

T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS  
TARIMSAL BİLİMLER ANABİLİM DALI

MANİSA İLİ (TÜRKİYE)'NDE YAŞAYAN HAVUZ KAYANI, *Trachemys scripta* (THUNBERG İN SCHOEPPF, 1792)'NİN MORFOLOJİSİ VE  
MOLEKÜLER YÖNDEN İNCELENMESİ

Pınar DURMUŞ ÖZÇAKILKAYA

Danışman  
Doç. Dr. Murat AFSAR



MANİSA-2025

Pınar  
DURMUŞ  
ÖZÇAKILYA

Manisa İli (Türkiye)'de Yaşayan Havuz Kayan, *Trachemys scripta* (Thunberg in  
Schoepff, 1792)'nin morfolojisi ve moleküler yönden incelenmesi

2025

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarımsal Bilimler Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

**Pınar DURMUŞ  
ÖZÇAKILKAYA**

## İÇİNDEKİLER

|                                                                         | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| İÇİNDEKİLER.....                                                        | III   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                     | IV    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                    | V     |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                   | VI    |
| TEŞEKKÜR.....                                                           | VII   |
| ÖZET.....                                                               | VIII  |
| ABSTRACT .....                                                          | IX    |
| 1. GİRİŞ.....                                                           | 1     |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                                  | 3     |
| 2.1. LİTERATÜR ÖZETİ.....                                               | 3     |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                              | 4     |
| 3.1. MATERYAL.....                                                      | 4     |
| 3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Alanın Genel Özellikleri..... | 5     |
| 3.1.2. Bölgenin İklim Özellikleri .....                                 | 8     |
| 3.2. YÖNTEM.....                                                        | 8     |
| 3.2.1. Örnekleme Yöntemi .....                                          | 8     |
| 3.2.2. Alınan Morfometrik Ölçümler .....                                | 9     |
| 3.2.3. Veri Analizi .....                                               | 10    |
| 3.2.3.1. Morfometrik Değerlendirmeler .....                             | 10    |
| 3.2.3.2. İstatistiksel Analiz .....                                     | 10    |
| 3.2.3.3. DNA İzolasyonu .....                                           | 11    |
| 3.2.3.4 DNA Kalite ve Miktar Ölçü.....                                  | 11    |
| 3.2.3.5 Mitokondriyal Sitokrom b Geninin PCR ile Amplifikasyonu.....    | 11    |
| 3.2.3.6. PCR Ürünlerinin Saflaştırılması ve Sekanslama.....             | 12    |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....                                | 12    |
| 4.1. ARAŞTIRMA BULGULARI .....                                          | 12    |
| 4.1.1. Pholidosis Özellikleri .....                                     | 13    |
| 4.1.2. Morfometrik Ölçümler.....                                        | 14    |
| 4.1.3. DNA Kalitesi ve Miktarı.....                                     | 15    |
| 4.1.4. PCR Amplifikasyonu .....                                         | 16    |
| 4.1.5. Sekanslama .....                                                 | 17    |
| 4.2. TARTIŞMA.....                                                      | 17    |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                              | 23    |
| 6. KAYNAKLAR .....                                                      | 27    |
| 7. ÖZGEÇMİŞ .....                                                       | 31    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

♂

♀

♂♂

♀♀

**cm**

**mm**

**gr**

**%**

### Açıklama

Erkek Birey

Dişi Birey

Birden fazla erkek birey

Birden fazla dişi birey

Santimetre

Milimetre

Gram

Yüzde

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                      | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1. Çalışma alanının ülke ve bölge içerisindeki yeri ve örneklerin yakalandığı lokaliteler..... | 7     |
| Şekil 2. Kaplumbağa örneklerine ait PCR ürünlerinin agaroz jel elektroforezi görüntüsü.....          | 16    |
| Şekil 3. Sanger dizileme yöntemi ile elde edilen DNA kromatogramı.....                               | 17    |
| Şekil 4. PCR ile çoğaltılan DNA örneğinin Sanger dizileme sonucu elde edilen dizisi.....             | 19    |
| Şekil 5. NJ (Neighbor-joining, bootstrap = 1000) yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç.....       | 21    |
| Şekil 6. ML (Maximum Likelihood, bootstrap = 1000) yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç.....     | 22    |

## TABLÖLAR DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Manisa <i>T. scripta elegans</i> ve <i>T. scripta elegans</i> örneklerinden alınan morfometrik ölçümler..... | 9  |
| <b>Tablo 2.</b> Çalışmada kullanılan primer dizileri .....                                                                   | 12 |
| <b>Tablo 3.</b> Manisa <i>T. scripta elegans</i> örneklerinden alınan ölçümler .....                                         | 15 |
| <b>Tablo 4.</b> Çalışmada kullanılan örneklere ait DNA konsantrasyonları ve özellikleri.....                                 | 16 |

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, kendilerine her danıştığım da değerli bilgilerini benimle paylaşan, zamanını ayırıp sabırla ve ilgiyle faydalı olabilmek için ellerinden geleni sunan, sorunlar konusunda çekinmeden görüşebildiğim ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdikleri değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli danışman hocalarım Doç. Dr. Murat AFSAR ve Doç. Dr. M. Süleyman İLHAN'a teşekkür ederim ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca lisansüstü eğitimimde arazi çalışmaları sırasında bana yardımcı olan değerli arkadaşım bilim uzmanı Mahsun ÇAĞLAR'a ve doktora öğrencisi Çetin ÇELİK'e bu süreçte her zaman yanımda olan ve bana büyük destek veren eşim, annem ve pati dostlarıma sonsuz sevgilerimi sunarım.

Pınar DURMUŞ  
ÖZÇAKILKAYA  
Manisa, 2025



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

**Pınar DURMUŞ ÖZÇAKILKAYA**

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Tarımsal Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Murat AFSAR**

**İkinci Danışman: Doç. Dr. M. Süleyman İLHAN**

Batı palearktık bölgede yer alan Türkiye'nin konumu, kısa mesafeler içerisinde görülebilen topoğrafya farklılıkları ile çeşitlenen iklim koşulları ülkenin zengin habitat çeşitliliğini meydana getirir. Bu zengin habitat çeşitliliği ve Anadolu Yarımadası'na çeşitli yönlerden canlı göçlerinin ve yayılışlarının etkisi Türkiye'nin bölgedeki diğer ülkelerden çok daha yüksek bir herpetofaunal çeşitliliğe sahip olmasına olanak sağlamıştır. Bir bölgenin doğal faunasında yer almayan, ancak farklı yollarla dışarıdan gelen yeni türler istilacı türler olarak bilinir ve bunlar bir yerel türün doğal popülasyonlarının yayılış alanlarını işgal ederek, bu yayılıma cevap veremeyenlerin ise yok olmasına ve herpetofaunal çeşitliliğin azalmasına sebep olabilirler. Doğal yayılış göstermeyen sürüngenlerin küresel olarak yeni alanlara dahil oluşu günümüze kadar katlanarak artmıştır. Havuz Kayanı, *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792) dünya genelinde en istilacı türler arasında yer alır ve evcil hayvan ticareti ile küresel dağılımı genişleyen ve ülkemiz tatlı su habitatlarında da kaydedilen bir terrapindir.

Bu tez çalışmasında Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde yer alan ve önemli doğa alanları ve biyolojik çeşitlilik alanlarını da içerisinde barındıran Manisa İli'nde bulunan sulak alanlarda yayıldığı tespit edilen yabancı tatlı su kaplumbağası *Trachemys scripta* istilacı türünün morfolojisi ve moleküler yönden incelenmesi hedeflenmiştir. Böylece ayrıntılı morfolojik bilgilerinin toplanması ve haplotip sayısı değerlendirilip ülkemiz için ilk kez bir genetik veri ortaya konulması amaçlanmaktadır. Ayrıca Manisa İli'nde ki doğal ve doğal olmayan sulak alanlarda dağılışının belirlenmesine katkı sağlanacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Havuz Kayanı, *Trachemys scripta*, İstilacı Tür, Sistematiği, Ekoloji, Biyolojik Çeşitlilik, Doğa Koruma

## ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Pınar DURMUŞ ÖZÇAKILKAYA

Manisa Celal Bayar University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Agricultural

Supervisor: Doç. Dr. Murat AFSAR  
Co-Supervisor: Doç. Dr. M. Süleyman İLHAN

Turkey's location in the Western Palearctic region, combined with the diverse climatic conditions resulting from topographical differences over short distances, contributes to the country's rich habitat diversity. This rich habitat diversity, along with the impact of various migratory and dispersal patterns of organisms into the Anatolian Peninsula, has enabled Turkey to possess a significantly higher herpetofaunal diversity compared to other countries in the region. New species that are not native to a region's natural fauna but arrive from outside through various means are known as invasive species. These can occupy the distribution areas of local species' natural populations, leading to the extinction of those unable to respond to this expansion and a decrease in herpetofaunal diversity. The global inclusion of reptiles that do not naturally occur in new areas has increased exponentially to the present day. The pond turtle, *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792), is among the most invasive species worldwide and is a terrapin whose global distribution has expanded through the pet trade and has also been recorded in our country's freshwater habitats.

