 2017). Anadolu'nun biyolojik çeşitliliğini anlamak açısından en belirgin biyocoğrafi özelliklerden biri olan ve son yıllarda bir hayli ilgi çeken Anadolu Diyagonali Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası "Türkiye Florası" serisinin ilk cildindeki bitki türlerinin coğrafi dağılım örüntüsüne dayanarak, Cullen tarafından ifade edilmiş ve ilk kez Güneydoğu Asya'nın Bitki Yaşamı Sempozyumu'nda Davis (1971), tarafından önerilmiştir. Daha sonra, Ekim ve Güner (1986), "Türkiye Florası" serisinin bu kez ilk sekiz cildindeki bitki türlerinin coğrafi dağılım örüntüsüne dayanarak, Anadolu Diyagonali'nin varlığını doğrulamıştır (Gür, 2017a). Anadolu Diyagonali, Türkiye'nin

kuzeydoğusundan (Bayburt-Gümüşhane yakınından) güneybatıya doğru uzanır ve Akdeniz Bölgesi'nde Orta Toros Dağları ve Nur Dağları olmak üzere iki kola ayrılır (Şekil 6).



Şekil 6. Anadolu Diyagonali (Kuhn vd., 2017).

Anadolu Diyagonali, birçok populasyonun (örneğin, soy hattı) ve taksonun (örneğin, alttür ve tür) coğrafi dağılım sınırıyla çakışmaktadır. Hareket yeteneği az gelişmiş olan bitki türleri ve bazı hayvanlar, bu diyagonalin batı ve doğusunda birbirlerinden bağımsız olarak çoğalarak farklılaşmaya başlamış, ve bu durumun sonucunda Anadolu'daki biyolojik çeşitliliği daha da artmıştır (Eken vd., 2006; Demirsoy, 2008). Bugün, Avrupalı canlılara daha çok Karadeniz ve Batı Anadolu'da, Afrikalı türlerin topluluklarına Akdeniz Bölgesi'nin sahil şeridi ve Güneydoğu Anadolu'da, Asya kökenli türlere ise Doğu ve Orta Anadolu'da rastlanmaktadır (Eken vd., 2006).

Jeolojik açıdan bariyer oluşturmasının yanı sıra, Gür (2016), Anadolu Diyagonali'nin önemli bir çevresel bariyer, yani ani bir çevresel değişimin gerçekleştiği bir bölge olduğunu ileri sürer. Bu, Anadolu Diyagonali'nin hem İç Anadolu ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu iklim bölgeleri hem de ekolojik bölgeler arasında bir sınır

oluşturduğu düşünülürse, şaşırtıcı değildir. Doğu Anadolu, kıtaların çarpışmasının en önemli örneklerinden bir bölge olmakla beraber yaklaşık olarak 2000 metre ortalama yüksekliği ile Alp-Himalaya dağ kuşağının yüksek platolarından birini oluşturur (Keskin, 2007). Buna bağlı olarak, Anadolu Diyagonalı'nın doğu yakası batı yakasına kıyasla topografik ve iklimsel olarak daha heterojendir, daha soğuk, mevsimsel ve yağışlıdır. Ayrıca farklı ekolojik bölgelere ev sahipliği yapar. Sonuç olarak, Anadolu Diyagonalı, birçok populasyonun ve taksonun coğrafi dağılım sınırı ile uyumluluk gösterir (Gür, 2016). Gözlemlendiği üzere birçok populasyon ve takson Anadolu Diyagonalı'nın diğer tarafında çevresel olmayan nedenlerden (örneğin, dispersal, rekabet) ziyade çevresel nedenlerden (örneğin, özellikle de sıcaklık mevsimselliği ile ilişkili uyumlar) dolayı dağılım göstermez. Bu durum, en azından son buzul dönem için de geçerli görünür. Bu veriler, Anadolu Diyagonalı'nın jeofiziksel bariyer işlevinden ziyade çevresel bariyer işlevinin çok daha önemli olduğunu vurgular (Gür, 2016). Ancak Anadolu Diyagonalı'nın aynı zamanda Akdeniz Havzası ve Kafkasya biyolojik çeşitlilik sıcak noktaları arasında bir köprü-göç koridoru olarak işlev gördüğü de unutulmamalıdır (Veith vd., 2003; Ansell vd., 2011).

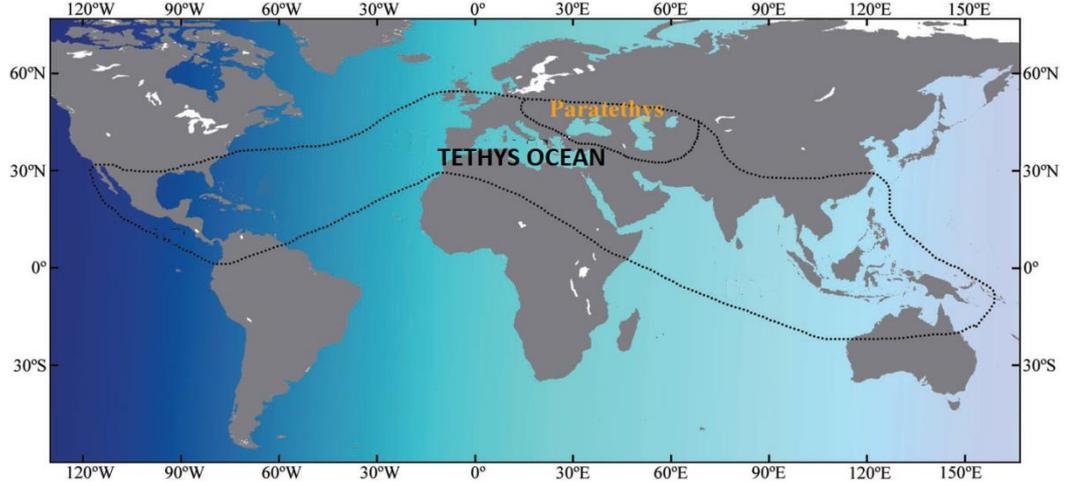
Jeolojik ve çevresel bakımdan güçlü bir bariyer olan Anadolu diyagonalı taksonların tür ve alttür seviyesinde farklılaşmasında önemli bir yer tutmuştur. Özellikle kısıtlı dispersal (yayılm) kapasitesine sahip canlılarda etkisi daha fazla gözlenir. Literatüre göz atıldığında Anadolu diyagonalinin farklı omurgalı sınıflarında gözlemlenen türleşme olaylarında tuttuğu yer açıkça görülmektedir (Dubey vd., 2006; Gündüz vd., 2007; Stümpel ve Joger, 2009; Gvozdik vd., 2010; Yiğit vd., 2012; Gür, 2013; Gül, 2013; Kaplı vd., 2013; Skourtanoti vd., 2016; Jandzik vd., 2017; Riemsdijk vd., 2017).

1.12. Akdeniz ve Torosların Oluşumu

Akdeniz Havzası Tersiyer boyunca Afrika ve Avrasya levhaları ile Afrika levhasına bağlı birkaç küçük mikro levhanın (İberya, Arabistan ve Apuliyen Levhaları) etkileşimi sonucunda şekillenmiştir (Dewey vd., 1973; Dercourt vd., 1986; Krijgsman, 2002). Akdeniz ve çevresindeki alanlar Senozoyik Dönem'de Alpin orojenezi tarafından güçlü bir şekilde etki altına alınmıştır ve bu durum tektonik sıkışmaları

ortaya çıkararak Avrupa ve Afrika arasındaki birçok mikro levhanın birleşmesiyle sonuçlanmıştır (Zachos vd., 2001; Harzhauser vd., 2007). Karalarda meydana gelen ve çevreyi de etkileyen bu jeodinamik değişimler Senozoyik boyunca büyük iklim değişikliklerini de beraberinde getirmiştir (Harzhauser vd., 2007). Akdeniz Havzası'nın batı kısmı (İberya Yarımadası, Fransa ve İtalya'nın Güneyi) yaklaşık 35 myö Eosen Dönemi içerisinde İberya ve Apuliyen mikro levhalarının Avrasya levhasıyla çarpışması sonucunda şekillenmiştir. Akdeniz Havzası'nın doğusu (Helenik Yay ve Ege Havzası) batı kısmına göre daha genç bir oluşuma sahiptir. Bu bölge Orta Miyosen boyunca (16 myö) hareketli olan Arap levhasının durağan haldeki Avrasya levhasına çarpması sonucunda şekillenmiştir (Krijgsman, 2002). Doğu Akdeniz (İyonya ve Levantin Havzaları) Jura ve Kretase Periyotları boyunca Apuliyen levhasının saat yönünün tersinde hareket etmesinin sonucu olarak meydana gelmiş ve okyanus tabanının yükselmesiyle açığa çıkmıştır. Batı Akdeniz ise bu durumun tam tersi olarak Geç Oligosen-Erken Miyosen boyunca Apuliyen levhasının saat yönünde hareketi ile oluşmuştur (Dewey vd., 1973; Dercourt vd., 1986).

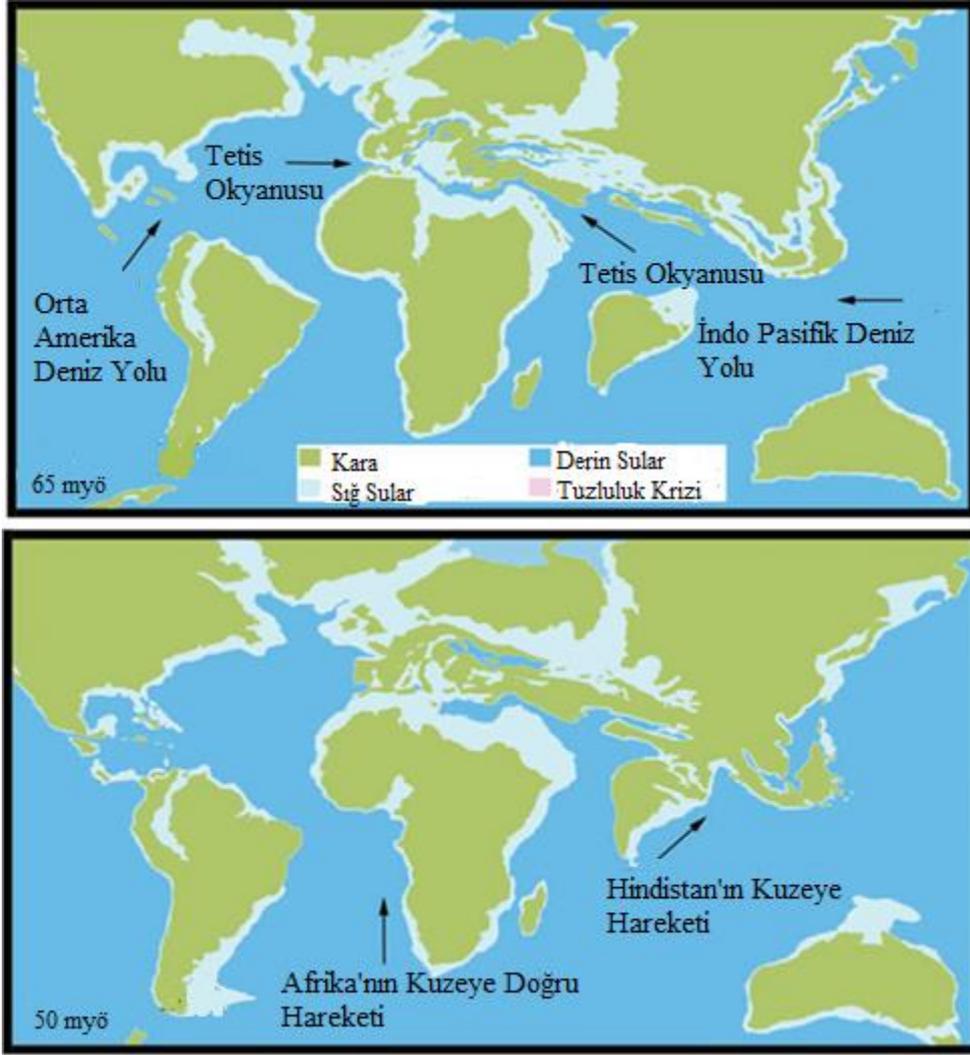
Paleocoğrafik veriler ışığında Akdeniz Bölgesi'nin jeolojik tarihini büyük ölçüde Tersiyer boyunca Afrika ve Avrasya levhalarının çarpışması ile oluştuğu kabul görmüştür. Orta Jura'da (180 myö) Kuzey Amerika ve Afrika arasında Atlantik'in açılmasını takiben Afrika levhası saat yönünün tersinde durağan Avrasya karasına doğru harekete başlamıştır. İlk olarak Afrika doğu yönünde devamlı hareket göstermiştir fakat Geç Kretase Dönemi'nde (95 myö) Afrika'nın hareket yönü kuzey doğuya yönelmiştir (Dercourt vd., 1986; De Jong, 1998). Bu sırada Jura Dönemi'nde var olan ve Afrika ile Avrasya levhalarını ayıran Tetis Okyanusu (Şekil 7) tamamen kaybolmuş yerini Proto-Mediterranean okyanusuna bırakmıştır.



Şekil 7. Tetis Okyanusu (Hou ve Li, 2018).

Eosen Dönemi'nde Afrika ve Avrasya arasındaki kıtasal çarpışma daha da şiddetlenmiş ve Afrika mikrolevhaları da Avrasya ile etkileşime girmiştir (Dewey vd., 1973; Dercourt vd., 1986). İberya mikroplakası Geç Kretase'den Eosen'e kadar Afrika'nın bir parçası olup Geç Eosen'de kuzey yönlü hareket edip Avrasya ile çarpışmıştır. Bu çarpışma sonucunda pireneler ortaya çıkmıştır. Apuliyen mikro levhası Geç Kretase'ye kadar (80 myö) ayrı bir mikroplaka olup sonrasında Eosen içerisinde Avrasya'yla çarpışarak Alpin orojenik sisteminin deformasyonunu başlatmıştır (Dercourt vd., 1986).

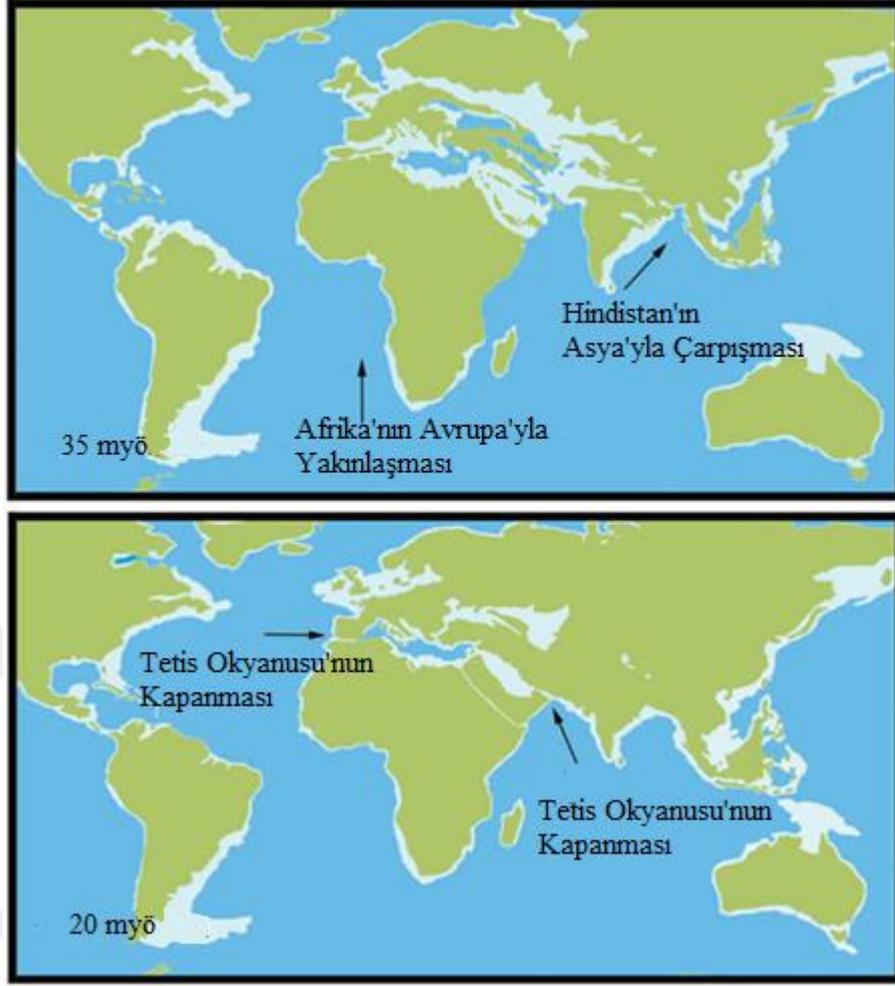
Kretase'nin sonundan Erken Paleosen'e (60 myö) kadar (Şekil 8) Arap levhası Afrika levhasından Kızıl Deniz hattı boyunca ayrılmaya başlamıştır (Thompson, 2000; Sanmartin, 2003).



Şekil 8. Paleosen ve sonrası döneminde Akdeniz'in durumu (Hou ve Li, 2018).