This thesis aims to examine the morphology and molecular characteristics of the invasive species *Trachemys scripta*, a foreign freshwater turtle found in wetlands in Manisa Province, which is located in the Aegean Region of Turkey and contains important natural areas and areas of biological diversity. Thus, the aim is to collect detailed morphological information, evaluate the number of haplotypes, and present genetic data for the first time in our country. Additionally, it will contribute to determining its distribution in both natural and non-natural wetlands in Manisa Province.

**Keywords: Pond Turtle, *Trachemys scripta*, Invasive Species, Systematics, Ecology, Biodiversity, Nature Conservation.**

## 1.GİRİŞ

Omurgalılar içerisinde kara omurgalıları sınıfına dahil olan sürüngenler, yaklaşık 320 milyon yıl önce Karbonifer Dönemi'nde ortaya çıkmış ve günümüze kadar dört takıma bağlı varlıklarını sürdürmüştür. [1]. Bunlar Chelonia (Testudinata, Kaplumbağalar), Rhyncocephalia (Kalakbaşlılar), Squamata (Pullular, Kertenkele ve Yılanlar) ve Crocodilia (Timsahlar) takımıdır. Kaplumbağalar kabaca Triyas döneminin (200-250 MYÖ) sonlarında ortaya çıkmışlardır. Bugün yaşayan sürüngenler arasında en uzun ömürlü grup olarak bilinen kaplumbağalar baş, boyun, kuyruk ve bacaklar hariç vücutlarının bir kabuk içinde olması, çenelerinin dişsiz oluşu, anapsid ve kopulasyon organının tek olması gibi tipik özellikleri ile diğer sürüngenlerden ayrılır.

Kaplumbağalar, Chelonia (=Testudinata) takımı günümüzde on dört familyaya dahil yaklaşık üç yüz elli kadar tür ile temsil edilir ve bu takım birçok yazarın kabul ettiği Wagler'in (1839) sınıflandırmasında temel alınan boyun omurlarının yapısı bakımından, Pleurodira (Pleur: yan, dira: boyun) ve Cryptodira (Cryptos: gizli, dira: boyun) olmak üzere iki alt takıma ayrılmaktadırlar. Pleurodira alt takımı üyelerinde kalça kemeri ile üst kabuk kaynaşmıştır. Boyun omur çıkıntısı mevcut olduğundan boyunları geriye doğru kabuk içine çekilemez, ancak yana doğru bükülebilirler. Cryptodira alt takımı üyelerinde ise kalça kemeri, plastron ile kaynaşmamış, ayrıktır ve boyun omurunun çıkıntısı mevcut değildir. Boyun geriye doğru kabuk içine yana bükülmeden çekilir. Bazılarında ise kabuk içine tam çekilmez [1].

Cryptodira alt takımı on iki familyaya ayrılır. Bunlardan Emydidae familyası, uzun bir taksonomik revizyon geçmişinden sonra elli-altmış türden oluşan [2], çoğunlukla Kuzey Amerika'ya özgü olan, ancak bir cinsinin (*Emys*) Avrupa, Batı Asya ve Kuzey Afrika'nın bazı bölgelerinde, ikinci bir cinsinin (*Trachemys*) ise Güney Amerika'da yayılım gösterdiği geniş ve çok çeşitli monofiletik bir kaplumbağa grubu olarak kabul edilir.

Tüm Emidid kaplumbağalar arasında en geniş dağılışa *Trachemys agassiz*, (1857) cinsi sahiptir [3] ve bu cinse dahil kaplumbağaların dağılışı, evcil hayvan ve gıda ticaretinin bir sonucu olarak [4], birçok türünün dünya çapında doğal olmayan alanlara salınmasıyla karmaşık hale gelmiştir [5]. [4] *Trachemys* cinsini gözden geçirmiş ve yaptığı çalışmada on beş tür listelemiştir. Bunlardan *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792) türü dünyadaki en bol ve başarılı istilacı kaplumbağa türlerinden biri olarak kabul edilmektedir [6], (Tatum 2020). Şu an da türün Antartika hariç her kıtayı istila ettiği ve hatta üreyen popülasyonlara sahip olduğu bilinmektedir. [6], (Tatum, 2020)

Tür, oldukça düşük fiyatı ve basit yetiştiriciliği nedeniyle 1950'lerden bu yana dünya çapında en popüler evcil hayvan kaplumbağasıdır [7], (Fritz et al.2012). *Trachemys scripta*'nın anavatanı Amerika Kıtası'dır. Doğal popülasyonları Güney, Orta ve Güneydoğu Amerika Birleşik Devletleri

(ABD)'nde ve Kuzey Meksika'da dağılışı göstermektedir. Ancak söz konusu su kaplumbağası dünyanın birçok yerinde doğal veya yarı doğal sulak alanlara salınmıştır. Doğallaştırılmış popülasyonları en az yetmiş üç ülkede veya Avrupa, Afrika, Asya, Orta ve Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Okyanusya'da rapor edilmiştir [2].

*Trachemys scripta*'nın halen geçerli olarak kabul edilen üç alt türü bu geniş coğrafik alan üzerinde tanımlanmaktadır. Bunlardan Kırmızı Yanaklı Su Kaplumbağası (*Trachemys scripta elegans*), 1970'lerden beri ABD'deki çiftliklerde evcil hayvan ticareti için üretilmiş ve on milyonlarcası Avrupa'ya ithal edilmiş, Avrupa'da en çok ticareti yapılan tür haline gelmiştir [8]. Ancak Avrupa Birliği, biyolojik istila riskinin yüksek olması nedeniyle 1997'den itibaren ticaretini yasaklamıştır [9]. Bu nedenle diğer iki alt tür *Trachemys scripta scripta* ve *Trachemys scripta troostii* ve melezlerin ticareti, bu yasaktan sonra hızla artmıştır [9]. Son zamanlarda *T. scripta* üzerine yapılan moleküler sistematik çalışma [10] şunu önermektedir: *T. s. scripta*, *T. s. elegans*, *T. s. troostii* alt türleri yalnızca renklenme ve desen bakımından farklılık göstermektedir. Genetik bakımdan üç alt tür birbirinden farklı değildir, *Trachemys scripta*'nın üç alt türü olarak sınıflandırılmaları uygun değildir. Bununla birlikte araştırmacılar tarafından herhangi birinin taksonomik statüsüne değişiklik önerisi getirilmemiştir.

Beşerî olarak Türkiye'nin güneyi başta olmak üzere uygun olan her habitata yayılmış ve yeni ortamlarına başarılı bir şekilde uyum sağladıkları bildirilen *Trachemys scripta*'nın Manisa İli'nde istila ettiği alanları tespit etmek, bunun yanında türün bireylerinin anavatanından çok uzakta yayıldığı habitatlarda morfolojisi ve genetik belirteçler kullanılarak genetik çeşitliliği ile ilgili etraflı bilgiler oluşturulması amaçlanmaktadır. Bunun yanında genetik belirteçler, bir organizmanın genomundaki belirli DNA sekansları olup, taksonomik, filogenetik, biyocoğrafik ve popülasyon çalışmalarında sıklıkla kullanılır. Sınırlı onarım kabiliyeti ve histonların eksikliği, nükleer DNA'ya kıyasla daha yüksek mutasyon oranına sahip olmasını sağlar. Mitokondriyal DNA, ebeveyn genotiplerinin kalıtım ve dağılımını izlemek ve bir popülasyonda ki genetik varyasyonun kapsamını belirlemek için kullanılabilir.