Bu süreçte Kızıl Deniz vadileri derinlerinde bulunan bir göl zinciri formunda varlık göstermiştir. Levhalar arasında Erken Tersiyer boyunca devam eden ayrılma Eosen Dönemi içerisinde Akdeniz'de bağlantı kurulmasıyla sonlanmış ve Arap-Afrika levhalarının karasal bağlantısı ortadan kalkmıştır (Thompson, 2000; Sanmartin, 2003).

Oligosen ve Erken Miyosen Dönemi içerisinde var olan Tetis Denizi 'Terminal Tethyan Event (Tetis Denizi'nin Kayboluşu)' olayı sonucunda okyanuslarla olan bağlantısını kaybetmiş ve bu olay sonucunda Akdeniz'in doğuşu başlamıştır (Adams vd., 1983; Roman vd., 1989; Harzhauser vd., 2007). Bu zaman periyodu içerisinde Geç Oligosen Dönemi'nde tektonik aktiviteler ciddi bir artış göstermiştir (Rögl, 1999).



Şekil 9. Oligosen ve Erken Miyosen dönemlerinde Akdeniz'in durumu (Hou ve Li, 2018).

Ayrılmanın ikinci fazı Erken Pliyosen'de (5 myö) meydana gelmiştir. Süveyş kıstağının yükselmesiyle Akdeniz, Kızıl Deniz arasındaki bağlantı kapanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Erken Pliyosende Akdeniz'in durumu (Hou ve Li, 2018).

Thompson'a göre Erken Tersiyer Dönemde Afrika'dan ayrılan Arap levhası kuzey yönlü hareketi sonucunda Orta Miyosen'de (16 myö) Avrasya levhasıyla çarpışmış bunun sonucunda Anadolu fay hattı boyunca Türkiye levhasını batıya doğru sıkıştırmıştır (Krijgsman, 2002). Bu olay Balkanlar ve Anadolu Bölgesi'ni orta doğudan izole etmiştir.

Filocoğrafik verilere göre Avrupa ve Kuzey Afrika arasındaki biyotik takaslar Orta Miyosen boyunca var olan devamlı kara kütleleriyle sağlanmış olup bu kütleler Tetis Denizi'ni Paratetis Denizi'nden ayırmıştır. Bu alanlar Balkanlar, Anadolu ve Levant bölgeleriyle örtüşmektedir. Fakat bu bağlantı zinciri Geç Miyosen'de ortadan kalkmıştır. Bu dönem içerisinde Alpler tamamen oluşmuş ve iki deniz arasındaki bağlantı Balkan, Anadolu bloğu ile tamamen kapatılmıştır. Faunal Miyosen içerisinde Orta Orlaniyan Dönemi'nde değişimi sağlayan bu kara köprüsü Gomphotherium Kara Köprüsü olarak isimlendirilmiştir (Rögl, 1999; Koufos vd., 2005).

Akdeniz Bölgesi'nin paleocoğrafik yapısı daha çok Pliyosen Dönemi'nin başlangıcı ile şekillenmiştir. Bu dönem içerisinde yoğun orojenik hareketler meydana gelmiştir, ayrıca iklim ılıman yönlü değişim göstermiştir. Orta ve Geç Villafransiyan Dönemi'nde Akdeniz Bölgesi'nin ana morfotektonik yapısının oluşum süreci (Şekil 11) tamamlanmıştır (2.6-2 myö). Bu dönem içerisinde iklim kuraklık yönlü değişim göstermiştir. Erken Pliostesen Dönemi'nde görülen iklimsel değişimler ve bu değişimlerin deniz seviyesi üzerindeki etkisi bölgenin faunasını şekillendiren kritik faktörlerdir (Kostopoulos ve Koufos, 2000). Orta ve Geç Pliostesen Dönemi içerisinde Avrupa'nın güneyinde meydana gelen iklimsel dalgalanmalar ve coğrafi bariyerler Akdeniz biyosisteminin oluşmasını sağlamıştır. Yine bu değişimlerin paralelinde meydana gelen izolasyonlar sonucunda Akdeniz adalarında kendilerine özgü endemik faunalara sahip olmuştur. Pliyosen Dönemi'ndeki dikey yönlü hareketler bugün var olan nehir sistemleri ve paleocoğrafik yapının oluşumunu başlatan faktörlerdir (Meulenkamp ve Sissing, 2000; Popov vd., 2004; Popov vd., 2006).



Şekil 11. Akdeniz'in mevcut durumu (Hou ve Li, 2018).

Türkiye'nin güneyinde jeolojik yapının Güney Neotetis Okyanusu'nun kapanması ve Anadolu-Arap levhalarının çarpışmasıyla ilişkilidir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Robertson ve Dixon, 1984; Yılmaz, 1993; Robertson, 2000; Robertson vd., 2004; Robertson vd., 2006).

Toroslar Anadolu'nun güneyinde yer alan, Helenidler üzerinden Dinaritlere bağlanan sıradağlardır. Toroslar, jeolojik ve morfolojik bakımdan devamlı; fakat düzgün olmayan, güneyde Akdeniz kıyısına paralel, doğu ve güneydoğuda ise, kuzeydoğu ve doğu-batı yönünde uzanır. Kuzeyde Anatolitlerle sınırlanmıştır, güneyde ise kenar kıvrımları sahasına kadar uzanır (Demirsoy, 2008).

Toroslar, Kambriyen'den Miyosen'e kadar denizlerin altında kalmıştır ve metamorfik olmayan tortul serileri barındırır; ancak yer yer metamorfik masiflerde vardır (Bitlis Masifi, Anamur Masifi ve Sultan Dağı) (Demirsoy, 2008).

İlk Alpin orojenik hareketleri (Alp Kıvrımları) Üst Jura'da (Kimmeriyen, yaklaşık 145 myö) başlamıştır. Etkili kıvrımlar Kretase sonunda (Laramiyen'de) ortaya çıkmış; Oligosen'de tekrarlamıştır. En kuvvetli kıvrımlar, Miyosen'in sonunda (Rodaniyen Fazı), sedimanlar güneye doğru devrilecek şekilde gerçekleşmiştir (Demirsoy, 2008).

Eosen sonunda Oligosen'de ilk defa dağ dizileri denizlerin üstüne çıkmıştır. Miyosen'in sonunda tüm olarak deniz üzerine çıkmıştır. Yükselme bugüne kadar devam

etmektedir. Bu havzada tektonik olarak Bolkar Dağı, Geyik Dağı, Misis Birliği oluşmuştur (Demirsoy, 2008).

İç Toros Kıvrılması: Nubik-Arabik Kalkan'ın, Kretase döneminden başlayarak kuzeye doğru devam eden kayması, Tetis Denizi sedimanlarının, Alp Kıvrımları'nın bu bağlamda, Eosen'de 'İç Toros Kıvrımları'nın ve Menderes masifinin doğu yakası ile Kırşehir Masifi'nin güney batı kesiminin yükselmesine neden oldu. Bu yükselme Pliyosen'e kadar devam etti ve yükselme ile ilgili olarak bu 'Antiklinal'in (yükseltilerin) dış kenarlarında, bugünkü Batı ve Orta Toroslar'da bir 'Geosinklinal' (çöküntü) meydana geldi. Orta Miyosen'e kadar, bu jeosinklinalerin içine değişik kaynaktan yığılımlar oldu ve üst Miyosen'den başlayarak Pliyosen'e kadar uzanan, değişik fazlardan meydana gelmiş birçok olay sonucu, bu yığılmış sedimanlar 2000-3000 m'ye kadar yükselerek 'Dış Torosları' meydana getirdi ve Menderes masifinin güneydoğu kesimindeki alandan başlayarak bir açılış şeklinde, açılarak güneye doğru uzandı (Demirsoy, 2008).

Dış Torosların Oluşumu: Kuzeye kayan, Nubik-Arabik Plaka, ilk olarak, Anadolu'da o güne kadar kıvrılmamış Toros senklinalinin (çöküntüsünün) yükselmesine neden olmuş ve Dış Torosları meydana getirmiştir (Demirsoy, 2008).

Toros dağlarının güney doğu kolu olan Amanos Dağları Arabistan platformunun kuzey batı kolunu oluşturur. Amanos Dağları'nın güney batı kuzey doğu oryantasyonu eski güney neotetis okyanusunu suture çizgisini takip etmektedir. Amanos Dağları'nın topografyası ve içerisindeki akarsu havzalarının şekillenmesi yaklaşık olarak 4 milyon yıl önce başlamıştır (Seyrek vd., 2008b). Bu durum bölgedeki kurbağa popülasyonlarındaki farklılaşma zamanı ile desteklenmiştir (Plötner vd., 2001; Akın vd., 2010).

Amanos Dağları Erken Pliyosen Dönemi içerisinde yükselmeye başlayıp yaklaşık 3,6 myö oluşumunu tamamlamıştır (Seyrek vd., 2008a; Westaway vd., 2008; Kaplı vd., 2013). Bu dağ kuşağı Anadolu Diyagonali'nin güney hattını meydana getirmektedir.

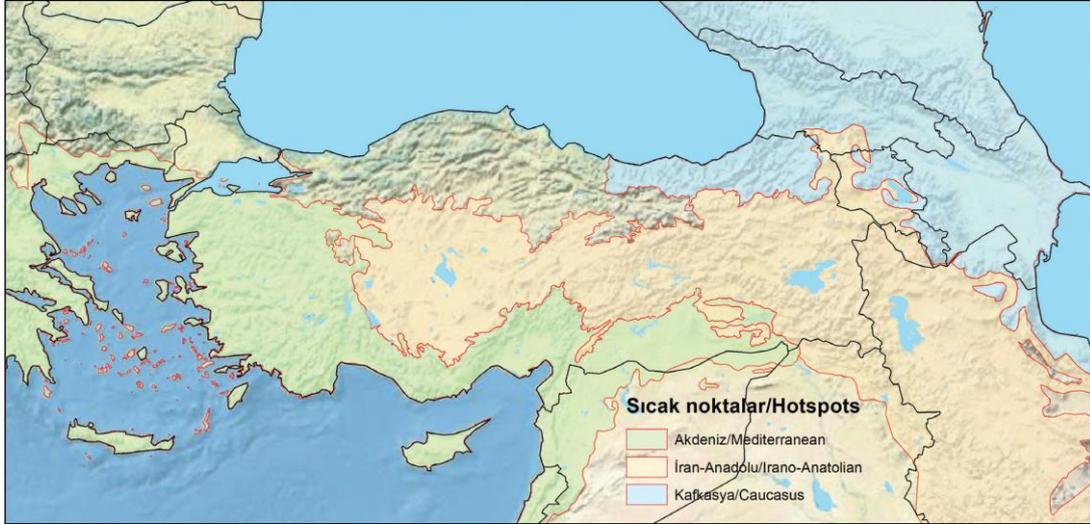
1.13. Sıcak Nokta Kavramı ve Akdeniz Sıcak Noktası

Sıcak nokta kavramı ilk olarak 1988 yılında Normand Myers tarafından ileri sürülmüştür. Myers bu kavramı öne sürerken biyoçeşitlilikte görülen geri dönüşü zor olan azalmayı göz önünde tutmuştur. Biyoçeşitlilik konsepti yüksek seviyede korumaya değer coğrafik bölgelerin öncelikli olarak belirtilmesini ifade etmektedir (Myers, 1988; Mittermeier vd., 1999; Geiger vd., 2014). Myers sıcak nokta için iki önemli kıstas koyarak dünya ölçeğinde sıcak noktalar seçmiştir. Birinci kıstas; seçilen alanlarda biyoçeşitliliğin tehdit altında (özellikle insan tehdidi) olması, ikinci kıstas ise; bu alanlarda yerellik (endemik) özelliğinin olması, yani o yöreye ait türlerin olması gerektiğidir.

Dünya üzerinde var olan 34 biyoçeşitlilik sıcak noktası istisnai derecede endemik türü bünyesinde barındıran ve istisnai seviyede habitat kaybını tecrübe etmiş alanlar olarak tanımlanmaktadır (Myers vd., 2000; Mittermeier vd., 2005; Delibes-Mateos vd., 2008). Biyoçeşitlilik sıcak noktaları özellikle koruma stratejileri açısından önemlilik arz eder. Boyutsal özellikleri ve biyoçeşitlilik seviyesinin yanı sıra biyotolar filogenetik ve zamansal boyutlarada sahip olan yüksek sayıda türlerle karakterize edilirler (Myers vd., 2000; Kondraskov vd., 2015). Bir bölgenin, biyolojik çeşitlilik sıcak noktası olarak tanımlanabilmesi için en az 1500 endemik damarlı bitki türüne ev sahipliği yapmalı, yani yeri doldurulamaz olmalıdır. Diğer bir ölçüt olarak ise özgün doğal vejetasyonunun en fazla %30'una sahip (yani en az %70'ini kaybetmiş); diğer bir deyişle, tehdit altında olmalıdır. Dünya üzerinde var olan sıcak noktalar, yeryüzünün sadece %2.3'ünü kapsasa da, endemik bitki türlerinin yarısından fazlasına, iki yaşamlı, sürüngen, kuş ve memeli türlerinin ise yaklaşık %43'üne ev sahipliği yapmaktadır (Gür, 2017a).

Sıcak noktaların büyük bir kısmı tropikal kuşak üzerinde bulunmaktadır. En zengin sıcak nokta tropikal And Bölgesi, en iyi korunanlar ise Şili (Valdiria ormanı) ve Arjantin bölgeleridir. Sıcak noktalar dar bir alan olduğu gibi geniş de olabilir, bazen kıyı, ada olduğu gibi bir dağda olabilir. Jeolojik olarak Alp-Himalaya kuşağı içerisinde konumlanan Anadolu coğrafyası bu 34 sıcak noktadan 3 tanesinin kesişim merkezidir. Bu sıcak noktalar Akdeniz Havzası, İran-Anadolu ve Kafkasya biyoçeşitlilik sıcak noktalarıdır (Şekil 12). Bu bakımdan Anadolu yüksek biyoçeşitlilik ve endemizm

oranına sahiptir yani özgün vejetasyonunun büyük bir kısmını kaybetmiş ve yoğun tehdit altında olan bir coğrafyadır. Anadolu'nun özgünlüğün temelleri ise kıtalar arası, bağlantı noktası konumunda olması ve geçmişindeki iklimsel-jeolojik dinamiklerdir (Şekercioğlu vd., 2011; Tavşanoğlu, 2016; Gür, 2017b).



Şekil 12. Anadolu sınırlarını kapsayan sıcak noktalar (Gür, 2017b).

Akdeniz Bölgesi önemli biyolojik noktalardan biri olup coğrafik yönden yüksek derecede yapısal çeşitlilik göstermektedir. 20 farklı ülkeden toplam 23 ekobölgeyi içerisinde barındırır (Abell vd., 2008; Geiger vd., 2014). Akdeniz biyomu dünya yüzeyinin sadece %2 sini kaplasada dünya üzerindeki floristik zenginliğin %20'sini tek başına temsil etmektedir. Akdeniz Havzası bitki çeşitliliği bakımından dünyada ki başlıca merkezlerden birisi olup dünyadaki floristik çeşitliliğin %10'nunu oluşturmaktadır. Fakat kapladığı alan dünya yüzeyi sadece %1.6'sıdır (Medail ve Verlaque, 1997; Medail ve Quezel, 1999). Akdeniz biyomunun sahip olduğu yüksek bitki çeşitliliği ve endemizm karakteristik olarak kendine özgü aşırı kurak yazlar ve nemli serin kışlar şeklindeki yıllık döngüler ile yüksek çeşitlilik gösteren topografik varyasyonlar ve düşük seviyedeki toprak verimliliği gibi olayları içerisinde barındıran gelişimsel süreçlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Huston, 1994; Klausmeyer ve Shaw, 2009). Akdeniz tipi ekosistemleri dünya üzerinde Amerika'nın oldukça küçük bir bölgesinde, Güney Afrika'da, Avustralya'da, Akdeniz çevresinde gözlenmektedir (Di castri ve Money, 1973; Delibes-Mateos vd., 2008). Akdeniz Havzası küresel ölçekte değerlendirildiğinde eşsiz sıcak noktalardan biri olarak değerlendirilir. Bu alan yüksek derece farklılaşmış biyocoğrafik özellikleri içerisinde barındırır. Akdeniz Bölgesi

sığınak alanları ile floral değişim ve aktif türleşmeyi mümkün kılan alanlar olmak üzere iki yapıdan oluşur (Quezel, 1978; Quezel, 1985). Akdeniz Havzası'nın batısındaki yüksek endemizm bağlı alanlar jeolojik platformların yaşı ve relik endemik türlerin varlığı ile ilişkili iken doğu tarafında buzullara etkisi ve ultra mafik kayaların varlığından dolayı vikaryantik endemizm görülmektedir (Verlaque vd., 1997). Paleocoğrafyası ve arazi kullanım şemaları tarihinden dolayı Akdeniz Havzası birbiriyle ilişkili komüniteleri iyi ve kompleks bir mozağini sergilemektedir ve bu durum yüksek alfa ve beta çeşitliliklerini açıklamaktadır (Blondel ve Aronson, 1995; Covas ve Blondel, 1998).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyaller

Bu çalışmada Bufonidae familyasına ait olan *Bufo bufo* (Linneaus, 1758) ve *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) türleri kullanılmıştır.