Havuz kayanı su kaplumbağalarının ekolojileriyle ilgili çalışmalar ülkemizde nispeten az sayıda yapılmış olmasına karşın genetik çeşitliliği ile ilgili yapılan çalışmalar yok denecek kadar sınırlı kalmaktadır. Ayrıca mitokondriyal sitokrom b geninin kullanılması, kaplumbağaların filogeni çalışmaları için yararlı bir moleküler araç olarak kabul görmektedir.

## 2.GENEL BİLGİLER

### 2.1. Literatür Özeti

Yabancı herptil türlerinin dünya genelinde ülkelere girişleri 1850'den bu yana katlanarak artmıştır [11] (Kraus 2009). Bunlar çeşitli yollarla yeni bölgelere yayılabilmektedirler. Özellikle antropojen kaynaklı olan, kargo sevkiyatları, evcil hayvan ticareti (veya nakliye gemileri), biyolojik kontrol kullanımı, besin olarak kullanım ve bilimsel araştırmalar bazı türlerin farklı bölgelere ulaşmasına sebep olmuştur. Ayrıca bu taşımanın bir sonucu olarak hayvanların kontrolsüz bir şekilde doğaya salınmasıyla, bu yabancı türlerin yeni habitatlara yerleşmesi, üremesi ve yerel türlerin popülasyonlarına tehdit oluşturması gibi durumlar ortaya çıkmaktadır [11,12].

*Trachemys scripta* dünyadaki en bol ve başarılı istilacı kaplumbağa türlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Tatum 2020). Terra typicası aslında Amerika Kıtası'nda olmasına rağmen Antartika hariç her kıtayı istila ettiği ve hatta üreyen popülasyonlara sahip olduğu bilinmektedir [6].

Türün doğal dağılış alanı Güney, Orta ve Güneydoğu ABD'de ve Kuzey Meksika'yı içine alır ve moleküler çalışmalar tarafından desteklenmemekle birlikte halen kabul edilen üç alt tür ile temsil edilir. *Trachemys scripta elegans*; Alabama'nın güneyinden, Kuzey Meksika'ya kadar, *Trachemys scripta scripta*; Virginia'nın güney kısmından Florida'nın kuzey sınırına kadar *Trachemys scripta troostii*; Güneybatı Virginia'dan Alabama'ya kadar yayılış gösterir. *Trachemys scripta*, Güneydoğu ve Orta ABD ve Kuzey Meksika'ya özgü olmakla birlikte, doğal yayılış alanının dışında, ABD'nin diğer eyaletlerinde de mevcuttur. Hatta Afrika'nın bazı bölgeleri ve İsrail'de de görülür. Ayrıca Guadeloupe adalarında ve Güney Fransa'da rapor edilmişlerdir. Alt türün popülasyonları Güney Portekiz, Yunanistan, İspanya, İtalya, Slovenya, Avusturya, Türkiye, Hollanda ve İsviçre'nin İtalya sınırında da bulunur. Ayrıca Kamboçya, Çin, Japonya, Endonezya, Tayvan ve Tayland gibi Asya ülkelerinde de mevcuttur. Avustralya'da da bulunabilmektedir.

Yaygın olarak Türkiye'deki sulak alanları istila eden su kaplumbağası *Trachemys scripta elegans* (Kırmızı Yanaklı Su Kaplumbağası) alt türü olarak tanımlanmıştır. Ancak Türkiye'de bu tür ile ilgili çalışmalar sınırlıdır.

İlk defa [8] Güney Anadolu'da Akdeniz kıyısında bulunan Mersin İli'nde Anamur Mamure Kalesini çevreleyen su kanallarında, *Trachemys scripta elegans*'ın bir üreyen popülasyonunun kaydını vermiştir.

[13] sözkonusu alttürün Çanakkale (Türkiye) akarsularında bulunduğunu bildirmiştir.

[14] Türkiye'nin kuzeydoğusunda ki Trabzon'da bulunan ve doğal bir sulak alan olan Sera Gölü'nde üreyen bir *T. scripta elegans* popülasyonunun varlığını rapor etmiştir.

[15] Gediz Nehrinin, yerli terrapin türleri olan Avrupa Gölet Kaplumbağası (*Emys orbicularis*) ve Balkan Terrapin'inin (*Mauremys rivulata*) yanı sıra Amerika kökenli bir tatlı su kaplumbağası olan, *Trachemys scripta elegans*'a da ev sahipliği yaptığını bildirilmiştir. Türün Akdeniz'de olduğu gibi Batı Anadolu'nun doğal ortamlarında da üreyebildiğini gösteren ilk verileri kaydetmiştir. Gediz Havzası bu istilacı türün çok başarılı bir şekilde ürettiği uygun bir habitat olduğu bildirilmiştir.

[16] Eldeleklioğlu ve diğ. (2023) *Trachemys scripta elegans* alt türünün Mersin-Anamur tatlı su sistemlerinde dağılım durumu ile biyolojik ve morfometrik özelliklerinin belirlemişlerdir.

Son zamanlarda Datça Yarımadası'nda [17] *T. s. scripta*'nın kaydı verilmiştir. Böylece Türkiye'de *T. scripta*'nın iki alt türünün yaşadığı ilk defa ortaya konmuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışması materyalini Manisa İli sulak alanlarını istila eden *T. scripta* örnekleri oluşturmaktadır. Toplam 249 *Trachemys scripta* örneği incelenmiştir. Örneklerin ölçümleri yapılmış ve alındıktan sonra yakalandıkları lokalitelere bırakılmışlardır. Çalışma alanının ülke ve bölge içerisindeki yeri ve örneklerin yakalandığı lokaliteler Şekil 1. de gösterilmiştir. Bu çalışmada, *Trachemys scripta*'ya ait toplam 249 bireyden 245'i birbirine yakın morfolojik özellikler taşımakta ve önceki çalışmalarda yurdumuzdan kayıt verilen *T.s.elegans* alt türüne benzerlik göstermekteyken, 4 birey ise kabuk ve deri renklenmesinde belirgin farklılık göstermekte ve *T.s.scripta* alt türüne benzerlik göstermektedir. *T.s.elegans* alt türüne benzerlik gösteren örneklerden ve *T.s.scripta* alt türüne benzerlik gösteren toplam on bir örneğin kuyruk dokusundan yaklaşık 2–3 milimetre (mm) uzunluğunda parça alınarak genetik analiz örnekleri elde edilmiştir. Numuneler steril şartlar altında toplanmış ve örnekler toplandıktan hemen sonra -20 °C sıcaklıkta muhafaza edilmek üzere laboratuvara taşınmıştır. Taşıma sırasında örneklerin bozulmasını engellemek amacıyla soğuk zincir korunmuş, doku parçaları steril tüpler içerisinde taşınmıştır.