2.2. *Bufo bufo*

Regnum : Animalia
Phylum : Chordata
Subphylum : Vertebrata
Superclass : Tetrapoda
Class : Amphibia
Subclass : Lissamphibia
Ordo : Anura
Subordo : Neobatrachia
Familiya : Bufonidae
Genus : *Bufo*
Species : *Bufo bufo* (Linneaus, 1758)

Erkek bireylerinde vücut uzunluğu 11, dişi bireylerinde ise 15 cm uzunluğa erişebilmektedir (Şekil 13). Gözbebekleri yatay konumlu olup, iris rengi altın ve bakır rengine sahiptir. Kulak zarları küçük olmakla birlikte bazen de neredeyse belirsizdir. Ağızlarında diş bulunmamaktadır. Ses kesesi erkek bireylerde mevcut değildir. Derileri kuru olmakla birlikte, üzerlerinde görünen siğiller mevcuttur. Erkek bireyler dişilere nazaran daha az siğile sahiptirler. Diğer canlılara karşı kendilerini koruyabilmek için derilerinden salgıladıkları ikincil metabolitler temel silahlarıdır. Vücudun dorsal kısmı genellikle kahverengi, kırmızımsı, grimsi veya zeytin yeşili renklerine sahiptir bazen de daha koyu renklere sahip olan lekeler gözlenir. Ventral kısmında kirli beyaz bazen de gri tonlarda renkler gözlenmektedir (Baran, 2005). Çevre şartlarının etkisi altında vücut renkleri değişiklik gösterebilmektedir. Dişiler, erkek bireylere nazaran daha kırmızımsı-kahverengi renklere sahiptirler (Beebe ve Griffiths, 2000; Özdemir, 2005).



Şekil 13. *Bufo bufo* (Foto: Nurhayat ÖZDEMİR).

Bufonidae familyasına ait cinslerin, büyük bir çoğunluğu için, karakteristik özelliği olarak nitelendirilen parotidler; başın dorsal kısmında ve gözlerin arkasında konumlanmıştır. Ekolojik yönden güçlü bir adaptasyon yetisine sahip olan *Bufo*'lar karasal yaşam süren gececil canlılardır (Tosunoğlu ve Taşkavak, 2001). Başlıca besinleri küçük omurgasız canlılardır (Arntzen vd., 2013b).

Bufo'ların üreme periyodu bahar dönemi olup birkaç hafta sürmektedir ağırlıklı olarak, bir iki hafta içerisinde üremelerini tamamlamaktadırlar. Üreyebilmek için su birikintilerine ihtiyaç duymaktadırlar (Hettyey vd., 2012). Yumurtaları çift zincirler halinde, jelimsi kılıf içerisinde olup, çıkan yumurtalar dişi bireyler tarafından su içinde bulunan ufak çalılıklara, bitkilere yapıştırılır. Metamorfozları 2 ile 3 ay arasında tamamlanmakta olup ergin formlarını kazanırlar (Özdemir, 2005).

Hafif vejetasyona sahip taşlık alanlarda ve orman örtüsünün yayılış gösterdiği alanlar içerisinde yaşamaktadırlar (Düşen, 2011). Deniz seviyesinden yüksek rakımlı dağlara kadar geniş bir ölçekte, Kuzey Afrika'da ve Batı Asya üzerinde, Türkiye'de ise Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde yayılış gösterirler (Borkin ve Veith, 1997).

2.3. *Bufo verrucosissimus*

Regnum : Animalia
Phylum : Chordata
Subphylum : Vertebrata
Superclass : Tetrapoda
Class : Amphibia
Subclass : Lissamphibia
Ordo : Anura
Subordo : Neobatrachia
Familya : Bufonidae
Genus : *Bufo*
Species : *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814)

B. verrucosissimus dış görünüş bakımından *B. bufo* tür grubunun Kuzey Avrasya'ya ait diğer örnekleriyle benzerlik göstermektedirler (Şekil 14). Vücut uzunlukları *B. bufo*'lara oranla daha büyüktürler (Tosunoğlu ve Taşkavak, 2001).



Şekil 14. *Bufo verrucosissimus* (Foto: Nurhayat ÖZDEMİR).

Bu türde boyun bölgesi belirgin olmayıp kafayla birleşik haldedir. Burunları kısa ve geniş olup, ağzın yanlarında büyük ve sivri dikenler bulunmaktadır. Parotidler belirgin olup fazla büyük değildirler. Gözbebekleri eliptik olup, iris rengi kırmızımsı kahvedir. Türün sahip olduğu vücut rengi değişkenlik göstermekle birlikte, genelde *B.*

bufo'da gözlenen renklerle paralellik sergiler. Küçük omurgasızlar temel besinleridir (Orlova ve Tuniyev, 1989).

Nemli ormanlarda, dağlık alanlarda bulunan ovalarda dağılım göstermektedirler. Üremeleri bahar döneminde gerçekleşir ve yumurtalarını çoğunlukla nisan, mayıs aylarının sonlarında; küçük su birikintilerine bırakırlar. Yumurtaları *B. bufo*'lardaki gibi çift zincirli ve jelimsi kılıf içerisindedir.

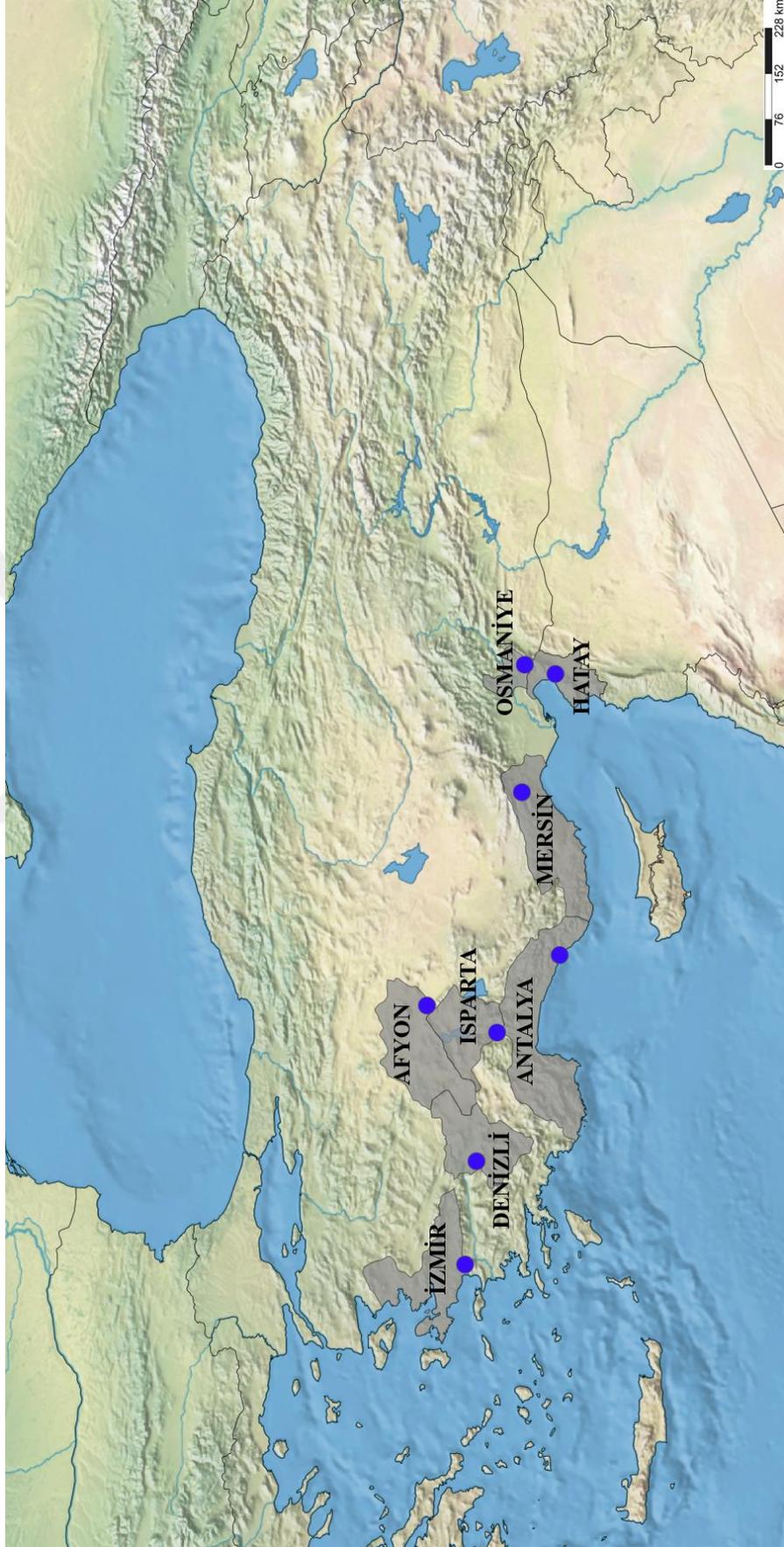
2.4. Yöntem

2.4.1. Örneklerin Toplandığı Alanlar ve Birey Sayıları

Bu çalışma kapsamında Türkiye sınırları içerisinde Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nden toplamda 8 ilde örnekleme yapılmıştır (Şekil 15). Örnekleme yapılan alanlara ait coğrafi veriler ile örneklenen birey sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı ve birey sayıları

Şehir	Lokalite	Koordinat	Birey Sayısı
İzmir	Selçuk, Şirince	Enlem : 37.936607	3
		Boylam : 27.422264	
		Rakım : 357m.	
Afyon	Dereçine	Enlem : 38.506016	3
		Boylam : 31.311516	
		Rakım : 978m.	
Denizli	Başkarcı, Ornaz Vadisi	Enlem : 37.76699	3
		Boylam : 28. 97246	
		Rakım : 841m.	
Isparta	Çandır Köyü	Enlem : 37.459857	3
		Boylam : 30.904502	
		Rakım : 307m.	
Mersin	Alanyalı Köyü	Enlem : 37.090531	3
		Boylam : 34.513943	
		Rakım : 1328m.	
Antalya	Alanya, Dim Çayı	Enlem : 36.52604	3
		Boylam : 32.06863	
		Rakım : 19-118m.	
Osmaniye	Cebel Köyü	Enlem : 37.045874	3
		Boylam : 36.428945	
		Rakım : 966m.	
Hatay	İskenderun, Güzelköy	Enlem : 36.58986	2
		Boylam : 36.28959	
		Rakım : 1460m.	



Şekil 15. Örnekleme yapılan lokaliteler

2.4.2. Kurbağa Parmaklarından Genomik DNA'ların İzolasyonu

Yakalanan bireyler MS222 ile bayıldıktan sonra steril cerrahi makasla parmak uçlarından doku örnekleri alınmıştır. Hayvanlar ayıldıktan sonra doğal ortamlarına geri bırakılmıştır. Alınan doku örnekleri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Zooloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Doku örneklerinden genomik DNA elde etmek için NucleoSpin Tissue genomik DNA saflaştırma kiti kullanılmıştır. Üretici firmanın sağladığı protokol takip edilerek DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen DNA'lar % 1'lik agaroz jelde yürütülmüş, U.V görüntüleme cihazında görüntülenerek kontrolü sağlanmış ve kullanılıncaya kadar -20 °C'de saklanmıştır.

2.4.3. mtDNA ve nDNA Genlerinin PZR Yardımı ile Çoğaltılması ve DNA Dizin Analizi

Yapılan bu çalışmada; mitokondriyal (16S ve cytb) ve nüklear (RPL3) gen bölgeleri kullanılarak Akdeniz Bölgesi içerisinde dağılışı gösteren *Bufo* populasyonları hakkındaki sistematik belirsizliğin çözülmesi hedeflenmiştir.

Mitokondriyal (16S rRNA ve cytb genleri) ve nüklear (RPL3 geni) genlerinin PZR yardımı ile çoğaltılmasında kullanılacak olan primerler referanslarıyla birlikte Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Moleküler analizlerde kullanılan gen bölgeleri ve primerler

Gen	Primer	Baz Sırası	Referans	Bç
16S rRNA	16S-ar	CGCCTGTTTATCAAAAACAT	Palumbi vd., 1991	544
	16S-br	CCGGTCTGAACTCAGATCACGT	Palumbi vd., 1991	
cytb	Cyt Bufo F	ATCTACCTTCACATCGGACGAG	Recuero vd., 2012	786
	Cyt Bufo R	AGTTTRTTTTCTGTGAGTCC	Recuero vd., 2012	
RPL3	RPL3buF1	AGGTGGCAGTGTCTGGAGTATT	Recuero vd., 2012	540
	RPL3buR1	GTCACCTTACTACAGCTTGTTCTCA	Recuero vd., 2012	

Mitokondriyal ve nüklear gen bölgeleri çoğaltılırken, parmak uçlarından alınan doku örneklerinden elde edilmiş DNA'lar kullanılmıştır. 16S rRNA, cytb ve RPL3

genleri için 50 µl'lik reaksiyon karışımı PZR şartları; 50 Nm KCl, 10 Mm Tris-HCl, pH 9.0, 0.1 % Triton X-100, 0.4 mM oligonükleotid, 2.5 mM MgCl₂, 0.5 u/100 µl Taq DNA polimeraz ve her bir primerden 0.1µM şeklindedir. PZR denaturasyon protokolü ise 96 °C'de 2 dakika denaturasyon; 52 °C'de 45 saniye annealing; 72 °C'de 2 dakika uzatma; 38 döngü ve 72 °C'de 5 dakika son uzatma şeklindedir (Goebel vd., 1999; Stock vd., 2006).

Elde edilen PZR ürünleri %1'lik agaroz jelde yürütülüp gözlenmiştir. Son aşama olarak PZR yardımıyla çoğaltılan genomik DNA'dan mitokondriyal ve nükleer genlere ait DNA dizilerini elde etmek için DNA örnekleri Macrogen (Hollanda) şirketine gönderilmiş ve dizileme işlemi bu şirket tarafından gerçekleştirilmiştir.

2.4.4. Filogenetik Ağaçların Oluşturulması

Macrogen (Hollanda) şirketi tarafından sekanslaması yapılan baz dizileri Bioedit v7.2.5 (Hall, 2011) programı kullanılarak her bir bireyin aynı lokusuna ait ileri ve geri primerler (forward ve reverse) ile elde edilen dizilerin kromatogramları tek tek gözden geçirilmiştir. Böylece konsensus (en ortak) diziler oluşturulmuş ve hizalandırılmaları yapılmıştır. Bu analiz için Bioedit içine bütünleşmiş haliyle ClustalW kullanılmıştır. DNA dizilerinin başlangıç ve bitiş kısımlarından fazlalıkları kesilerek aynı uzunluğa getirilen diziler fasta formatında kaydedilmiştir (Hall, 1999).

2.4.5. MrModeltest v. 2.3 ile En Uygun Baz Değişim Modelinin Bulunması

Dizilerin analizleri için en uygun modeller MrModeltest v. 2.3 (Nylander, 2004) programı kullanılarak belirlenmiştir. Akaike bilgi kriteri (AIC; Akaike, 1974) değerlerine göre her bir gen için evrimsel model hesaplaması yapılmıştır.

2.4.6. Maksimum Olasılık Analizi

Maksimum olasılık analizleri RAxML v8.0. (Stamatakis, 2014) programı kullanarak her bir gen için ayrı ayrı icra edilmiştir. RAxML v8.0. programında MrModeltest ile en uygun baz modeli olan SYM+G'ye karşılık gelen GTR evrimsel baz

modeli analizlerde kullanılmış ve ayrıca her analiz için 1000 tekrarlı seç-bağla (bootstrapping) testi yapılarak en uygun evrimsel ağaca ulaşılmıştır.

2.4.7. Bayesian Analizi

Bayesian analizi, çalışma kapsamında kullanılan üç gen için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Bunun için MrBayes sürüm 3.2.6 (Huelsenbeck ve Ronquist, 2001) programı kullanılmıştır. Modeltest v2.3 sonucunda bulunan en uygun baz değişim modeli olan SYM+G ve Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algoritması kullanılmıştır. Rastgele olarak ağaçlarla analize başlanmış ve 1.000.000 jenerasyon tekrarlanmıştır. Her 1000 jenerasyonda bir ağaçlar örneklenerek Log likelihood skorlarının belli bir dengeye ulaştığı nokta (Standart hatası <0.01) “burn in” olarak belirlenmiş ve bu noktadan önceki ağaçlar analizden çıkarılmıştır. Bayesian MCMC çalışmasıyla oluşan log uzantılı dosya Tracer 1.6 programıyla etkili örnek büyüklüğü kontrol edilerek (The Effective Sample Size (ESS)) bu değer >200 üstünde olduğunda program tamamlanmıştır.

2.4.8. FigTree Programı

Filogenetik analizler sonucu oluşan ağaçların görüntülenmesi için FigTree v1.4.0 (Rambaut, 2012) programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Arazi çalışmaları sonucunda 8 farklı ilden örneklenen 23 bireye ait DNA dizilerine ek olarak, GenBank üzerinden *Bufo* cinsine ait diğer türlerin DNA dizileri de alınarak analizlere dahil edilmiştir (Tablo 3). Bu türlerden *Bufo bufo* tür grubuna dahil türler iç grup, *Bufo gargarizans* tür grubuna ait türler ise dış grup olarak belirlenmiş ve bütün DNA dizileri kullanılarak filogenetik ağaçlar oluşturulmuştur.

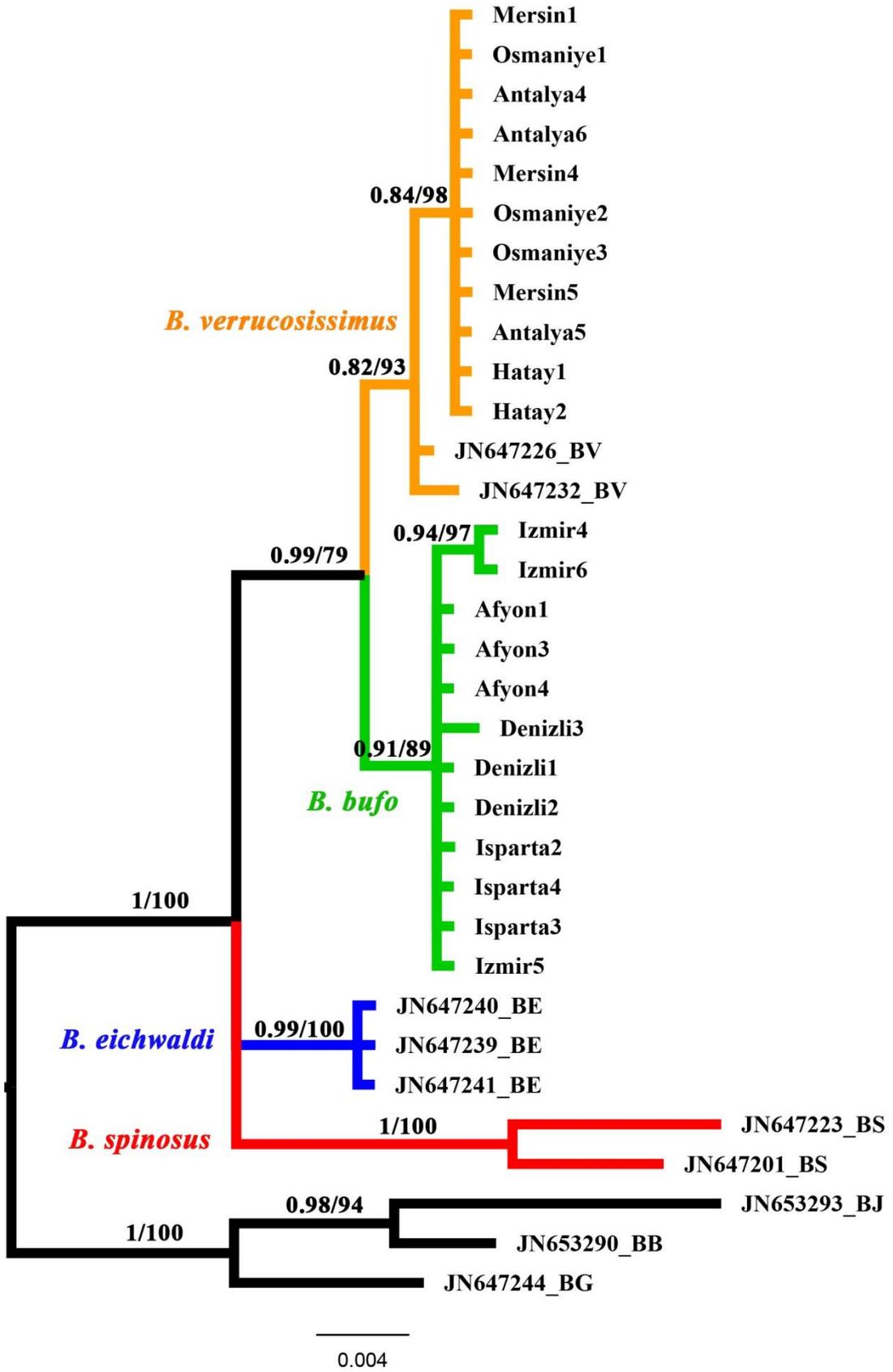
Tablo 3. GenBank'tan elde edilen DNA dizileri ve erişim kodları (B.v: *Bufo verrucosissimus*; B.g: *Bufo gargarizans*; B.j: *Bufo japonicus*)

Tür	Ülke	Lokalite	16S	Sitokrom b	RPL3
<i>B. v. verrucosissimus</i>	Türkiye	Karagöl	JN647232	JN647468	JN647525
<i>B. v. verrucosissimus</i>	Gürcistan	Borjomi	-	JN647467	JN647523
<i>B. v. verrucosissimus</i>	Gürcistan	Adjara- Charnali	-	-	JN647522
<i>B. v. verrucosissimus</i>	Gürcistan	Abkhazia	-	JN647463	JN647521
<i>B. v. turowi</i>	Rusya	Krasnodar	-	JN647461	JN647519
<i>B. v. tertyschnikovi</i>	Rusya	Krasnodar	JN647226	JN647462	JN647520
<i>B. v. circassiscus</i>	Rusya	Krasnodar	-	JN647469	-
<i>Bufo bankorensis</i>	Çin	Taiwan- Taipe	JN653290	-	JN653321
<i>B. g. gargarizans</i>	Rusya	Jewish autonomus region	JN647244	-	JN653318
<i>B. j. formosus</i>	Japonya	Tokyo	JN653293	-	JN653320
<i>Bufo spinosus</i>	Tunus	Beni M'tir	JN647201	JN647442	JN647517
<i>Bufo spinosus</i>	İspanya	Laguna Grande de Gredos	JN647223	JN647424	JN647514
<i>Bufo eichwaldi</i>	Azerbaycan	Lerik	JN647241	-	-
<i>Bufo eichwaldi</i>	Azerbaycan	Lerik	JN647240	JN647476	-
<i>Bufo eichwaldi</i>	Azerbaycan	Astara	JN647239	JN647475	JN647518

3.1. 16S rRNA Gen Bölgesi Dizin Analizi

Mitokondriyal DNA 16S rRNA gen bölgesi için elde edilen 547 bç'lik kısım kullanılarak Bayesian ve Maksimum olasılık analizleri icra edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda oluşturulan ağaçlar aynı topolojiye sahip olduğundan dolayı dallara ait değerler tek bir ağaç üzerinde gösterilmiştir (Şekil 16). Analiz sonucunda Akdeniz Bölgesi içerisindeki illere ait bireylerin tamamı Kafkasya Bölgesi bireyleri ile aynı dalda (0.82/93), Ege Bölgesi'ne ait örnekler ise ayrı bir dalda (0.91/89) beraber yer almışlardır. Ayrıca Akdeniz örneklerinin tamamı *B.verrucosissimus* türüne ait ana dal üzerinde Kafkasya örneklerinden ayrı bir dal olarak (0.84/98) kümelendiği görülmüştür.

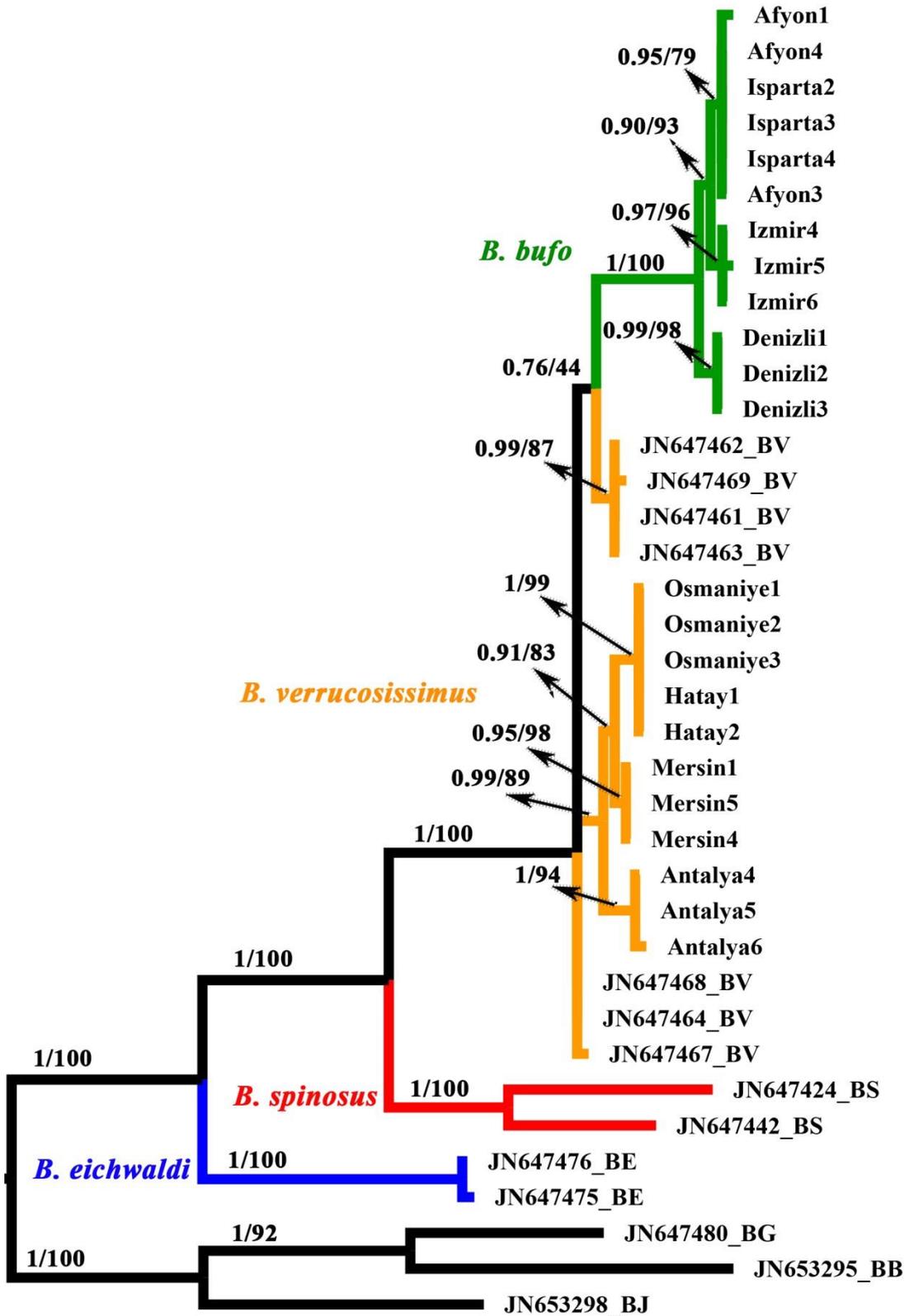




Şekil 16. 16S rRNA gen bölgesine ait filogenetik ağaç

3.2. Sitokrom b Gen Bölgesi Dizin Analizi

Mitokondriyal DNA cytb gen bölgesi için elde edilen 795 bç'lik kısım kullanılarak Maksimum olasılık ve Bayesiyen analizleri icra edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda inşa edilen ağaçlar 16S rRNA gen bölgesine ait ağaçlarda gözleendiği gibi aynı topolojiye sahip olduğundan dolayı dallara ait değerler tek bir ağaç üzerinde gösterilmiştir (Şekil 17). Analiz sonucunda oluşan ana dal üzerinde Akdeniz Bölgesi içerisindeki illere ait bireylerin tamamının güçlü seç bağla değerleri ile desteklenmiş (0.99/89) bir alt dal üzerinde beraber yer aldığı gözlenmiştir. Bu dalın kendi içerisinde ise Antalya (1/94) ve diğer iller (0.91/83) olmak üzere yüksek seç bağla değerine sahip iki dalın varlığı gözlenmiştir. Ayrıca diğer iller de kendi aralarında Mersin (0.95/98) ve Osmaniye-Hatay (1/99) olmak üzere güçlü şekilde desteklenmiş iki dal oluşturmuşlardır. Kafkasya Bölgesi'nin güneyine ait bireylerin Akdeniz Bölgesi'ne ait bireyler ile aynı ana dal üzerinde yer aldığı gözlenmiştir. Kafkasya Bölgesi'nin kuzeyine ait bireylerin ana dal üzerinden güçlü şekilde ayrılmış bir alt dalda (0.99/87) beraber yer aldıkları görülmüştür. Ege Bölgesi'ne ait örneklerde aynı şekilde güçlü desteklenmiş ayrı bir dalda (1/100) beraber yer almışlardır.

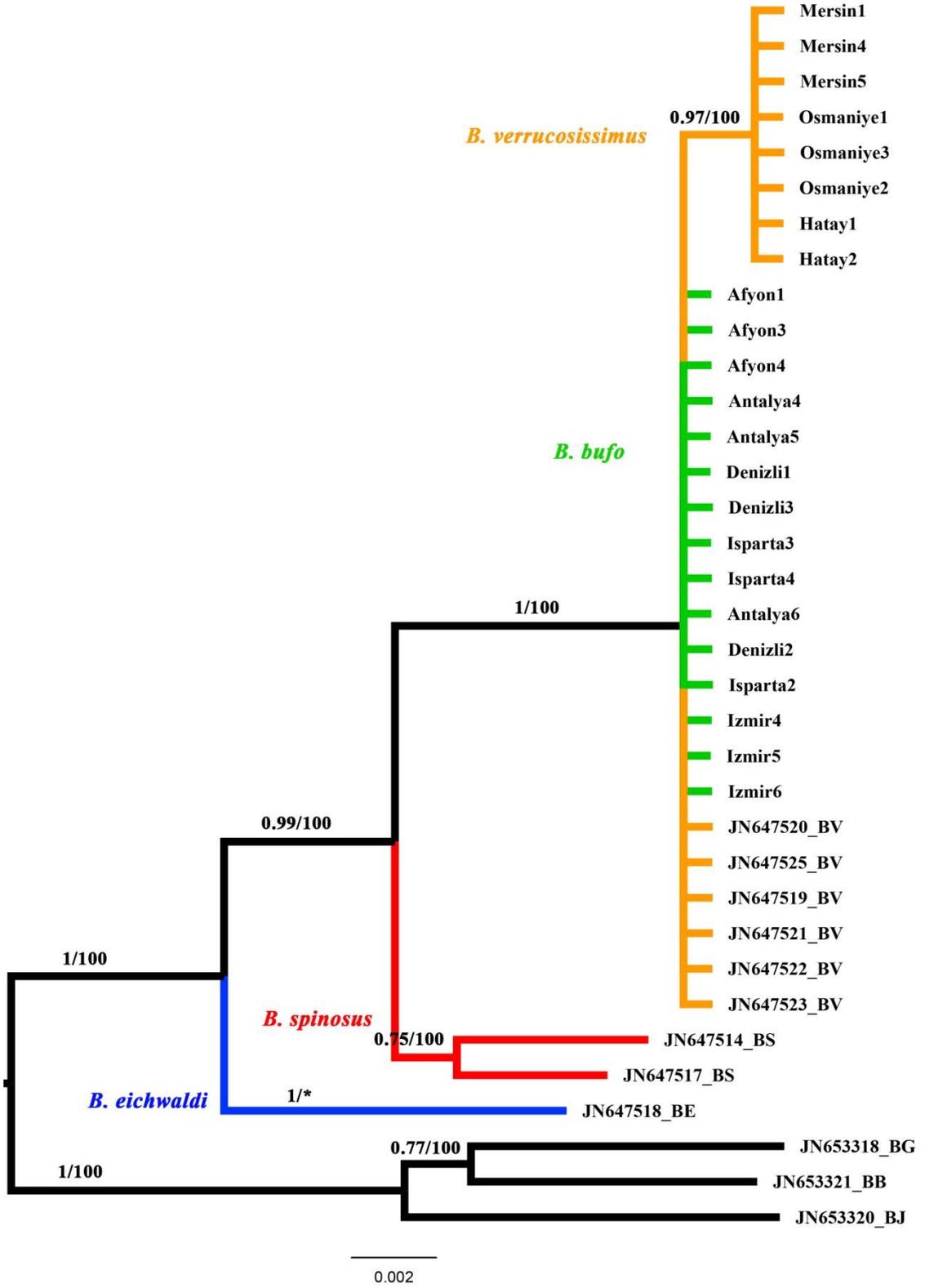


0.02

Şekil 17. Sitokrom b gen bölgesine ait filogenetik ağaç

3.3. RPL3 Gen Bölgesi Dizin Analizi

Nükleer DNA RPL3 gen bölgesi için elde edilen 522 bç'lik kısım kullanılarak Maksimum olasılık ve Bayesiyan analizleri icra edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda diğer gen bölgeleri için inşa edilen ağaçlarda olduğu gibi ağaçlarda aynı topoloji gözlemlendiğinden dolayı dallara ait değerler tek bir ağaç üzerinde gösterilmiştir (Şekil 18). Oluşturulan ağaç incelediğinde bütün bireylerin Kafkasya örnekleri ile beraber tek bir dal üzerinde (1/100) yer aldığı görülmüştür. Bu bağlamda RPL3 gen bölgesinin türler arası ayrım gücünün mitokondriyal gen bölgelerine kıyasla daha zayıf olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Mersin, Osmaniye ve Hatay örneklerinin ana dal üzerinde güçlü şekilde ayrılmış (0.94/100) ayrı bir alt dal oluşturdukları görülmüştür.