### 3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanını oluşturan Manisa İli'nin coğrafi konumu 27 08' ve 29 05' doğu boylamları ile 38 04' ve 39 58' kuzey enlemleri arasındadır. İlde neredeyse tüm yeryüzü şekillerinin biçimlerine rastlanabilmektedir. Bunlardan en büyük oran il yüzölçümünün yarısından fazlasının kaplayan (%54,3) dağlarıdır. Platolar (% 27,8) ile ovalar (%17,9) ile temsil edilmektedir [18]. Araştırma alanı olan Manisa İli, Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde, Ege Bölümü ile İç Batı Anadolu Bölümü'nde yer almaktadır. İlin büyük bir kısmı Gediz Havzası içerisinde yer alır. Nispeten küçük bir kısım ise kuzey batıda Ege (Bakır çay) Havzası içerisinde yer almaktadır. Yüzölçümü 13.810 kilometre karedir (km<sup>2</sup>). İlin en yüksek noktası Salihli Bozdağlar Kumtepe'dir ve 2070 metre (m) yüksekliğine ulaşmaktadır. En yüksek ilçe merkezi Demirci ilçesi 850 metrede yer alır. Çalışma alanı olan Manisa'da ovalar ve ovaları çevreleyen vadilerde, karasal nitelikli Akdeniz iklimi görülürken, yüksek dağlık bölgeler, kuzey ve kuzey doğudaki dağlar ile platolarda İç Anadolu'nun karasal nitelikli ikliminin etkileri görülmektedir [18]. Merkezde bulunan ilçelerin ortalama yüksekliği 71 metre olup, en yüksek noktası Spil Dağı'dır ve 1517 m'ye ulaşmaktadır. Spil Dağı, Yamanlar Dağı ve Yunt Dağı'nın uzantıları ile kıyı şeridinde kapalıdır. Ahmetli İlçesi, deniz seviyesinden yüksekliği 83 metre ve yüzölçümü 240 km<sup>2</sup>'dir. Yerleşim yeri Gediz Havzası'nda olup, doğal yapı genel olarak yüksek olmayan dağlar ve Gediz Ovası'ndan meydana gelmektedir. Güneyinde Bozdağlar bulunmaktadır. Akhisar İlçesi Manisa İli'nin en büyük ilçesidir ve ovada kurulmuştur. Denizden yüksekliği 93 metre, yüzölçümü 1754 km<sup>2</sup>'dir. Alaşehir İlçesi, Bozdağların kuzey eteklerinde kurulmuştur ve Manisa İli'nin güney doğusundadır. Denizden yüksekliği 189 metre, yüzölçümü 977 km<sup>2</sup>'dir. Demirci İlçesi, Ege Bölgesi'nin iç batı anadolu bölümünde yer alır. İl merkezine olan 159 km uzaklığı sebebiyle en uzak ilçe konumundadır. Kapalı havza konumunda olan ilçe, Simav Dağları ve 1475 m yükseklikteki Akçakertik Sırtı, 1487 metre yükseklikteki Türkmen Dağı, 1535 metre yükseklikte Asi Tepesi ile kuzeyden güneye akmakta olan Demirci Çayı bulunmaktadır. Gölarmara İlçesi, Gölarmara Gölü ile bilinir. Uluslararası kriterlere göre B sınıfı nitelikte sulak alan olarak kabul edilen bir sulak alandır. İlçe iklimi Akdeniz iklimi olup, Gölarmara'nın denizden yüksekliği 155 m, yüzölçümü 226 km<sup>2</sup>'dir (Anonim 2004). Gördes İlçesi, Manisa İli'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır. İlçenin yüzölçümü 769 km<sup>2</sup>, deniz seviyesinden yüksekliği ise 680 metredir. İlçe toprakları küçük akarsu vadileriyle yarılmış bir yayla görünümündedir. İlçede yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Ormanlık alanlar ilçenin toplam alanının %45'i gibi önemli bir alana sahiptir. Kırkağaç İlçesi, Yunt Dağı kütlesinin devamı bulunan Çamlıca adını alan dağın güneydoğu yamacında yer alır. İlçenin yüzölçümü 543 km<sup>2</sup> olup, ovanın hemen hemen tam ortasından Bakırçay geçer. Kırkağaç'ta iklim Akdeniz iklimi ağırlıklı, Akdeniz iklimi ve

kara ikliminin etkisi altında olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir [18]. Köprübaşı İlçesi, Manisa'nın kuzeydoğusunda, Salihli-Demirci karayolu üzerinde Manisa İl Merkezi'ne 123 km uzaklıkta ve deniz seviyesinden yüksekliği 250 metre yüksekte, yüzölçümü 283 km<sup>2</sup>'dir. Köprübaşı İlçesi'nin baraj sahası içerisinde kalan ve ova olarak bilinen Gediz ve Demirci Çayı Vadisi, en düz ve verimli arazilerdir. İlçe Akdeniz iklimi ağırlıklı, Akdeniz iklimi ve kara ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Kula İlçesi, Manisa'ya 118 km uzaklıkta, yüzölçümü 960 km<sup>2</sup> ve denizden yüksekliği 720 metredir. İlçe topraklarından geçen en önemli akarsu Gediz Nehri'dir. İlçe iklimi genel olarak, İç Batı Anadolu iklimine karasal iklime yakındır. Salihli ilçesi Manisa iline 71 km uzaklıkta, denizden 125 metre yükseklikte ve yüzölçümü 1302 km<sup>2</sup>'dir. Kuzeyi Gediz ovası ile kaplı olup, ovanın kuzeyinde 1120 m yükseklikte Dibek, kuzeydoğusunda 1085 metre yükseklikte Üşümüş Dağları bulunmaktadır. Alaşehir, Gümüş, Kurşunlu ve Sart Çayları Gediz Nehri'ne karışarak Ege Denizine ulaşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi görülmektedir. Sarıgöl İlçesi Manisa İli'ne 131 km uzaklıkta, Gediz Ovası'nın başlangıç noktasının doğusunda yer almaktadır. Yüzölçümü 423 km<sup>2</sup>, denizden yüksekliği 320 metredir. İlçede Akdeniz iklimi hissedilir. İlçe sınırlarında yaz kış akan akarsu mevcut değildir. Saruhanlı İlçesi düz ve verimli bir arazi olan Gediz Ovası üzerinde yer alır. Yüzölçümü 898 km<sup>2</sup> ve denizden yüksekliği 43 metredir. Manisa'ya 17 km uzaklıktadır. İlçe Akdeniz iklimi etkisinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Selendi İlçesi kısmen dağlık, kısmen de ovalık olup, Ege Bölgesi'nin karakteristik ılıman iklimi hüküm sürer. İlçenin Manisa il merkezine olan uzaklığı 155 km'dir. Denizden yüksekliği 525 m. yüzölçümü 751 km<sup>2</sup> dir. Soma İlçesinin yüzölçümü 826 km<sup>2</sup>, denizden yüksekliği 175 m. Manisa il merkezine olan uzaklığı 88 km'dir. İlçe; merkezinin yer aldığı Sarıkaya Dağı'nın kuzey eteklerinin meydana getirdiği meyilli araziden Bakırçay çevresindeki ovaya doğru uzanmaktadır. Turgutlu İlçesi'nin yüzölçümü 430 km<sup>2</sup>, deniz seviyesinden yüksekliği 78 m. Manisa il merkezine uzaklığı 31 km'dir. İlçe, Gediz Nehri'nin güneyinde olup, verimli tarım alanlarına sahiptir. İlçenin kuzey ve güneyi dağlıktır. Kuzeyinde Çal Dağı, güneyinde ise Bozdağlar'ın devamı olan Çatma Dağı bulunur. Bu dağların yüksek kesimleri ormanlıktır. Akdeniz'in karakteristik bitki örtüsü ve iklimi görülmektedir [18].





### 3.1.2. Bölgenin İklim Özellikleri

En sık kullanılan iklim sınıflandırma yöntemlerinden biri olan “Dünya Köppen-Geiger iklim sınıflandırması” na göre Manisa Csa iklim tipi olarak tanımlanmaktadır. (**Csa:** Kış ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi), **Tsıcak:** Ortalama sıcaklık **Tsıcak  $\geq 22^{\circ}\text{C}$** ).

Araştırma sahasında Akdeniz iklimi ve İç Anadolu Bölgesi'nin karasal nitelikli iklimi görülmektedir. Büyük bir kısmında karasal nitelikleri ağır basan Akdeniz iklimi görülmektedir. Bu iklimden dolayı ilde yaz mevsimi çok sıcak geçmektedir. Gediz Ovasının batı kesiminde küçülen koridoru dışında, Spil Dağı, Yamanlar Dağı ve Yunt Dağı'nın deniz etkisine kapalı olması nedeniyle, ilde kış mevsimi kıyı kuşağına göre daha soğuk geçmektedir [18]. Manisa'da ovalar ve ovaları çevreleyen vadilerde, karasal nitelikli Akdeniz iklimi görülürken, yüksek dağlık bölgeler, kuzey ve kuzey doğudaki dağlar ile platolarda İç Anadolu'nun karasal nitelikli ikliminin etkileri görülmektedir (Koçman, 1993). Yıllık ortalama sıcaklığın  $17^{\circ}\text{C}$  olduğu sahada, en yüksek ortalama sıcaklık değerleri Temmuz  $28.1^{\circ}\text{C}$  santigrat derece ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve Ağustos  $27.7^{\circ}\text{C}$  aylarında kaydedilmiştir. Yağışların aylara düzensiz dağıldığı Manisa'da, yıllık toplam yağış  $720\text{ mm}$ 'nin üzerinde gerçekleşmektedir. Yağışlar en yüksek değerlerine kış mevsiminde ulaşmaktadır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Örneklem Yöntemi