Şekil 18. RPL3 gen bölgesine ait filogenetik ağaç

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye içerisinde örnekleme yapılan bireylerden elde edilen mitokondriyal ve nüklear gen bölgelerine ait DNA dizileri kullanılmıştır. Ayrıca, GenBank içerisinde Kafkasya Bölgesi'nde dağılım gösteren *B. verrucosissimus* türüne ait olan DNA dizileri de alınarak analizlere dahil edilmiştir. Yapılan filogenetik analizler sonucunda Akdeniz Bölgesi içerisinde örnekleme yapılan Mersin, Hatay, Osmaniye ve Antalya illerinin, Kafkasya örnekleri ile aynı klad içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

Kutrup vd. (2006), yaptıkları çalışmada gözledikleri moleküler farklılığı tür içi varyasyon olarak değerlendirmişlerdir ve bu çalışma Mersin ilinden elde edilmiş örnekleri de kapsamaktadır. Yapılan analizler sonucunda Mersin örnekleri Doğu Karadeniz'den elde edilmiş örneklerle (Fındıklı, Çamlıhemşin, Borçka) daha fazla yakınlık göstermiştir. Fakat bu farklılığın bir alttür oluşturacak kadar önemli olmadığı ve bunun tür içi varyasyon olduğuna karar verilmiştir. Kutrup vd. (2006)'un çalışmasında Mersin ve Borçka örnekleri aynı dalda yer almıştır. Bu tez çalışması kapsamında oluşturulan filogenetik ağaçlarda da aynı durum gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre Mersin ili içerisinde *Bufo verrucosissimus* türünün dağılışı gösterdiği belirlenmiştir.

Litvinchuk vd. (2008), yaptıkları çalışma sonucunda Anadolu içerisindeki bütün *Bufo* populasyonlarının *B. verrucosissimus* olarak adlandırılmasını önermişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Litvinchuk vd. (2008)'u Akdeniz Bölgesi için doğrulamıştır fakat Ege Bölgesi içerisinde *B. bufo* türü dağılışı göstermektedir.

Garcia-Porta vd. (2012)'nin mtDNA verileri ile ulaştıkları sonuçlara göre Türkiye'den elde ettikleri Alanya örneği Kafkasya dalında (*Bufo verrucosissimus*) yer alırken diğerleri (Anayurt, Kayabaşı, Bursa ve Bafra) ise Avrupa dalında (*B. bufo*) yer almıştır. Allozim çalışmasında ise Türkiye'den sadece Bolu ve Alanya örneği kullanılmış ve *B. verrucosissimus* olarak gruplandırılmıştır. Bu çalışmada da Alanya'dan elde edilen örnekler *B. verrucosissimus* bireyleriyle aynı dalda yer alarak Garcia-Porta vd. (2012)'nin sonuçlarını desteklemektedir.

Tuniyev vd. (2014), yaptıkları çalışmada *B. verrucosissimus* türünün Türkiye içerisinde yalnızca Artvin ili içerisinde var olduğunu ifade etmişlerdir. Fakat bu çalışmada türün Akdeniz Bölgesi içerisinde de dağılım ihtimalini ortaya çıkarmıştır.

Anadolu coğrafyası biyoçeşitlilik açısından önemli bir bölgedir. Amfibiler ve reptiller göz önüne alındığında, Anadolu'yu bir türleşme merkezine çeviren faktörler sahip olduğu jeomorfolojik yapı, eski ve kompleks paleocoğrafik-paleoklimatik tarihi ve coğrafik konumudur (Sindaco vd., 2014). Anadolu Dağları özellikle güneyde türleşme ve biyocoğrafik alt bölgelerin oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu dağ sistemleri endemik türler için bir liman görevi görürler ve tür altı seviyede genetik farklılaşmayı meydana getirmede önemli rol oynarlar (Çıplak, 2003; Çıplak, 2004).

Anadolu'nun yapısında meydana gelen en önemli paleocoğrafik olaylardan biri de Anadolu Diyagonali'nin ortaya çıkışıdır. Anadolu Diyagonali Türkiye'nin şuan sahip olduğu tür çeşitliliğini ve türlere ait soy hatlarını doğu-batı yönlü bölünmesini sağlayan önemli bir coğrafik bariyerdir (Çıplak vd., 1993; Rokas vd., 2003; Şengör vd., 2003; Mutun, 2010; Bilgin, 2011) ve bu yapının oluşumu jeolojik oluşum süreci Miyosen-Pliyosen döneminden beri süre gelmiştir (Kaplı vd., 2013).

Akdeniz Havzası filocoğrafik çalışmalar için ideal bir laboratuvar olarak düşünülebilir (Hewitt, 2011). Dünya üzerindeki önemli sıcak noktalardan birisidir. Geç Eosen Dönemi'nden itibaren (37-34 myö) Avrasya, Afrika ve Arabistan tektonik plakaların çarpışması Akdeniz Havzası üzerinde büyük coğrafik farklılaşmalara yol açmıştır. Deniz bariyerleri yeniden şekillenmiş ve dağ sıraları meydana gelmiştir (Meulenkamp ve Sissingh, 2003; Popov vd., 2006). Bu süreçler Akdeniz Havzası'nın yerleşik türlerinin filocoğrafik tarihi üzerinde izlerini bırakmıştır. Kuvaterner dönem buzul döngüleri Avrasya üzerinde büyük iklimsel değişiklikler meydana getirmiş fakat Akdeniz Havzası nispeten daha dengeli bir iklime sahip olmuştur (Stewart vd., 2009). Sonuç olarak birçok tür Akdeniz Havzası'ndaki varlığını koruyabilmiş fakat sadece buzullar arası dönemlerde kuzey yönlü kolonileşebilmişlerdir. Coğrafik hareketlilik ve iklimsel dengede meydana gelen değişimlerin etkileşiminin sonucunda birçok Akdeniz türü derin tür içi soy hatlarıyla karakterize edilmiştir (Riemsdijk vd., 2017).

Çalışma kapsamında yapılan filogenetik analizler ile *B. verrucosissimus* türünün Kafkasya ve Karadeniz Bölgesi'ne ek olarak Akdeniz Bölgesi içerisinde de dağılımı doğrulanmıştır. Biyocoğrafik olarak bakıldığında Anadolu Diyagonali'nin bu yayılışı şekillendirmede rol oynadığı söylenilebilir. Anadolu Diyagonali'nin farklı omurgalı sınıfları içerisinde hem coğrafi olarak sınırlayıcı hem de türleşme tetikleyici bir jeolojik yapı olarak işleve sahip olduğu literatür içerisinde açıkça görülmektedir (Dubey vd., 2006; Gündüz vd., 2007; Stümpel ve Joger, 2009; Gvozdik vd., 2010; Yiğit vd., 2012; Kaplı vd., 2013; Gür, 2013; Gül, 2013; Skourtanioti vd., 2016; Riemsdijk vd., 2017; Jandzik vd., 2017).

B. verrucosissimus türünün Akdeniz ve Kafkasya gibi iki uzak coğrafya içerisinde dağılım göstermesi ve ara bölgelerde var olmaması başta şaşırtıcı gelebilmektedir. Fakat literatüre bakıldığında hem Kafkasya hem de Akdeniz Bölgesi içerisinde yayılış gösteren türler mevcuttur (Fritz vd., 2009; Mikulicek vd., 2013; Jandzik vd., 2013; Tamar vd., 2016). Bu parçalı dağılışın temel nedenlerinden biri, türlerin iklim değişimlerine bağlı olarak ısınma-soğuma periyotları boyunca göç koridorlarını kullanarak yer değiştirmesidir. Soğuma dönemlerinde türlerin güneydeki sığınaklara doğru göç ettiği düşünülürse bu senaryo gayet makuldür. Ardı sıra gelen dağ orojenezleri ve çevresel etkenler sonucunda türlerin belli alanlar içerisinde sınırlı kalabilmesi mümkündür. Ayrıca farklı jeolojik zamanlarda oluşan ve kaybolan kara bağlantıları da bu gibi durumları ortaya çıkarabilmektedir.

Gür (2016), Anadolu Diyagonali'nin önemli bir çevresel bariyer, ani bir çevresel değişimin gerçekleştiği bir bölge olduğunu ileri sürmüştür. Bu durumun Anadolu Diyagonali'nin hem İç Anadolu ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu iklim bölgeleri (Ünal vd., 2003) hem de ekolojik bölgeler (Welch ve Kirwan, 2008) arasında bir sınır oluşturduğunu göz önüne alınca makul olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak Anadolu Diyagonali'nin jeofiziksel işlevinin yanı sıra güçlü bir çevresel bariyer olduğunu belirtmiş ve ayrıca bu hattın Akdeniz Havzası ve Kafkasya arasında bir göç koridoru (Veith vd., 2003; Ansell vd., 2011) olarak işlev gördüğünü de eklemiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bahsedilen göç koridorunu doğrulamaktadır.

Veith vd. (2003), Anadolu'da dağılışı gösteren *Rana* cinsi üzerine gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda, buzul dönemlerinin cins içerisinde gözlenen türleşme olaylarında aktif bir rol oynadığını ifade etmişlerdir. Yine bu dönemler içerisinde kullanılan kuzey-güney yönlü göç yollarının Anadolu Diyagonali hattı boyunca uzandığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda Veith vd. (2003)'in ifade ettikleri göç yolunu doğrulamaktadır.

Jandzik vd. (2013), Kafkasya ve Akdeniz Bölgesi içerisinde dağılım gösteren *Zamenis hohenackeri* türü üzerine gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda türün önceki jeolojik dönemlerde Anadolu Diyagonali hattı boyunca kesintisiz bir dağılıma sahip olduğunu, Miyosenden itibaren Anadolu platosunun yükselmesi ile beraber dağılım alanının parçalandığını buna bağlı olarak Akdeniz Bölgesi ve Kafkasya Bölgeleri'nde alttürleşmenin meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da *B. verrucosissimus* türünün Akdeniz Bölgesi ve Kafkasya içerisindeki dağılımı bu bakımdan benzerlik göstermektedir.

Akdeniz Bölgesi örneklerinin, Kafkasya örneklerinden ayrı bir klad içerisinde kümelenmeleri göz önüne alınca, literatür içerisinde Akdeniz Bölgesi'nde dağılışı gösteren bazı kurbağa ve sürüngen türlerinde de benzer şekilde tür içerisinde farklı soy hatları oluşumları gözlenmiştir. Bu soy hatlarının meydana gelişinin temel sebepleri Akdeniz Bölgesi'nin jeomorfolojik yapısı ve tarihi ile farklı jeolojik dönemler içerisinde özellikle Kuvaterner Dönem'de meydana gelmiş ve sıkça tekrarlanmış iklimsel dalgalanmalardır. Jeolojik etkenler türlerde vikaryans yollu türleşmeyi beraberinde getirirken, iklimsel dalgalanmaların kötü yönde değişimi türleri sınırlı alanlara hapsederek veya yer değişimlerine neden olarak genetik yönden farklılaşma süreçlerini ortaya çıkarmıştır.

Akın vd. (2010) mitokondriyal belirteçler kullanarak Doğu Akdeniz su kurbağalarındaki genetik çeşitliliğin filocoğrafik şemalarını değerlendirmek ve farklı jeolojik senaryolar kullanarak gruplar arasındaki farklılaşma zamanlarını tahmin etmek amacıyla bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda Akdeniz'in jeodinamiğine bağlı olarak allopatri yollu kademeli genetik değişimlerin meydana geldiğini, dağ sıralarının oluşumu ve levha hareketlerinin de coğrafi bariyerleri

meydana getirdiklerini ifade etmişlerdir. Kilikya Bölgesi olarak ifade edilen Adana, Mersin ve Osmaniye illerini de kapsayan bölgede ki soy hattının oluşan ilk soy hattı olduğunu ve Orta Toroslar'ın yükselmesi sonucunda meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kendi içerisinde iki grup olarak ayrılan bu soy hattının doğu grubunun ise Amanos Dağları'nın meydana gelişi ile ayrıldığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar filogenetik ve biyocoğrafik yönden Akın vd. (2010) çalışması ile benzetilmektedir.

Kornilios vd. (2011), Anadolu'da yayılış gösteren *Xerotyplops vermicularis* türü üzerinde mitokondriyal belirteçler kullanarak filogenetik ve biyocoğrafik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda tür içerisinde 5 farklı kladın varlığını belirlemişlerdir. Bu kladların içerisinde Toroslar'ın doğusundan elde edilen Mersin örnekleri ve Amanos örnekleri ayrı birer klad oluşturmuşlardır. Bu soy hatlarının oluşmasındaki nedenlerin Anadolu dağlarının oluşumu ve iklimde meydana gelen değişimler olduğunu ifade etmişlerdir.

Stümpel vd. (2016), Orta ve Yakın Doğu'da dağılım Gösteren *Montivipera* cinsinin filogenisi, Pliyosen-Pleistosen Dönemleri iklim dalgalanmalarındaki kullanılan sığınakların ve yüksek dağlık topografyanın tetiklediği farklılaşmayı araştırmak üzere mitokondriyal ve moleküler belirteçler kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu cinsin Orta ve Yakın Doğu'daki dağ sistemleri üzerinde meydana gelen allopatrik türleşmeler ve geçmişteki iklim dalgalanmalarının bu duruma etkilerini araştırmak için ideal bir model grup olduğunu söylemişlerdir. Çalışma sonucunda Anadolu'da dağılım gösteren *Montiviperalar*'ı *Montivipera xanthina* tür kompleksi içerisinde *M. xantina* tür grubu ve *Montivipera bornmuelleri* tür grubu olarak ikiye ayırmışlardır. Bu grupların coğrafi ayrımında Anadolu Diyagonali'nin yanı sıra, Toros Dağları'nı Mut ve Silifke arasında ikiye bölen Göksu nehrinin dağlık biyota için önemli bir bariyer olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma sonucunda Antalya ve diğer illerde görülen farklılıkta bu coğrafi bariyerin işlev gördüğü düşünülebilir.

Riemsdijk vd. (2017), *Ommatotriton* cinsi üzerinde mitokondriyal ve nükleer belirteçler kullanarak filocoğrafik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda *Ommatotriton vittatus* türüne ait 5 filocoğrafik grup belirlemişlerdir. Bu gruplardan ikisi

Adana Havzası ve Amanos Dağları üzerinde göstermektedir. Bu grupların oluşumunda ise Amanos Dağları'nın yükselmesinin rolü olduğunu ve Amanos Dağları'nın ayrıca güney yönlü yayılışta sınırladığını ifade etmişlerdir. Ayrıca cinsin Kuzey Anadolu ve Kafkasya'da dağılış gösteren diğer türleri de göz önüne alarak Anadolu Diyagonali'nin de coğrafi sınırları belirlemede etken rol oynadığını belirtmişlerdir. Bu çalışma sonucu elde edilen verilerde dağılım yönünden aynı durumu işaret etmektedir.

Kapli vd. (2013), Anadolu coğrafyası üzerinde yayılış gösteren *Apathya* cinsinin taksonomisini net şekilde ifade etmek ve türlerin gelişimsel tarihini ortaya koymak amacıyla mitokondriyal ve nükleer belirteçler kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda Anadolu içerisinde dağılış gösteren *Apathya cappadocica* türüne ait beş alt türün varlığını ortaya koymuş ve bu çeşitliliğin sebebi olarak Pontitler, Kafkaslar ve Toroslar'ı kapsayan büyük orojenez hareketleri olarak göstermiş ve bu hareketlerin vikaryant yollu farklılaşmaya sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Bahsedilen dağ zincirleri bu çalışmada elde edilen sonuçları göz önünde tutunca aynı eksende farklılaşmayı ortaya çıkarmıştır denilebilir.

Skourtanioti vd. (2016), mitokondriyal ve nükleer belirteçler kullanarak *Ablepharus kitaibelii* tür kompleksinin türleşme süreçlerini anlama ve güncel taksonların değişimsel tarihini ortaya koyma amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda Anadolu coğrafyası içerisinde görülen tür çeşitliliği üzerinde Anadolu Diyagonali'nin meydana gelişi, Toros ve Kuzey Anadolu Dağları'nın şekillenmesi ve İç Anadolu Göl Sistemleri'nin oluşumunun ciddi etkileri olduğunu ifade etmişlerdir. Akdeniz coğrafyası içerisinde dağılım gösteren *A. budaki* türünün farklılaşmasında Doğu Akdeniz'in paleocoğrafik tarihi boyunca tekrarlayan dispersal/vikaryans olaylarının, Toroslar'ın ve Amanoslar'ın rolünü ortaya koymuşlardır. Toroslar ve Amanoslar tür için coğrafi bariyerlerdir. Türün yayılış alanı bu çalışmadaki *Bufo verrucosissimus* türünün Akdeniz Bölgesi içerisindeki yayılış alanı ile aynı olduğu göz önüne alınca belirlenen tür içi farklılaşma Skourtanioti vd. (2016)'nin çalışması ile desteklenmektedir.

Ahmadzadeh vd. (2013a), Anadolu'da yayılış gösteren *Lacerta trilineata* tür grubu üzerine mitokondriyal belirteçler kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, bu

grupta var olan genetik çeşitliliği, coğrafik farklılıkları, farklı genetik soy hatlarının ne zaman oluştuğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Ayrıca elde edilen sonuçların, morfolojik olarak sınırlandırılmış alttürler ve dağılım alanının biyocoğrafik özellikleri ile uyumunu ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda Anadolu coğrafyası içerisindeki çeşitliliğin oluşmasında önceki çalışmalarda belirtildiği üzere Anadolu coğrafyasındaki dağların oluşumu ve iklimsel değişimlerin etkisinin var olduğunu açıklamışlardır.

Sindaco vd. (2014), Türkiye’de yayılış gösteren *Blanus strauchi* tür kompleksinin taksonomik revizyonu üzerine yaptıkları çalışma sonucunda elde edilen *Blanus strauchi* tür kompleksinde 3 ana monofiletik grup belirlemişlerdir. Fakat aralarında ilişki tam olarak çözülmemiştir. Batı olarak adlandırılan ilk grup Yunan Adaları ve Güneybatı Anadolu (Kuşadası’ndan Kaş’a kadar) sınırları içerisinde yayılış göstermektedir. Bu grup içerisinde ise batı (Ula’nın kuzeyi, Muğla şehri) ve doğu (Karaağaç, Fethiye-Kınık arası Pınar Başı’ndan Kaş’a kadar olan alan) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Batı alt grubu *B. strauchi*, doğu alt grubu ise *B. bedriagae* olarak adlandırılmıştır. Merkez olarak adlandırılan ikinci grup ise çalışma alanının tam ortasındaki Kilikya Bölgesi’dir (Anamur-Boztepe arası, Mersin). Bu grup *B. aporus* olarak isimlendirilmiştir. Üçüncü grup doğu grubu olarak adlandırılmış ve bu bölge içerisinde yeni bir tür tanımlanmıştır. Ayrıca Güneybatı Anadolu ve Kilikya Bölgesi gruplarının farklılaşmasını meydana getiren durumun jeocoğrafik etkenler ile şekillendiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada Antalya ve diğer iller arasında gözlenen farklılık Sindaco vd. (2014)’nin bahsettikleri jeocoğrafik etkenler sonucu meydana gelen farklılaşma ile benzerlik göstermektedir.

Bellati vd. (2015), Türkiye içerisinde dağılım gösteren *Anatololacerta* tür kompleksi üzerine yaptıkları çalışma sonucunda tür kompleksi üzerinde gözlenen tür ve alttür çeşitliliğinin bölgenin topografik yapısı, buzul dönemi iklim dalgalanmaları ve bu dönemde sığınak görevi gören alanlar ile şekillendiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, Batı Torosların Ege ve Akdeniz Bölgesi içerisinde gözlenen farklı türlerin meydana gelişinde rol oynayan coğrafi bariyer olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada da *Bufo bufo* ve *Bufo verrucosissimus* türlerinin sırasıyla Ege ve Akdeniz Bölgeleri içerisinde dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Dağılım sınırları incelendiğinde Batı Toroslar’ın tıpkı

Anatololacerta tür kompleksinde olduğu gibi türlerin dağılımını sınırlayan bir biyocoğrafik bariyer görevi gördüğü gözlenmiştir.

Akdeniz Bölgesi içerisinde yayılış gösteren amfibi ve sürüngen türleri ile yapılan farklı filogenetik ve biyocoğrafik çalışmaların sonuçları da yukarıda bahsedilen çalışmalar ile aynı eksende buluşmuştur (Fritz vd., 2007; Kyriazi vd., 2008; Gvozdik vd., 2010; Kornilios vd., 2012; Ahmadzadeh vd., 2013b). Bu bağlamda *B. verrucosissimus* türünün Akdeniz Bölgesi içerisindeki popülasyonlarının, Kafkasya popülasyonları ile gösterdiği genetik farklılığı açıklamada göz önüne alınacak noktalar jeomorfolojik, jeoklimatik ve biyocoğrafik geçmişlerdir.



5. ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında örneklenen coğrafi alanlarda var olan türler ve filogenetik ilişkiler ortaya koyulmasına rağmen türlerin arasında olması muhtemel sekonder kontak zonlar (hibrit zonlar) hakkında bir değerlendirme yapılmamıştır. İleriki dönemlerde Ege ve Batı Akdeniz Bölgeleri arasında var olması muhtemel sekonder kontak zonlar belirlenerek, türler arasındaki hibritleşme düzeyi, kontak zonların coğrafi büyüklüğü ve türler arası gen akışı araştırabilecek bir konudur.



KAYNAKLAR

- Abell, R., Thieme, M.L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Boguskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S.C., Bussing, W., Stiassny, M.L.J., Skelton, P., Allen, G.R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindrof, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J.V., Heibel, T.J., Wikramanayake, E., Olson, D., Lopez, H.L., Reis, R.E., Lundberg, J.G., Sabaj Perez, M.H. and Petry, P., 2008.** Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5), 403-414. DOI: 10.1641/B580507
- Adams, C.G., Gentry, A.W., and Whybrow, P.J., 1983.** Dating the terminal Tethyan event. *Utrecht Micropaleontol. Bull*, 30, 273-298.
- Agnese, J.F., Adepo-Gourene, B., Aban, E.K. and Fermon, Y., 1997.** Genetic differentiation among natural populations of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Teleostei, Cichlidae). *Heredity*, 79, 88-96.
- Ahmadzadeh, F., Flecks, M., Carretero, M.A., Böhme, W., Ilgaz, Ç., Engler, J.O., Harris, D.J., Üzümlü, N. and Rödder, D., 2013a.** Rapid lizard radiation lacking niche conservatism: ecological diversification within a complex landscape. *Journal of Biogeography*, 40, 1807-1818. DOI: 10.1111/jbi.12121
- Ahmadzadeh, F., Flecks, M., Rödder, D., Böhme, W., Ilgaz, Ç., Harris, D.J., Engler, J.O., Üzümlü, N. and Carretero, M.A., 2013b.** Multiple dispersal out of Anatolia: biogeography and evolution of oriental green lizards. *Biological Journal of the Linnean Society*, 110, 398-408. DOI: 10.1111/bij.12129
- Akaike, H., 1974.** A New Look at the Statistical Model Identification, *IEEE Trans, Aut, Control*, 19, 716-723.
- Akın, Ç., Bilgin, C.C., Beerli, P., Westaway, R., Ohst, T., Litvinchuk, S.N., Uzzell, T., Bilgin, M., Hotz, H., Guex, G.D. and 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. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2010.02368.x
- Anderson, S., Bankier, A.T., Barrel, B.G., de Bruijn, M.H., Coulson, A.R., Drouin, J., Eperon, I.C., Nierlich, D.P., Roe, B.A., Sanger, F., Schreier, P.H., Smith, A.J., Staden, R. and Young, I.G., 1981.** Sequence and organization of the human mitochondrial genome. *Nature*, 290(5806), 457-465.
- Ansell, S.W., Stenoi, H.K., Grundmann, M., Russell, S.J., Koch, M.A., Schneider, H. and 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. DOI: 10.1093/aob/mcr134

- Arntzen, W.J., Recuero, E., Canestrelli, D. and Solano, I.M., 2013a.** How complex is the *Bufo bufo* species group. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69, 1203-1208. DOI: 0.1016/j.ympev.2013.07.012
- Arntzen, W.J., McAtear, J., Recuero, E., Ziermann J.M., Ohler, A., Van Alphen, J. and Solano, I.M., 2013b.** Morphological and genetic differentiation of *Bufo* toads: two cryptic species in Western Europe (Anura, Bufonidae). *Contributions to Zoology*, 82(4), 147-169.
- Arntzen, J.W., Wilkinson, W.J., Butot, R. and Solano, I.M., 2014.** A new vertebrate species native to the British Isles: *Bufo spinosus* Daudin, 1803 in Jersey. *Herpetological Journal*, 24, 209-216.
- Arntzen, J.W., Trujillo, T., Butot, R., Vrieling, K., Schaap, O., Rodriguez, J.G. and Solano, I.M., 2016.** Concordant morphological and molecular clines in a contact zone of the common and spined toad (*Bufo bufo* and *B.spinusus*) in the northwest of France. *Frontiers in Zoology*, 13(52). DOI: 10.1186/s12983-016-0184-7
- Arntzen, J.W., De Vries, W., Canestrelli, D. and Solano, I.M., 2017.** Hybrid Zone Formation and Contrasting outcomes of secondary contact over transect in Common Toads. *Molecular Ecology*, 1-13.
- Arntzen, J.W., McAtear, J., Butot, R. and Solano, I.M., 2018.** A common toad hybrid zone that runs from the Atlantic to the Mediterranean. *Amphibia-Reptilia*, 39(1). DOI: 10.1163/15685381-00003145
- Avise, J.C., 1994.** Molecular markers, natural history and evolution. Chapman and Hall, ISBN: 978-1-4615-2381-9, 507 s., 57-59.
- Avise, J.C., Arnold, J., Ball, R.M., Bermingham, E., Lamb, T., Neigel, J.E., Reeb, C.A. and Saunders, N.C., 1987.** Intraspecific phylogeography: the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 489-522. DOI: 10.1146/annurev.es.18.110187.002421
- Bahadır, M. and Emet, K., 2013.** Mapping of the dispersion areas of vertebrate endemic fauna elements spreading in Anatolia with gis. *The Journal of International Social Research*, 6, 1-24.
- Baran, İ., 2005.** Türkiye Amfibileri ve Sürüngenleri. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu yayınları, yayın no: 207, 1. Baskı, ISBN: 975-403-356-0, 165 s., 1-25.
- Başaran, A., 2010.** Tıbbi Biyoloji. Pelikan yayınları, 8. Baskı, ISBN: 978-605-89142-1-6, 584 s., 10-99.
- Başbüyük, H.H., Bardakçı, F., Belshaw, R. and Quicke, D.L.J., 2000.** Phylogenetic Systematics. Önder Matbaa, First Edition, ISBN: 975-93823-0-X, 134 s., 3-4.

- Beebee, T. And Griffiths, R., 2000.** The New Naturalist Amphibians and Reptiles- A Natural History of the British Herpetofauna. Harper Collins Publishers, ISBN: 9780002200837.
- Bellati, A., Carranza, S., Garcia-Porta, J., Fasola, M. and Sindaco, R., 2015.** Cryptic diversity within the *Anatololacerta species* complex (Squamata: Lacertidae) in the Anatolian Peninsula: Evidence from a multi-locus approach. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 82, 219-233. DOI: 10.1016/j.ympev.2014.10.003
- 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.
- Birky, C.W., Maruyama, T. and Fuerst, P., 1983.** An approach to population and evolutionary genetic theory for genes in mitochondria and chloroplasts, and some results. *Genetics*, 103(3), 513-527.
- Blaxter, M.L., 2004.** The promise of DNA taxonomy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 359, 669-679. DOI: 10.1098/rstb.2003.1447
- Blondel, J. and Aronson, J., 1995.** Biodiversity and ecosystem function in th Mediterranean Basin: human and non-human determinants. *Biodiversity and ecosystem function in Mediterranean type ecosystems*. Springer-Verlag, ISBN: 978-3-642-78883-3, 368 s., 43-119.
- Borkin, L.J. and Veith, M., 1997.** *Bufo bufo* Linneaus, 1758. *Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe*, 118-119.
- Carvalho, G.R. and Pitcher, T.J., 1995.** *Molecular genetics in fisheries*. First edition. Chapman and Hall, London. ISBN 978-94-011-1218-5, 135 s., 81-105.
- Covas, R. and Blondel, J., 1998.** Biogeography and history of the Mediterranean bird fauna. *International Journal of Avian Science*, 140(3), 395-407. DOI: 10.1111/j.1474-919X.1998.tb04600.x
- Cracraft, J., 1989.** Speciation and its ontology: The empirical consequences of alternative species concepts for understanding patterns and processes of differentiation. *Speciation and its consequences*, Sinauer Associates, Sunderland, MA, In D. Otte and J. A. Endler (eds.), 29-59.
- 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.** Biogeography of Anatolia: the marker group Orthoptera. *Memorie della Societa Entomologica Italiana*, 82, 357-372.

- Çıplak, B., Demirsoy, A. and Bozcuk, A.N., 1993.** Distribution of orthoptera in relation to the anatolian diagonal in Turkey. *Articulata*, 8, 1-20.
- Davis, P.H., 1971.** Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism. *The Botanical Society of Edinburgh*, 15-27.
- De Jong, H., 1998.** In search of historical biogeographic patterns in the western Mediterranean terrestrial fauna. *Biological Journal of the Linnean Society*, 65(2), 99-164. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1998.tb00353.x
- De Queiroz, K., 2007.** Species Concepts and Species Delimitation. *Systematic Biology*, 56(6), 879-886.
- Delibes-Mateos, M., Delibes, M., Ferreras, P. and Villafuerte, R., 2008.** Key Role of European Rabbits in the Conservation of the Western Mediterranean Basin Hotspot. *Society for Conservation Biology*, 22(5), 1106-1117. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.00993.x
- Demirsoy, A., 2008.** Genel Zoocoğrafya Ve Türkiye Zoocoğrafyası ‘Hayvan Coğrafyası’. *Meteksan A. Ş.*, yayın no: 08-06-Y-0057-02, 7. Baskı, ISBN: 978-975-7746-33-1, 1007 s., 199-253.
- Dercourt, J., Zonenshain, L.P., Ricou, L.E., Kazmin, V.G., Le Pichon, X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbertshikov, I.M., Geysant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D.H., Boulin, J., Sibuet, J.C., Savostin, L.A., Sorokhtin, O., Westphal, M., Bazhenov, M.L., Lauer, J.P. and Biju-Duval, B., 1986.** Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. *Tectonophysics*, 123, 241-315. DOI: 10.1016/0040-1951(86)90199-X
- Dewey, J., Pitman, W.C., Ryan, W.B.F. and Bonnin, J., 1973.** Plate tectonics and the Evolution of the Alpine System. *Geological Society of America Bulletin*, 84(10), 3137-3180. DOI: 10.1130/0016-7606(1973)84<3137:PTATEO>2.0.CO;2
- Di Castri, F. and Money, H.A., 1973.** Mediterranean type ecosystems. Origin and structure. *Chapman & Hall, London*, ISBN: 978-3-642-65520-3, 408 s., 15-16.
- Dobzhansky, T., 1937.** *Genetics and the origin of species*. Columbia University Press, New York.
- Du Rietz, G.E., 1930.** The fundamental units of biological taxonomy. *Svensk. Bot. Tidskr*, 24, 333-428.
- Dubey, S., Zaitsev, M., Cosson, J.F., Abdulkadier, A. and Vogel, P., 2006.** Pliocene and Pleistocene diversification and multiple refugio in a Eurasian shrew (*Crocidura suaveolens* group). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38, 635-647. DOI: 10.1016/j.ympev.2005.11.00
- Duellman, E.W. and Trueb, L., 1994.** *Biology of Amphibians*. The John Hopkins Universty Press, ISBN: 0-8018-4780-X, 670 s., 1-551.

- Düſen., S., 2011.** The helminth parasites of the two bufonid toads, European Common Toad, *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758) and European Green toad, *Bufo* (Pseudepidalea) *viridis* Laurenti, 1768 (Anura: Bufonidae), collected from Denizli Province, Inner-West Anatolia Region, Turkey. *Helminthologia*, 48(2), 101-107.
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D.T. ve Lise, Y., 2006.** Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları, Doğa Derneği, ISBN: 978-975-98901-3-1, 79 s., 24-25.
- Ekim, T. and Güner, A., 1986.** The Anatolian diagonal: factorfiction. *Biological Sciences*, 89, 69-77.
- Ferguson, A., Taggart, B., Prodöhl, P.A., McMeel, O., Thompson, C., Stone, C. and Graves, J.E., 1998.** Molecular insights into the population structures of cosmopolitan marine fishes. *Journal of Heredity*, 89(5), 427-437. DOI: 10.1093/jhered/89.5.427
- Fernandez-Silva, P., Enriquez, J.A. and Montoya, J., 2003.** Replication and transcription of mammalian mitochondrial DNA. *Experimental Physiology*, 88(1), 41-56.
- Freeman, S. ve Herron, C.J., 2002.** Evrimsel Analiz. Palme Yayıncılık, 2. Baskı, yayın no: 230, ISBN: 975-8624-42-3, 708s., Çıplak, B. (Ç. Ed.), Karaytuğ, S. (Ç. Ed.), Gündüz, İ. (Ç. Ed.), Başıbüyük, H.H. (Ç. Ed.), 200-205.
- Freeman, S. ve Herron, J.C., 2009.** Evrimsel Analiz. Palme yayıncılık, yayın no: 527, 2. Baskı, ISBN: 978-605-5829-53-7, 838 s., Çıplak, B. (Ç. Ed.), Başıbüyük, H.H. (Ç. Ed.), Karaytuğ, S. (Ç. Ed.), Gündüz, İ. (Ç. Ed.), 698.
- Freeman, S., 2012.** *Biological Science*. Pearson Education INC, Fourth Edition. ISBN: 0-321-69084-2, 1127 s., 457-473.
- Fritz, U., Harris, D.J., Fahd, S., Rouag, R., Martinez, E.G., Casalduero, A.G., Siroky, P., Kalboussi, M., Jdeidi, T.B. and Hundsörfer, A.K., 2009.** Mitochondrial phylogeography of *Testudo graeca* in the Western Mediterranean: old complex divergence in North Africa and recent arrival to Europe. *Amphibia-Reptilia*, 30, 63-80.
- Fritz, U., Hundsörfer, A.K., Siroky, P., Auer, M., Kami, H., Lehmann, J., Mazanaeva, L.F., Türkozan, O. and Wink, M., 2007.** Phenotypic plasticity leads to incongruence between morphology-based taxonomy and genetic differentiation in western Palaearctic tortoises (*Testudo graeca* complex; Testudines, Testudinidae). *Amphibia-Reptilia*, 28, 97-121.
- Futuyma, J.D., 2008.** Evrim. Palme Yayıncılık, 1.Baskı, yayın no: 479, ISBN: 978-9944-341-84-4, 611s., Kence, A. (Ç. Ed.), Bozcuk, N. (Ç. Ed.), 355-357.
- Gamlin, L., 2012.** Evrim. Tübitak, Popüler Bilim Kitapları, 12.Baskı, yayın no: 116, ISBN: 975-403-173-8, 64s., Aksu, B. (Ç. Ed.), 1-6.