Araştırma alanında türün yaşadığı lokaliteleri tespit etmek amacıyla “Görsel Temasla Araştırma Tekniği”, (GTAT) [20] yöntemi ve vatandaş bilimiyle sosyal medyada üretilen verilerin konum bilgileri kullanılmıştır. Belirlenen alanlarda yedi ay boyunca araştırmalar yapılmıştır. Arazi çalışmaları kaplumbağa türünün aktif olduğu sabah ile öğleden sonra saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. *Trachemys scripta* örnekleri doğal ve yapay ortamlarda tespit edilmiştir. Türe ait bireyler yaşadığı  $50\text{ cm}$  kadar sığ ve küçük su kitlelerinde balık kepçesi veya elle yakalanmışlardır. Derinliği  $1\text{ metre}$  ( $\text{m}$ ) ve daha derin olan su kitlelerinde ise pinter ağları ve balık kepçesi kullanılarak yakalanmışlardır. Çalışmalar yürütülürken sadece türün görüldüğü sulak alanlar değil, ona yakın ve bağlantılı su kaynakları da araştırılmıştır. Toplanan bireyler bez torbalarda veya saklama kaplarında muhafaza edilerek, ölçümleri alınmıştır. Yukarıda açıklanan yöntemler ile yakalanan örneklerin renk ve desen tespiti için fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Çalışmada yakalanan her bir kaplumbağanın cinsiyeti, ağırlığı, üst (karapaks) ve alt (plastron) kabuk uzunluğu ve fotoğrafları (üst ve alt kabuk) çekilerek kaydedilmiştir. Elde edilecek verilerden bir tablo oluşturularak türe ait üreme

ve beslenme alanlarının özellikleri ile yaşam alanında meydana getirdiği tehditler ve tehdit düzeyleri belirlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

### 3.2.2. Alınan Morfometrik Ölçümler

**Tablo 1.:** Manisa *T. scripta elegans* ve *T. scripta elegans* örneklerinden alınan morfometrik ölçümler.

| Alınan Morfometrik Ölçümler |                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Karapaks uzunluğu (KU)      | Nuchal bölgenin anterior ucundan supracaudal plakların medianda birleştiği süturun posterioruna kadar uzanan ve dorso medial hattı takip eden maximal düz hat şeklinde alınan ölçümdür. |
| Karapaks genişliği (KG)     | Karapaksta en geniş marjinal plaklar arasında maximal düz hat boyunca alınan ölçümdür.                                                                                                  |
| Karapaks Yüksekliği (KY)    | Plastronun yere temas ettiği yerden karapasın 2. ve 3. vertebral plakları arasındaki süturun ortasına kadar olan maximal dikey hat boyunca alınan ölçümdür.                             |
| Plastron Uzunluğu (PU)      | Plastronun anterior ucundan posterior ucuna kadar olan ventro-medial hattı takip eden maximal düz hat şeklinde alınan ölçümdür.                                                         |
| Plastron Genişliği (PG)     | Abdominal ve femoral plak çiftleri arası süturun maximal doğrusal uzunluğu                                                                                                              |
| Baş Uzunluğu (BU)           | Tamamen uzatılmış bir boyunda squamosal kıvrımdan rostrum ucuna kadar olan maximal doğrusal uzunluk.                                                                                    |
| Baş Yüksekliği (BY)         | Alt ve üst çenenin birleştiği kısımdan başın üstüne kadar olan maximal dikey uzunluk                                                                                                    |
| Vücut ağırlığı (BM)         | Örneğin ağırlığının gram cinsinden karşılığı                                                                                                                                            |

### 3.2.3. Veri Analizi

Toplamda 245 *Trachemys scripta elegans* örneği (161 dişi ve 84 erkek), ve 4 *Trachemys scripta scripta* örneği Manisa genelinde farklı lokalitelerden tespit edilmiştir.

#### 3.2.3.1. Morfometrik Değerlendirmeler

Kaplumbağalar yakalandıktan sonra, üçüncü parmağın tırnak uzunluğu (TU) gibi ikincil cinsiyet karakterleri ölçülerek cinsiyetleri belirlendi. Üçüncü sağ parmağın tırnakları aşınmış veya kırılmışsa, sol taraftaki üçüncü tırnak ölçüldü. Sonrasında, karapaks uzunluğu (KU, cm), karapaks genişliği (KG, cm), karapaks yüksekliği (KY, cm), plastron uzunluğu (PU, cm), plastron genişliği (PG, cm) ve baş uzunluğu (BU, mm), baş genişliği (BG, mm), baş yüksekliği (BY, mm), postkloakal kuyruk uzunluğu (TL, mm) ölçüldü. Morfometrik ölçümler, milimetre hassasiyetine mitutoya marka kumpas ve milimetre hassasiyetli cetvel ile belirlendi. Vücut ağırlığı (BM, gram) dijital hassas terazi ile tartıldı. Cinsel dimorfizm indeksi (SDI), erkeklerin ve dişilerin morfolojik değişkenlerinin ortalamalarının toplamı arasındaki oran olarak hesaplandı ( $SDI = N/D$ ). Erkek ve dişilerin morfolojik değişkenlerinin ortalamalarının toplamı arasındaki oran, daha büyük cinsiyet pay olarak ( $SDI = N/D$ ), ayrıca hesaplanmıştır. Vücut büyüklüğüne dayalı eşeysel farklılığı ortaya koyabilmek için [21] tarafından Seksüel Dimorfizm İndeksi (SDI) kullanılmıştır. SDI aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:  $SDI = (\text{Büyük cinsiyetin ortalama uzunluğu} / \text{Küçük cinsiyetin ortalama uzunluğu}) \pm 1$ 'dir. Bu formüldeki duruma göre eğer erkekler dişilerden büyük ise +1, dişiler erkeklerden büyük ise -1 ekleme yapılır.  $SDI > 0$  ise dişi bireylerin erkek bireylerden daha büyük olduğu söylenir.

#### 3.2.3.2. İstatistiksel Analiz

Şimdiki çalışmada *Trachemys scripta elegans* örneklerinden ölçülen morfometrik değişkenlerin normal dağılıma uyup uymadığını belirlemek amacıyla Shapiro-Wilk (W) testi kullanıldı. Erkek ve dişilerde normal dağılım gösteren değişkenler KU, KG, PU, TU karakterleri t testi ( $p < 0.05$ ) ile ve normal dağılım göstermeyen BM, PG, BY, BG, BU, KU, KY karakterleri Mann-Whitney U testi ( $p < 0.05$ ) kullanılarak dişiler ve erkekler arasında farklılık olup olmadığı değerlendirildi.  $SDI = \text{eşeysel dimorfizm indeksi}$  (büyük cinsiyetin ortalama değeri/küçük cinsiyetin ortalama değeridir (Tablo 2.))

### 3.2.3.3. DNA İzolasyonu

Genomik DNA izolasyonu, ticari bir kit olan innuPREP DNA Mini Kit (Analytik Jena AG, Jena, Almanya) kullanılarak, üretici firmanın protokolüne uyularak gerçekleştirilmiştir. Her birey için ayrı bistüri uçları kullanılmış ve örnekler arası kontaminasyonu önlemek amacıyla, bistüriler her işlem sonrası %70 etanol ile yıkanmış ve ardından alevden geçirilerek sterilize edilmiştir.

Yaklaşık 20–30 mg doku örneği, 400 µL lizis tamponu ile 25 µL Proteinase K eklenerek homojenizasyon için 15 saniye vortekslenmiştir. Homojenize edilen karışımlar 50 °C’de bir gece (yaklaşık 12–16 saat) inkübasyona bırakılarak tam lizis sağlanmıştır. Inkübasyon bitiminde örnekler 12.000 rpm’de 1 dakika santrifüj edilmiş, üst faz (süpernatant) yeni bir tüpe aktarılmıştır. Bu aşamada süpernatanta 10 µL RNaz eklenerek 37 °C’de 30 dakika inkübe edilmiştir.