- Garcia-Porta, J., Litvinchuk, S.N., Crochet, P.A., Romano, A., Geniez, P.H., Lo-Valvo, M., Lymberakis, P. and Carranza, S., 2012.** Molecular phylogenetics and historical biogeography of the west-palearctic common toads (*Bufo bufo* species complex). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 63, 113-130. DOI: 10.1016/j.ympev.2011.12.019
- Geiger, M.F., Herder, F., Monaghan, M.T., Almada, V., Barbieri, R., Bariche, M., Berrebi, P., Bohlen, J., Casal-Lopez, M., Delmastro, G.B., Denys, G.P.J., Dettai, A., Doadrio, I., Kalogianni, E., Karst, H., Kottelat, M., Kovacic, M., Laporte, M., Lorenzoni, M., Marcic, Z., Özuluğ, M., Perdices, A., Perea, S., Persat, H., Porcelotti, S., Puzzi, C., Robalo, J., Sanda, R., Schneider, M., Slechtova, V., Stoumboudi, M., Walter, S. and Freyhof, J., 2014.** Spatial heterogeneity in the Mediterranean Biodiversity Hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes. *Molecular Ecology Resources*, 14, 1210-1221. DOI: 10.1111/1755-0998.12257
- Goebel, A.M., Donnelly, J.M. and Atz, M.E., 1999.** PCR Primers and Amplification Methods for 12S Ribosomal DNA, the Control Region, Cytochrome Oxidase I, and Cytochrome b in Bufonids and Other Frogs, and an Overview of PCR Primers which Have Amplified DNA in Amphibians Successfully, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 11(1), 163-199. DOI: 10.1006/mpev.1998.0538
- Gül, S., 2012.** Türkiye'deki *Hyla orientalis* ve *Hyla savignyi* Türlerinin Mitokondriyal ve Nükleer Genler Kullanılarak Moleküler Düzeyde Karşılaştırılması. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 91s., 1.
- Gül, S., 2013.** Ecological divergence between two evolutionary lineages of *Hyla savignyi* (Audouin, 1827) in Turkey: effects of the Anatolian Diagonal. *Animal Biology*, 63, 285-295. DOI: 10.1163/15707563-00002412
- Gündüz, İ., Jaarola, M., Tez, C., Yenyurt, C., Polly, P.D. and Searle, J.B., 2007.** Multigenic and morphometric differentiation of ground squirrels (Spermophilus, Scuridae, Rodentia) in Turkey. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43, 916-935. DOI: 10.1016/j.ympev.2007.02.021
- 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.
- Gür, H., 2016.** The Anatolian diagonal revisited: testing the ecological basis of a biogeographic boundary. *Zoology in the Middle East*, 62, 189-199. DOI: 10.1080/09397140
- Gür, H., 2017a.** Anadolu diyagonalı: Bir Biyocoğrafi Sınırın Anatomisi. *Kebikeç*, 43, 177-188.

- Gür, H., 2017b.** Geç Kuvaterner Buzul Buzullar Arası Döngülerinin Anadolu'nun Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Etkileri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 60, 507-528. DOI: 10.25288/tjb.363813
- Gür, Ü., 2014.** Türkiye'de Dağılım Gösteren Gadidae Türlerinin mtDNA Sekans Analiz Yöntemiyle Moleküler Filogenetik Yapısının Belirlenmesi. Yüksek Lisans. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, Türkiye, 79 s., 27.
- Gvozdik, V., Moravec, J., Klütsch, K. and Kotlik, P., 2010.** "Phylogeography of the Middle Eastern tree frogs (*Hyla*, Hylidae, Amphibia) as inferred from nuclear and mitochondrial DNA variation, with a description of a new species". Molecular Phylogenetics and Evolution, 55(3), 1146-1166. DOI: 10.1016/j.ympev.2010.03.015
- Hall, T., 2011.** BioEdit-Biological Sequence Alignment Editor, Carlsbad, CA: Ibis Biosciences.
- Hall, T.A., 1999.** "BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT", Nucleic acids symposium series, 41, 95-98.
- Harrison, R.G., 1998.** Linking evolutionary pattern and process: the relevance of species concepts for the study of speciation. Oxford University Press, ISBN: 0-19-510901-5, 475 s., 272.
- Harzhauser, M., Kroh, A., Mandic, O., Piller, W.E., Göhlich, U., Reuter, M. and Berning, B., 2007.** Biogeographic responses to geodynamics: A key study all around the Oligo-Miocene Tethyan Seaway. Zoologischer Anzeiger, 246, 241-256. DOI: 10.1016/j.jcz.2007.05.001
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball S.L., DeWaard, J.R., 2003.** Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 270(1512), 313-321. DOI: 10.1098/rspb.2002.2218
- Henning, W., 1950.** Grundzüge einer theorie der phylogenetischen Systematik. Deutscher Zen-trolverlog, Berlin.
- Hettyey, A., Vagi, B., Török, J. and Hoi, H., 2012.** Allocation in reproduction is not tailored to the probable number of matings in common toad (*Bufo bufo*) males. Behavioral Ecology and Sociobiology, 66, 201-208.
- Hewitt, G.M., 1996.** Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. Biological Journal of the Linnean Society, 53(3), 247-276. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1996.tb01434.x
- Hewitt, G.M., 2000.** The genetic legacy of the Quaternary ice ages. Nature International Journal of Science, 405, 907-913. DOI: 10.1038/35016000

- Hewitt, G.M., 2011.** Mediterranean peninsulas: the evolution of hotspots. *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. Springer, 123-147.
- Hou, Z. and Li, S., 2018.** Tethyan changes shaped aquatic diversification. *Biological Reviews*, 93, 874-896. DOI: 10.1111/brv.12376
- Huelsenbeck, J.P and Ronquist, F., 2001.** MRBAYES: Bayesian Inference of Phylogenetic Trees, *Bioinformatics*, 17(8), 754-755.
- Huston, M.A., 1994.** *Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. Cambridge University Press, ISBN: 0521360935, 681 s.
- İlhan, E., Özgür, S., Tuna, G., Eren, A.H., Karahan, F., Tuna, M. and Erayman, M., 2017.** Nuclear DNA Content Variation Among Glycyrrhiza Taxons Collected From East Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(5), 3251-3256.
- Jae-Heup, K., Eizirik, E., O'Brien, S.J. and Johnson, W.E., 2001.** Structure and patterns of sequence variation in the mitochondrial DNA control region of the great cats. *Mitochondrion*, 1(3), 279-292. DOI: 10.1016/S1567-7249(01)00027-7
- Janczewski, D.N., Modi, W.S., Stephens, J.C. and Q'Brien, S.J., 1995.** Molecular evolution of mitochondrial 12S RNA and cytochrome b sequences in the pantherine lineage of Felidae. *Molecular biology and evolution*, 12(4), 690-707. DOI: 10.1093/oxfordjournals.molbev.a040232
- Jandzik, D., Avcı, A. and Gvozdik, V., 2013.** Incongruence between taxonomy and genetics: three divergent lineages within two subspecies of the rare Transcaucasian rat snake (*Zamenis hohenackeri*). *Amphibia-Reptilia*, 34, 579-584. DOI: 10.1163/15685381-00002911
- Jandzik, D., Jablonski, D., Zinenko, O., Kukushkin, O.V., Moravec, J. and Gvozdik, V., 2017.** Pleistocene extinctions and recent expansions in an anguid lizard of the genus *Pseudopus*. *Zoologica Scripta*, 47, 21-32. DOI: 10.1111/zsc.12256
- Jetz, W. and Phyron, A., 2018.** The interplay of past diversification and evolutionary isolation with present imperilment across the amphibian tree of life. *Nature*, 2, 850-858. DOI: 10.1038/s41559-018-0515-5
- Jolivet, L. and Faccenna, C., 2000.** Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision. *Tectonics*, 19, 1095-1106. DOI: 10.1029/2000TC900018
- Kapli, P., Botoni, D., Ilgaz, Ç., Kumlutaş, Y., Avcı, A., Pouyani, N.R., Fathinia, B., Lymberakis, P., Ahmadzadeh, F. and Poulakakis, N., 2013.** Molecular phylogeny and historical biogeography of the Anatolian lizard *Apathya* (Squamata, Lacertidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66, 992-1001. DOI: 10.1016/j.ympev.2012.12.002

- Kara, D., 2014.** Türkiye'nin Bazı Tatlı Su Göllerinde Yayılış Gösteren Ponto-Caspian Kökenli *Potamothrix hammoniensis*'in (Clitellata) Filocoğrafyası ve Coğrafik Genetik Analizi. Yüksek Lisans. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 109 s., 7-8.
- Keeton, W., Gould, C. ve Gould, J., 2003.** Genel Biyoloji 1. Palme yayıncılık, yayın no: 247, 2. Baskı, ISBN: 975-7477-58-3, 583 s., Demirsoy, A. (Ç. Ed.), Türkan, İ. (Ç. Ed.), Gündüz, E. (Ç. Ed.), 494-526.
- Keeton, W., Gould, C. ve Gould, J., 2004.** Genel Biyoloji 2. Palme yayıncılık, yayın no: 154, 2. Baskı, ISBN: 975-7477-61-3, 1194 s., Demirsoy, A. (Ç. Ed.), Türkan, İ. (Ç. Ed.), Gündüz, E. (Ç. Ed.), 1190-1194.
- Keskin, M., 2007.** Eastern Anatolia: a hotspot in a collision zone without a mantle plume. Geo science World, 430. DOI: 10.1130/2007.2430(32)
- Kızıroğlu, İ., 2010.** Genel Biyoloji. Okutman yayınları, yayın no: 07, 7. Baskı, ISBN: 978-605-58-84-21-5, 607 s., 482-525.
- Klausmeyer, K.R. and Shaw, M.R., 2009.** Climate Change, Habitat Loss, Protected Areas and the Climate Adaptation Potential of Species in Mediterranean Ecosystems Worldwide. Plos one, 4(7), e6392. DOI: 10.1371/journal.pone.0006392
- Klug, W.S. and Cummings, M.R., 2000.** Concepts of Genetics. Prentice Hall, 6th Edition, ISBN: 0130857025, 816 s., 312-315.
- Kondraskov, P., Schütz, N., Schübler, C., Sequeira, M.M., Guerra, A.S., Caujape-Castells, J., Jaen-Molina, R., Marrero-Rodriguez, A., Koch, M.A., Linder, P., Kovar-Eder, J. and Thiv, M., 2015.** Biogeography of Mediterranean Hotspot Biodiversity: Re-Evaluating the 'Tertiary Relict' Hypothesis of Macaronesian Laurel Forests. Plos one, 10(7), e0132091. DOI: 10.1371/journal.pone.0132091
- Kornilios, P., Ilgaz, C., Kumlutas, Y., Giokas, S., Fraguedakis-Tsolis, S. and Chondropoulos, B., 2011.** The role of Anatolian refugia in herpetofaunal diversity: an mtDNA analysis of *Typhlops vermicularis* Merrem, 1820 (Squamata, Typhlopidae). Amphibia-Reptilia, 32(3), 351-363. DOI: 10.1163/017353711X579858
- Kornilios, P., Ilgaz, Ç., Kumlutas, Y., Lymberakis, P., Moravec, J., Sindaco, R., Rastegar-Pouyani, N., Afroosheh, M., Giokas, S., Fraguedakis-Tsolis, S. and Chondropoulos, B., 2012.** Neogene climatic oscillations shape the biogeography and evolutionary history of the Eurasian blindsnake. Molecular Phylogenetics and Evolution, 62, 856-873.
- Kostopoulos, D.S. and Koufos, G.D., 2000.** Palaeoecological remarks on Plio-Pleistocene mammalian faunas. Comparative analysis of several Greek and European assemblage, Mediterranean Neogene cyclostratigraphy in marine-continental deposits. Bulletin of the Geological Society of America, 9, 139-150.

- Koufos, G.D., Kostopoulos, D.S. and Vlachou, T.D., 2005.** Neogene/Quaternary mammalian migrations in Eastern Mediterranean. *The Belgian Journal of Zoology*, 135(2), 181-190.
- Krijgsman, W., 2002.** The Mediterranean: Mare Nostrum of Earth sciences. *Earth and Planetary Science Letters*, 205, 1-12.
- Kuhn, S., Stiner, M. and Baykara, I., 2017.** The Palaeolithic Sequence in Southeast Turkey. *Quaternary of the Levant: Environments, Climate Change, and Humans* Cambridge: Cambridge University Press, 549-554. DOI: 10.1017/9781316106754.060
- Kuru, M., 2004.** Omurgalı Hayvanlar. Palme Yayıncılık, 7. Baskı, yayın no:305, ISBN: 975-7477-52-4, 841 s., 1-320.
- Kutrup, B., Yılmaz, N., Çanakcı, S., Belduz, A.O. and Doglio, S., 2006.** Intraspecific variation of *Bufo bufo*, based on 16S Ribosomal RNA sequences. *Amphibia-Reptilia*, 27, 268-273.
- Kyriazi, P., Poulakakis, N., Parmakelis, A., Crochet, P.A., Moravec, J., Pouyani, N.R., Tsigenopoulos, C.S., Magoulas, A., Mylonas, M. and Lymberakis, P., 2008.** Mitochondrial DNA reveals the genealogical history of the snake-eyed lizards (*Ophisops elegans* and *O. occidentalis*) (Sauria: Lacertidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49, 795-805. DOI: 10.1016/j.ympev.2008.08.021
- Litvinchuk, N.S., Borkin, L., Skorinov, V.D. and Rosanov, J.M., 2008.** A new species of common toads from the talysh mountains, south-eastern caucasus: genome size, allozyme, and morphological evidences. *Russian Journal of Herpetology*, 15(1), 19-43
- Lopez, J.V., Yuhki, N., Masuda, R., Modi, W. and O'Brien, S.J., 1994.** Numt, a recent transfer and tandem amplification of mitochondrial DNA to the nuclear genome of the domestic cat. *Journal of Molecular Evolution*, 39(2), 174-190.
- Lüscher, B., Grossenbacher, K. and Scholl, A., 2001.** Genetic differentiation of the common toad (*Bufo bufo*) in the Swiss Alps. *Amphibia-Reptilia*, 22(2), 141-154. DOI: 10.1163/15685380152030373
- Macey, J.R., Schulte, J.A., Larson, A., Fang, Z., Wang, Y., Tuniyev, B.S. and Papenfuss, T.J., 1998.** Phylogenetic Relationships of Toads in the *Bufo bufo* Species Group from the Eastern Escarpment of the Tibetan Plateau: A Case of Vicariance and Dispersal. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 9(1), 80-87.
- Maes, G.E., Van Houdt, J.K.J., De Charleroy, D. and Volckaert, F.A.M., 2003.** Indications for a recent Holarctic expansion of pike based on a preliminary study of mtDNA variation. *Journal of Fish Biology*, 63, 254-259. DOI: 10.1046/j.1095-8649.2003.00140.x