DNA’nın bağlanması için süpernatant üzerine 400 µL binding solüsyonu eklenmiş, karışım filtre kolonlara yüklenmiş ve kolonlar santrifüj ile işlenmiştir. Kolon yıkama adımları kit protokolüne göre yapılmış, son elüsyon aşamasında 100 µL elüsyon tamponu eklenerek 37 °C’de 5 dakika bekletilmiş ve 8.000 rpm’de 1 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen DNA’lar -20 °C’de saklanmıştır.

### 3.2.3.4. DNA Kalite ve Miktar Ölçümü

İzolasyonu takiben DNA miktarı ve saflığı Nanodrop 2000c (Thermo Scientific, ABD) spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümlerde A260/A280 oranı 1,80–2,00 arasında olan örnekler yüksek saflıkta kabul edilmiştir. DNA bütünlüğü, %1 (a/h) agaroz jel elektroforezi ile değerlendirilmiştir. Jel hazırlanırken 1 g agaroz, 100 mL 1X TAE tamponunda mikrodalgada eritilmiş, oda sıcaklığına soğutulduktan sonra %0,5 µL GelRed (Biotium) eklenmiştir. DNA örneklerinden 5 µL, 1 µL yükleme boyası ile karıştırılarak kuyucuklara yüklenmiş ve 80 V’de 30 dakika elektroforez yapılmıştır. Bantlar, Image Analyzer jel görüntüleme sistemi ile görselleştirilmiştir.

### 3.2.3.5. Mitokondriyal Sitokrom b Geninin PCR ile Amplifikasyonu

İzole edilen DNA’lar, Trachemys türlerine özgü primerler (Trach\_1.for: 5’-GATTTAAGCCGAGACCTGTG3’, Trach\_2.rev: 5’-TCTTTGGTTTACAAGACCAATGC-3’) kullanılarak amplifiye edilmiştir. PCR karışımı 20 µL toplam hacimde hazırlanmış; 2 µL 10X tampon, 0,8 µL 50 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,4

$\mu$ L 10 mM dNTP karışımı, her primerden 0,5  $\mu$ M, 1 ünite Taq DNA polimeraz, 10–40 ng DNA ve deiyonize su içermiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan primer dizileri

| Fragment | Primer adı  | Sekans (5'-3')          | Referans          |
|----------|-------------|-------------------------|-------------------|
| cytb     | Trach_1.for | GATTTAAGCCGAGACCTGTG    | Fritz et al. 2012 |
| cytb     | Trach_2.rev | TCTTTGGTTTACAAGACCAATGC | Fritz et al. 2012 |

**PCR döngü koşulları:** Başlangıç denatürasyonu 95 °C’de 5 dakika; 35 döngü boyunca 95 °C’de 45 saniye denatürasyon, 58 °C’de 45 saniye bağlanma, 72 °C’de 1 dakika uzama; son uzama ise 72 °C’de 10 dakika şeklinde uygulanmıştır. Amplifikasyonun başarıyla gerçekleştiği, %1’lik agaroz jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir. PCR ürünlerinden 2  $\mu$ L örnek, 1  $\mu$ L yükleme tamponu ve 3  $\mu$ L ultra saf su ile karıştırılarak kuyucuklara yüklenmiş ve 80 V’de 30 dakika elektroforez yapılmıştır (Ilhan et al. 2021).

#### 3.2.3.6. PCR Ürünlerinin Saflaştırılması ve Sekanslama

Başarılı amplifikasyon ürünleri, ExoSAP-IT (USB Europe GmbH, Almanya) ile enzimatik olarak temizlenmiştir. Temizlenen ürünler ileri yön primer kullanılarak BigDye Terminator v3.1 kiti ile Sanger dizilemeye hazırlanmış, döngü koşulları 96 °C’de 10 saniye, 50 °C’de 5 saniye ve 60 °C’de 4 dakika olacak şekilde 25 döngü uygulanmıştır. Döngü sekanslama ürünleri, Performa DTR V3 96-Well Short Plate kiti (EdgeBio) ve %5’lik Sephadex solüsyonu ile saflaştırılarak küçük moleküllerden ayrılmıştır. Saflaştırılan ürünler ABI 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems) cihazında çalıştırılarak dizilenmiştir. Elde edilen sekans verileri, BIOEDIT 7.0.5.3 yazılımı (Hall, 1999) kullanılarak hizalanacak ve analiz edilecektir.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Araştırma Bulguları

**Classis:** Reptilia

**Ordo:** Testudinata

**Familia:** Emydidae

***Trachemys scripta*** (THUNBERG in SCHOEPFF, 1792)- Havuz kayanı (Pond slider)

***Trachemys scripta elegans* (WIED 1838)** – Kırmızı Yanaklı Su Kaplumbağası, Kırmızı yanaklı kayan

***Trachemys scripta scripta* (SCHOEPPF 1792)** – Sarı Yanaklı Su Kaplumbağası, Sarı kayan

Bu çalışma kapsamında araştırma alanı olarak belirlenen Manisa İli'nde her ilçeye ziyaretlerde bulunularak araziden 2025 yılının Nisan ayından, Ekim ayı sonuna kadar yedi ay boyunca yapılan çalışmalar sonucunda toplamda kırk arazi çalışması ile örnekler farklı lokaliteden elde edilmiştir. Bu bireylerin en fazla sayıda popülasyonu tabiat parkı sulak alanında olup, alanda türe ait popülasyon büyüklüğü çalışmaları yapılmış ve yayın aşamasındadır. Araştırma sahasında materyal toplanan sulak alanların su sıcaklığı ve hava sıcaklıkları ölçülmüştür. Tespit edilen örneklerin belirlendiği biyotoplarda sintopik yaşayan diğer canlılar ile vejetasyon bilgileri not edilmiştir. Yakalanan yaklaşık 245 ***Trachemys scripta elegans*** bireyinin yapılan analizlerde ikincil eşeysel karakterlerinde farklılıklar tespit edilmiştir. Erkek örneklerden dişilere göre farkedilebilir derecede uzun ön ayak tırnak ölçümleri alınmıştır (TU  $14,32 \pm 0,36$ ;  $p < 0.01$ ). Bununla birlikte erkek örneklerin vücut ağırlıklarının daha düşük (BM  $437.61 \pm 15,94$   $p < 0.01$ ) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Vücut büyüklüğüne dayalı eşeysel farklılığı ortaya koyabilmek için [21]'in Seksüel Dimorfizm İndeksi (SDI) kullanılmıştır. SDI aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:  $SDI = (\text{Büyük cinsiyetin ortalama uzunluğu} / \text{Küçük cinsiyetin ortalama uzunluğu}) \pm 1$ 'dir.  $SDI > 0$  ise dişi bireylerin erkek bireylerden daha büyük olduğu söylenir.

Arazi çalışmaları sırasında nadirde olsa ***Trachemys scripta scripta*** alt türüne rastlanılmıştır. Yakalanan dört örneğin Pholidosis özellikleri, morfometrik ölçümleri yapılmıştır.

#### 4.1.1. Pholidosis özellikleri

***Trachemys scripta elegans*** Kırmızı Yanaklı Su Kaplumbağası ve Kırmızı Yanaklı Kayan olarak bilinir. Şimdiki çalışmada incelenen erkek ve dişi örnekler az çok kubbe şeklinde ve elips biçiminde bir karapaks ve plastrona sahiptir. Yavru örneklerde ilave olarak karapaksın median hattı boyunca bir karina bariz olarak görülür. Erginlerde karina ancak iz olarak farkedilebilir. Bütün örneklerde supracaudalia iki tanedir. Nuchale tüm örneklerde tek ve değişik şekildedir. Örneklerin tamamında vertebralia beş tanedir. Costalia vertebralianın her iki tarafında uzanır ve dört tanedir. Marginalia tüm örneklerde on bir çifttir ve arkadakilerin kenar kısımları bariz tırtıklıdır. Axillar ve inguinal plaklar yoktur. Plastronda orta hattın her iki tarafında altı tane keratin plak bulunur. Başın üst tarafı yumuşak deri ile

kaplıdır ve plak oluşumu gözlenmez. Başının her iki yanında bazı örneklerde soluk bazılarında belirgin kırmızı postorbital şerit (genellikle kırmızı) bulunur. Karapaksın rengi yeşilimsi sarıdan gri, kahverengi ve siyaha kadar değişir. Karapaksta genellikle büyük, sarı çizgiler bulunur. Plastron, karapaksa nazaran düz ve pürüzsüzdür ve daha açık renkli görünümündedir. Üzeri genellikle siyah noktalar veya çizgilerle bezenmiştir.

#### 4.1.2. Morfometrik Ölçümler

Şimdiki çalışmada Manisa civarından toplanan örneklerden alınan ölçümlerin analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Yakalanan örneklerin morfometrik ölçümlerine göre tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır. Vücut ağırlığı (BM) 84 erkek örnekte 197-835 arasında değişmekte ve ortalaması 437,61’dir. 161 dişi örnekte 226-1756 arasında değişmekte ve ortalaması 677,72’dir. BM ölçümü bakımından en büyük ölçüm bir dişi örnekte 1756 gr olarak ölçülmüştür. Karapaks uzunluğu (KU) 84 erkek örnekte 10,10-28,30 arasında değişmekte ve ortalaması 14,27’dir. 161 dişi örnekte 10,80-23,90 arasında değişmekte ve ortalaması 15,88’dir. KU ölçümü bakımından en büyük ölçüm bir dişi örnekte 23,90 cm olarak ölçülmüştür. Karapaks genişliği (KG) 84 erkek örnekte 7,01-15,40 arasında değişmekte ve ortalaması 10,94’tür. 161 dişi örnekte 9,00-17,00 arasında değişmekte ve ortalaması 12,28’dir. Karapaks genişliği (KG) 84 erkek örnekte 3,60-12,60 arasında değişmekte ve ortalaması 5,13’tür. 161 dişi örnekte 3,60-9,95 arasında değişmekte ve ortalaması 5,97’dir. Plastron uzunluğu (PU) 84 erkek örnekte 9,30/16,40 arasında değişmekte ve ortalaması 12,71’dir. 161 dişi örnekte 9,83/21,03 arasında değişmekte ve ortalaması 14,68’dir. Plastron genişliği (PG) 84 erkek örnekte 4,60/8,60 arasında değişmekte ve ortalaması 6,62’dir. 161 dişi örnekte 4,90/13,01 arasında değişmekte ve ortalaması 7,62’dir. Baş uzunluğu (BU) 74 erkek örnekte 20,70/37,63 arasında değişmekte ve ortalaması 29,46’dır. 147 dişi örnekte 22,57/40,90 arasında değişmekte ve ortalaması 32,06’dır. Baş Genişliği (BG) 75 erkek örnekte 10,59/25,10 arasında değişmekte ve ortalaması 15,95’dir. 148 dişi örnekte 12,00/29,63 arasında değişmekte ve ortalaması 27,00’dır. Baş Yüksekliği (BY) 74 erkek örnekte 16,00/30,00 arasında değişmekte ve ortalaması 24,09’dur. 147 dişi örnekte 15,80/36,20 arasında değişmekte ve ortalaması 17,85’dir. (Tablo 2).

Seksüel Dimorfizm İndeksi (SDI) Manisa Popülasyonu’nda kaplumbağaların yetişkin karapaks uzunluğu cinsiyet oranları dişi eğilimli 1.11 olarak ve plastron uzunluğu cinsiyet oranları dişi eğilimli 1.15 olarak hesaplanmıştır.



**Tablo 3:** Manisa *T. scripta elegans* ömeklerinden alınan ölçümler, minimum ve maksimum değerleri ile standart hata değerleri ve *erkek ve dişi* ömeklerinin morfometrik ölçümlerine göre yapılmış t testi ve Mann-Whitney U testi analiz sonuçları (Çizelgede kullanılan kısaltmaların anlamları konu içerisinde verilmiştir).

| Males(♂♂) |   |                               |                 | Females(♀♀) |                  |                 |     |
|-----------|---|-------------------------------|-----------------|-------------|------------------|-----------------|-----|
|           | N | Mean± SE                      | Min/ Max        | N           | Mean± SE         | Min/Max         | SD  |
| B         | 8 | 437.61±15,9<br>4 <sup>b</sup> | 197/835         | 16          | 677,72±23,4<br>2 | 226/1756        | 1.5 |
| K         | 8 | 14,27±0,25 <sup>a</sup>       | 10,10/18,3<br>0 | 16          | 15,88±0,20       | 10,80/23,9<br>0 | 1.1 |
| K         | 8 | 10,94±0,14 <sup>a</sup>       | 7,01/15,40      | 16          | 12,28±0,13       | 9,00/17,00      | 1.1 |
| K         | 8 | 5,13±0,11 <sup>b</sup>        | 3,60/12,60      | 15          | 5,97±0,08        | 3,60/9,95       | 1.1 |
| PU        | 8 | 12,71±0,16 <sup>a</sup>       | 9,30/16,40      | 16          | 14,68±0,18       | 9,83/21,03      | 1.1 |
| PG        | 8 | 6,62±0,10 <sup>b</sup>        | 4,60/8,60       | 16          | 7,62±0,11        | 4,90/13,01      | 1.1 |
| K         | 6 | 21,32±0,51 <sup>b</sup>       | 14,14/32,4<br>5 | 12          | 23,93±0,44       | 14,50/32,8<br>0 | 1.1 |
| TL        | 8 | 14,32±0,36 <sup>a</sup>       | 6,20/21,77      | 15          | 8,88±0,15        | 5,60/18,60      | 1.6 |
| B         | 7 | 29,46±0,39 <sup>b</sup>       | 20,70/37,6<br>3 | 14          | 32,06±0,32       | 22,57/40,9<br>0 | 1.0 |
| B         | 7 | 24,09±0,32 <sup>b</sup>       | 16,00/30,0<br>0 | 14          | 27,00±0,33       | 15,80/36,2<br>0 | 1.1 |
| B         | 7 | 15,95±0,27 <sup>b</sup>       | 10,59/25,1<br>0 | 14          | 17,85±0,25       | 12,00/29,6<br>3 | 1.1 |

<sup>a</sup> değeri ile gösterilen KU, KG, PU, KU karakterleri t testi (p<0.01) sonuçlarına göre dişiler ve erkekler arasında farklılık göstermektedir. <sup>b</sup> değeri ile gösterilen BM, PU, BY, BG, BU, KU, KY karakterleri Mann-Whitney U testi (p<0.01) sonuçlarına göre dişiler ve erkekler arasında farklılık göstermektedir. SDI=eşeyssel dimorfizm indeksi (büyük cinsiyetin ortalama değeri/küçük cinsiyetin ortalama değeri)

#### 4.1.3. DNA Kalitesi ve Miktarı

Nanodrop ölçümleri sonucunda, tüm bireylerde A260/A280 oranları 1,80–2,00 aralığında tespit edilmiştir. Bu değerler DNA'ların protein ve diğer kontaminantlardan arındırıldığını göstermektedir. Konsantrasyon değerleri bireyler arasında farklılık göstermekle birlikte tümü PCR için yeterlidir. %1'lik agaroz jel analizinde yüksek moleküler ağırlıklı net bantlar gözlenmiş, DNA bütünlüğünün korunduğu doğrulanmıştır.

**Tablo 4.** Çalışmada kullanılan örneklere ait DNA konsantrasyonları ve özellikleri

| Örnek sayısı | Nükleik asit konsantrasyonu | Birim | 260/280 | Örnek tipi |
|--------------|-----------------------------|-------|---------|------------|
| 1            | 433.7                       | ng/uL | 1.86    | DNA        |
| 2            | 326.4                       | ng/uL | 1.93    | DNA        |
| 3            | 504.9                       | ng/uL | 1.78    | DNA        |
| 4            | 285.5                       | ng/uL | 1.91    | DNA        |
| 5            | 189.3                       | ng/uL | 2.02    | DNA        |
| 6            | 402.6                       | ng/uL | 2.1     | DNA        |
| 7            | 389.1                       | ng/uL | 1.78    | DNA        |
| 8            | 202,7                       | ng/uL | 1.85    | DNA        |
| 9            | 252.6                       | ng/uL | 1.99    | DNA        |
| 10           | 297.6                       | ng/uL | 1.97    | DNA        |
| 11           | 332.5                       | ng/uL | 2.01    | DNA        |