- Mayr, E., 1942.** Systematics and the origin of species from the viewpoint of a zoologist. Columbia University Press, New York.
- Medail, F. and Verlaque, R., 1997.** Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 80, 269-281.
- Medail, F. and Quezel, P., 1999.** Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 13(6), 1510-1513.
- Meulenkamp, J.E. and Sissingh, W., 2000.** Atlas Peri-Tethys, Palaeogeographical Maps. Tertiary, 13, 153-268.
- Meulenkamp, J.E. and Sissingh, W., 2003.** Tertiary palaeogeography and tectonostratigraphic evolution of the Northern and Southern Peri-Tethys platforms and the intermediate domains of the African-Eurasian convergent plate boundary zone. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 196, 209-228.
- Mikulicek, P., Jandzik, D., Fritz, U., Schneider, C. and Siroky, P., 2013.** AFLP analysis shows high incongruence between genetic differentiation and morphology-based taxonomy in a widely distributed tortoise. *Biological Journal of the Linnean Society*, 108, 151-160.
- Mills, L.S., Pilgrim, K.L., Schwatz, M.K. and McKelvey, K., 2000.** Identifying lynx and other North American felids based on MtDNA analysis. *Conservation genetics*, 1, 285-288.
- Mittermeier, R.A., Myers, N., Mittermeier, C.G. and Robles, G.P., 1999.** Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico City, ISBN: 9686397582, 431 s., 10.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J. and da Fonseca, G.A.B., 2005.** Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions., Mexico City, 392 s., 111.
- Mutun, S., 2010.** Intraspecific Genetic Variation and Phylogeography of the Oak Gallwasp *Andricus caputmedusae* (Hymenoptera: Cynipidae): Effects of the Anatolian Diagonal. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 56, 153-172.
- Myers, N., 1988.** Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *The Environmentalist*, 8(3), 187-208.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A. and Kent, J., 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. DOI: 10.1038/35002501

- Nauta, M.J. and Weissing, F.J., 1996.** Constraints on Allele Size at Microsatellite Loci: Implications for Genetic Differentiation. *Genetics*, 143(2), 1021-1032.
- Nylander, J.A.A., 2004.** “MrModeltest v2. Program distributed by the author”, Evolutionary Biology Centre, Uppsala University.
- Oosterbroek, P. and Arntzen, J.W., 1992.** Area-cladograms of circum-Mediterranean taxa in relation to Mediterranean palaeogeography. *Journal of Biogeography*, 19, 3-20.
- Orlova, V.F. and Tuniyev B.S., 1989.** On the taxonomy of the Cacasian Common Toads belonging to the group *Bufo verrucosissimus verrucosissimus* (Pallas) (Amphibia, Anura, Bufonidae). *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody*, 94, 13-24.
- Özdemir, N., 2005.** Siğilli Kurbağa (*Bufo bufo*)’nın Morfolojik ve Moleküler Açından İncelenmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 95s., 4-5.
- Padial, J.M., Miralles, A., De la Riva, I. and Vences, M., 2010.** Review: the integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology*, 7, 1-14. DOI: 10.1186/1742-9994-7-1
- Palumbi, S.R., Martin, A., Romano, S., McMillan, W.O., Stice, L. and Grabowski, G., 1991.** “The Simple Fool’s Guide to PCR, Version 2.0.” Privately published document compiled by S. Palumbi. Department of Zoology, 96822.
- Panawala, L., 2017.** Difference between mitochondrial DNA and nuclear DNA. *Pediaa*, 1-13.
- Perktaş, U., 2017.** Filocoğrafya: Coğrafi Varyasyon Örüntüleriyle Geçmiş Bakmak. *Kebikeç*, 43, 143-156.
- Plötner, J., Ohst, T., Böhme, W., Schreiber, R., 2001.** Divergence in mitochondrial DNA of near Eastern water frogs with special reference to the systematic status of Cypriote and Anatolian populations (Anura, Ranidae). *Amphibia-Reptilia*, 22, 397-412. DOI: 10.1163/15685380152770363
- Popov, S.V., Ilyina, L.B., Paramonova, N.P. and Goncharova, I.A., 2004.** Lithological-paleogeographic maps of Paratethys. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg*, 250, 1-46.
- Popov, S.V., Shcherba, I.G., Ilyina, L.B., Nevesskaya, L.A., Paramonova, N.P., Khondkarian, S.O. and Magyar, I., 2006.** Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 91-106. DOI: 10.1016/j.palaeo.2006.03.020

- Quezel, P., 1978.** Analysis of the flora of the Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 65, 479-534. DOI: 10.2307/2398860
- Quezel, P., 1985.** Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. *Plant conservation in the Mediterranean area. Geobotany*, 7, 9-24.
- Rambaut, A., 2012.** “Figtree version 1.4.0 [Internet]”, Available from: <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/> (last accessed March 29, 2013).
- Raven, P.H., Johnson, G.B., Mason, K.A., Losos, J.B. and Singer, S.R., 2011.** *Biology*. The McGraw-Hill Companies, Inc, 9th Edition, ISBN: 978-0-07-122206-8, 1279 s., 396-729.
- Recuero, E., Canestrelli, D., Vörös, J., Szabo, K., Poyarkov, N.A., Arntzen, J.W., Isailovic, J.C., Kidov, A.A., Coga Iniceanu, D., Caputo, F.P., Nascetti, G. and Solano, I.M., 2012.** Multilocus species tree analyses resolve the radiation of the widespread *Bufo bufo* species group (Anura, Bufonidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62, 71-86. DOI: 10.1016/j.ympev.2011.09.008
- Riemsdijk, I.V., Arntzen, J.W., Bogaerts, S., Franzen, M., Litvinchuk, S N., Olgun, K. and Wielstra, B., 2017.** The Near East as a cradle of biodiversity: A phylogeography of banded newts (genus *Ommatotriton*) reveals extensive inter- and intraspecific genetic differentiation. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 114, 73-81. DOI: 10.1016/j.ympev.2017.05.028
- Robertson, A.H.F. and Dixon, J.E., 1984.** Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. *Geological Society, Special Publications*, 17, 1-74. DOI: 10.1144/GSL.SP.1984.017.01.02
- Robertson, A.H.F., 2000.** Mesozoic–Tertiary tectonic–sedimentary evolution of a South Tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey. *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications*, 173 s., Bozkurt, E. (Ç. Ed.), Winchester, J. A. (Ç. Ed.), Piper, J. D.(Ç. Ed.), 43-82.
- Robertson, A.H.F., Ünlügenç, U.C., Inan, N. and Tasli, K., 2004.** The Misis–Andirin Complex: a Mid-Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 22, 413-453.
- Robertson, A.H.F., Ustaömer, T., Parlak, O., Ünlügenç, U.C., Taşlı, K. and İnan, N., 2006.** The Berit transect of the Tauride thrust belt, S Turkey: Late Cretaceous – Early Cenozoic accretionary/collisional processes related to closure of the Southern Neotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 108-145.
- Rokas, A., Atkinson, R.J., Webster, L., Csoka, G. and 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.

- Roman, J., Roger, J., Platel, J.P. and Cavelier, C., 1989.** Les echinoides du Cretace et du Paleogene du Dhofar (sultanat d'Oman) et les relations entre les bassins de l'ocean Indien et de la Mediterranee. Bulletin de la Societe Geologique de France, 5(2), 279-286. DOI: 10.2113/gssgfbull.V.2.279
- Roth, S. and Jehle, R., 2016.** High genetic diversity of common toad (*Bufo bufo*) populations under strong natural fragmentation on a Northern archipelago. Ecology and Evolution, 6(6), 1626-1636. DOI: 10.1002/ece3.1957
- Rögl, F., 1999.** Mediterranean and paratethys. Facts and hypotheses of an oligocene to miocene paleogeography (short overview). Geologica Carpathica, 50(4), 339-349.
- Sanmartin, I., 2003.** Dispersal vs. vicariance in the Mediterranean: historical biogeography of the Palearctic Pachydeminae (Coleoptera, Scarabaeoidea). Journal of Biogeography, 30, 1883-1897.
- Seyrek, A., Demir, T., Pringle, M., Yurtmen, S., Westaway, R., Bridgland, D., Beck, A. and Rowbotham, G., 2008a.** Late Cenozoic uplift of the Amanos Mountains and incision of the Middle Ceyhan river gorge, southern Turkey; Ar–Ar dating of the Düziçi basalt. Geomorphology, 97, 321-355.
- Seyrek, A., Demir, T., Pringle, M., Yurtmen, S., Westaway, R., Bridgland, D., Beck, A. and Rowbotham, G., 2008b.** Late Cenozoic uplift of the Amanos Mountains and incision of the Middle Ceyhan river gorge, southern Turkey; Ar–Ar dating of the Düziçi basalt. Geomorphology, 97 (3-4), 321-355.
- Sindaco, R., Kornilios, P., Sacchi, R. and Lymberakis, P., 2014.** Taxonomic reassessment of *Blanus strauchi* (Bedriaga, 1884) (Squamata: Amphisbaenia: Blanidae), with the description of a new species from south-east Anatolia (Turkey). Zootaxa, 3795(3), 311-326. DOI: 10.11646/zootaxa.3795.3.6
- Skourtanioti, E., Kapli, P., Ilgaz, Ç., Kumlutaş, Y., Avcı, A., Ahmadzadeh, F., Isailovic, J.C., Gherghel, I., Lymberakis, P. and Poulakakis, N., 2016.** A reinvestigation of phylogeny and divergence times of the *Ablepharus kitaibelii* species complex (Sauria, Scincidae) based on mtDNA and nuDNA genes. Molecular Phylogenetics and Evolution, 103, 199-214. DOI: 10.1016/j.ympev.2016.07.005
- Stamatakis, A., 2014.** RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. Bioinformatics, 30(9), 1312-1313. DOI: 10.1093/bioinformatics/btu033
- Stewart, J.R., Lister, A.M., Barnes, I. and Dalen, L., 2009.** Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. Proceedings Of The Royal Society B Biological Sciences, 277, 661-671.
- Stock, M., Moritz, C., Hickerson, M., Frynta, D., Dujsebayaeva, T., Eremchenko, V., Macey, J.R., Papenfuss, T.J. and Wake, D.B. 2006.** Evolution of mitochondrial relationships and biogeography of Palearctic green toads (*Bufo*

- viridis* subgroup) with insights in their genomic plasticity. *Molecular Phylogenetics Evolution*, 41, 663-689. DOI: 10.1016/j.ympev.2006.05.026
- Stümpel, N. and Joger, U., 2009.** Recent advances in phylogeny and taxonomy of Near and Middle Eastern Vipers-an update. *Zookeys*, 31, 179-191. DOI: 10.3897/zookeys.31.138
- Stümpel, N., Rajabizadeh, M., Avcı, A., Wüster, W. and Joger, U., 2016.** Phylogeny and diversification of mountain vipers (*Montivipera*, Nilson et al., 2001) triggered by multiple Plio-Pleistocene refugia and high-mountain topography in the Near and Middle East. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 101, 336-351. DOI: 10.1016/j.ympev.2016.04.025
- Şahin, Y., 2000.** Hayvan Sistematığı. Bilim Teknik Yayınevi, yayın no: 052. 1. Baskı, 321 s., 1-274.
- 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. and Dalfes, H.N., 2011.** Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation*, 144(12), 2752-2769. DOI: 10.1016/j.biocon.2011.06.025
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981.** Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Özeren, S., Genc, T. and Zor, E., 2003.** East Anatolian high plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters*, 30, 11-20.
- Tamar, K., Smid, J., Göçmen, B., Meiri, S. and Carranza, S., 2016.** An integrative systematic revision and biogeography of *Rhynchocalamus* snakes (Reptilia, Colubridae) with a description of a new species from Israel. *PeerJ*, 4, e2769. DOI: 10.7717/peerj.2769
- Tautz, D., Arctander, P., Minelli, A., Thomas, R.H. and Vogler, A.P., 2003.** A plea for DNA Taxonomy. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 70-74. DOI: 10.1016/S0169-5347(02)00041-1
- Tavşanoğlu, Ç., 2016.** Anadolu'nun yüksek biyoçeşitliliği: evrim bunun neresinde? Evrimin ışığında. Yazılama yayınevi, 1. Baskı, ISBN: 6059988575, 244 s., Akış, I. (Ç. Ed.), Altınışık, N. E. (Ç. Ed.), 207-225.
- Thompson, A., 2000.** Origins of Arabia. Oriental Press, Dubai.
- Tosunoğlu, M. and Taşkavak, E., 2001.** A serological investigation of the *Bufo bufo* (Anura, Bufonidae) populations in Southern Marmara (Manyas, Bahkesir) and Eastern Black Sea (Çamhemişin, Rize) region. *Italian Journal of Zoology*, 68, 165-168. DOI: 10.1080/11250000109356402

- Trujillo, T., Rodriguez, J.G., Arntzen, J.W. and Solano, Í.M., 2017.** Morphological and molecular data to describe a hybrid population of the Common toad (*Bufo bufo*) and the Spined toad (*Bufo spinosus*) in western France. *Contributions to Zoology*, 86(1), 1-10.
- Tuniyev, B., Avci, A. and Igaz. C., 2014.** Герпетологические исследования В Восточной И Северо-Восточной Турции. *Современная Герпетология*, 14(1/2), 44-53.
- URL-1, 2018.** <http://www.aginganddisease.org/article/2013/2152-5250/AD-2013-04-06-364-figure.png> (15 Şubat 2018).
- Ünal, Y., Kindap, T. and Karaca, M., 2003.** Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology*, 23, 1045-1055.
- Veith, M., Schmidtler, J.F., Kosuch, J., Baran, I. and Seitz, A., 2003.** Palaeoclimatic changes explain Anatolian mountain frog evolution: a test for alternating vicariance and dispersal events. *Molecular Ecology*, 12(1), 185-199. DOI: 10.1046/j.1365-294X.2003.01714.x
- Verlaque, R., Medail, F., Quezel, P. and Babinot, J.F., 1997.** Endemisme vegetal et paleogeographie dans le bassin mediterraneen. *Geobios*, 21, 159-166.
- Vitt, J.L. and Caldwell, P.L., 2009.** *Herpetology*. Elsevier INC, Third Edition, ISBN: 978-0-12-374346-6, 697 s., 4-460.
- Vogler, A.P. and Monaghan, M.T., 2007.** Recent advances in DNA taxonomy. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(1), 1-10. DOI: 10.1111/j.1439-0469.2006.00384.x
- Wei, L., Wu, X. and Jiang, Z., 2008.** The complete mitochondrial genome structure of snow leopard *Panthera uncia*. *Molecular Biology Reports*, 36(5), 871-878. DOI: 10.1007/s11033-008-9257-9
- Welch, H. and Kirwan, G.M., 2008.** Turkey's ecoregions: their biodiversity and conservation. *The Birds of Turkey*, 31-41.
- Westaway, R., Demir, T. and Seyrek, A., 2008.** Geometry of the Turkey–Arabia and Africa–Arabia plate boundaries in the latest Miocene to Mid-Pliocene: the role of the Malatya- Ovacık Fault Zone in eastern Turkey. *eEarth*, 3, 27-35.
- Wilkinson, G.S. and Chapman, A.M., 1991.** Length and Sequence Variation in Evening Bat D-Loop mtDNA. *Genetics*, 128, 607-617.
- Wolstenholme, D.R., 1992.** Animal mitochondrial DNA: structure and evolution. *International Review of Cytology*, 141, 173-216. DOI: 10.1016/S0074-7696(08)62067-7

- Wu, X., Zheng, T., Jiang, Z. and Wei, L., 2007.** The mitochondrial genome structure of the clouded leopard (*Neofelis nebulosa*). *Genome*, 50, 252-257. DOI: 10.1139/G06-143
- Yılmaz, Y., 1993.** New evidence on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of America Bulletin*, 105, 251-271.
- Yılmaz, İ., 1997.** Taksonomik Zoolojinin Prensipleri ve Metodları. Oran Yayıncılık, 1. Baskı, ISBN: 975-7767-91-3, 209 s., 5-72.
- Yılmaz, İ., 2012.** Taksonomik Zoolojinin Prensipleri ve Metodları. Sürat Üniversitesi Yayınları, 2. Baskı. 245 s., 74-76.
- Yiğit, N., Markov, G., Çolak, E., Kocheva, M., Saygılı, F., Yüce, D. and Çam, P., 2012.** Phenotypic Features of the 'Guentheri' Group Vole (Mammalia: Rodentia) in Turkey and Southeast Bulgaria: Evidence for Its Taxonomic Detachment. *Acta Zoologica Bulgarica*, 64 (1), 23-32.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., and Billups, K., 2001.** Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292(5517), 686-693. DOI: 10.1126/science.1059412
- Zhang, P., Liang, D., Mao, R.L., Hillis, D.M., Wake, D.B. and Cannatella, D.C., 2013a.** Efficient Sequencing of Anuran mtDNAs and a Mitogenomic Exploration of the Phylogeny and Evolution of Frogs. *Molecular Biology and Evolution*, 30(8), DOI: 10.1093/molbev/mst091
- Zhang, J., Kapli, P., Pavlidis, P. and Stamatakis, A., 2013b.** A general species delimitation method with applications to phylogenetic placements. *Bioinformatics*, 29(22), 2869-2876. DOI: 10.1093/bioinformatics/btt499

ÖZGEÇMİŞ

Özge ÖZKAN AKDAĞ, 06/04/1990 tarihinde Ordu'da doğdu. İlköğretimini 2004 yılında Vezirköprü Atatürk İlköğretim Okulu'nda ve Ortaöğretimini 2007 yılında Perşembe Lisesi'nde tamamladı. 03/09/2010 tarihinde başladığı lisans eğitimini 16/06/2014 tarihinde Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nde tamamladı. 2015 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.