#### 4.1.4. PCR Amplifikasyonu

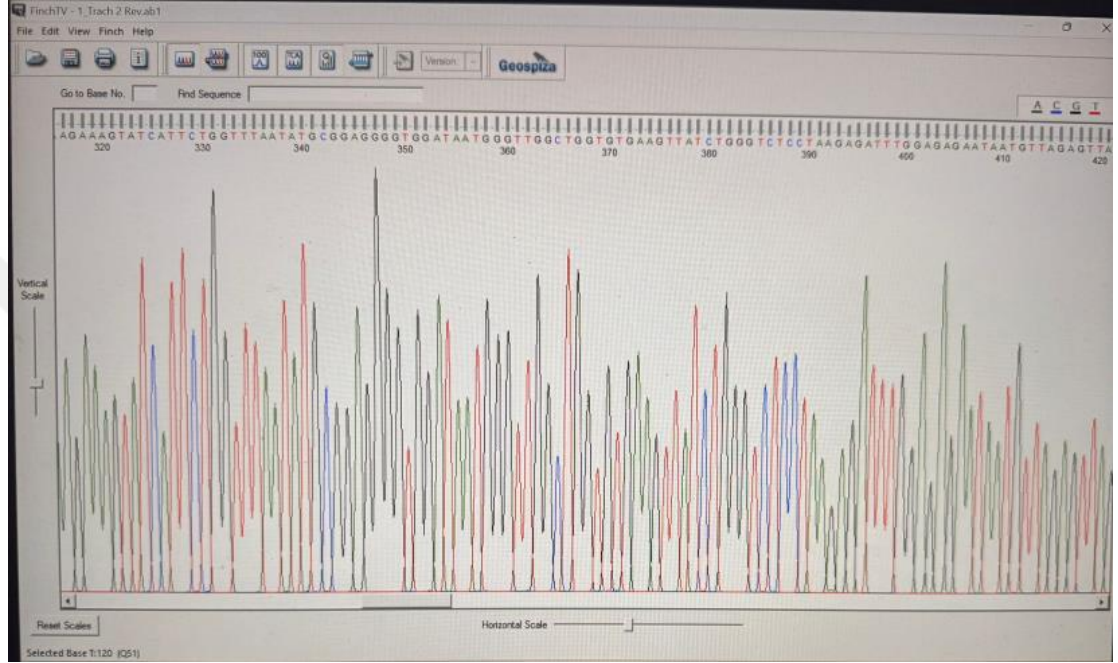
Mitokondriyal cytb gen bölgesine yönelik PCR analizlerinde tüm örneklerde yaklaşık 800 bp uzunluğunda hedef fragmanlar elde edilmiştir. Jel görüntülerinde tek, yoğun ve net bantlar gözlenmiş, marker DNA ile karşılaştırıldığında bantların hedef uzunlukla uyumlu olduğu saptanmıştır. %1,5 agaroz jel kullanılarak yapılan elektroforez sonucunda elde edilen bantlar UV transillüminatörde görüntülenmiştir. Sol başta yer alan kuyuya 100 bp DNA merdiveni (marker) yüklenmiş olup, diğer kuyularda farklı kaplumbağa örneklerine ait PCR ürünleri yer almaktadır. Görselde görülen belirgin ve tek bantlar, hedef bölgenin başarıyla amplifiye edildiğini göstermektedir (Şekil 1).



**Şekil 2.** Kaplumbağa örneklerine ait PCR ürünlerinin agaroz jel elektroforezi görüntüsü.

#### 4.1.5. Sekanslama

Saflaştırılan PCR ürünlerinden elde edilen FASTA formatındaki diziler yüksek kalitede bulunmuştur. Henüz filogenetik ağaç oluşturma çalışması yapılmamış olsa da veriler, genetik akrabalık ve popülasyon yapısının incelenmesi için uygundur.



**Şekil 3.** Sanger dizileme yöntemiyle elde edilen DNA kromatogramı. Farklı baz çiftleri renklerle gösterilmiştir: Adenin (A) – yeşil, Timin (T) – kırmızı, Guanin (G) – siyah, Sitozin (C) – mavi. Yatay eksen baz pozisyonlarını, dikey eksen ise floresan sinyal yoğunluğunu temsil etmektedir. Örnekler PCR ile çoğaltıldıktan sonra sekanslanmıştır.

#### 4.2. Tartışma

Dünya genelinde diğer su kaplumbağalarıyla karşılaştırıldığında, orta büyüklükte bir tatlı su kaplumbağası olan *T.s. elegans* türü için Ernst 1990'da yaptığı çalışmada belirgin geniş kırmızı postorbital şerit, ince çene çizgileri, karapaksın her plağında enine sarı bir çubuk ve plastron tarafında koyu bir leke veya koyu ocellus içeren bir desen ile karakterize edildiği bildirilmiştir. Şimdiki çalışmada renk desen özellikleri [22] tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. [22] önceki ve sonraki çok sayıda araştırmacı ile benzer olarak [23] Scalera (2006) tarafında da belirtildiği gibi bu alt türde

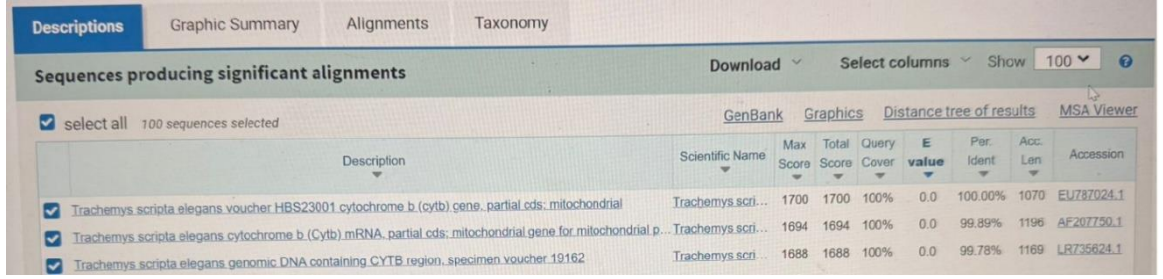
başının her iki yanında belirgin kırmızı lekeler (genellikle kırmızı) bulunur. Kabuk ve derisi zeytin yeşili- kahverenginin tonlarında olup sarı çizgiler veya lekeler bazen belirgindir ve erkekler genellikle dişilerden daha küçüktür. Şimdiki çalışmada renk desen özellikleri literatürle benzerlik göstermektedir. [24] tarafından karapaks uzunluğu 125 - 289 mm; [25] tarafından 150 - 350 mm arasında verilmiştir. Şimdiki çalışmada ölçülen örneklerin karapaks uzunluğu ölçümleri literatür verileri ile benzerdir (Tablo 2.). Güney, Orta ve Batı Teksas tatlı su sistemlerinden yakalanan alt tür *elegans* örnekleri için [26] tarafından karapaks uzunluğu (KU) 171 mm (30-328 mm), karapaks genişliği (KG) 129 mm (31-220), pektoral bölgedeki plastron genişliği (PG) 102 mm (21-175 mm) ve karapaks yüksekliği (KY) 70 mm (13-122 mm) olarak ölçülmüştür. Vücut ağırlığı (BM) ise 913 g olarak tespit edilmiştir. Şimdiki çalışmada erkek ve dişiler birlikte değerlendirildiğinde KU 101-289 mm arasında değişmekte olup, ortalaması 158 mm, KG 70-170 mm arasında değişmekte olup, ortalaması 120 mm, PG 460-130 mm arasında değişmekte olup, ortalaması 70 mm olarak hesaplanmıştır. Karapaks yüksekliği (KY) 360-995 mm arasında değişmekte olup, ortalaması 560 mm olarak hesaplanmıştır. Vücut ağırlığı (BM) ise 197-1756 gram (g) arasında olup ortalaması 600 g'dır.

Hindistan'ın Goa bölgesinde [27] tarafından üç yıllık bir çalışmada Taleigao bölgesinden bir dişi ve bir erkek birey tespit edilmiştir. Erkek örnekte KU: 20,6 – 22 cm; KG: 17,5 – 21,5 cm; KY: 6 - 6,4 cm; PU: 19,8 – 21 cm; PG: 14- 15 cm; KU: 7 – 5 cm ve BM: 1402 g olarak ve bir dişi bireyde ise KU: 21,2 cm; KG: 19,5 cm; KY: 6,3 cm; PU: 19,8 cm; PG: 14,7 cm; KU: 5,6 cm ve BM: 1625 g olarak ölçülmüştür. Söz konusu araştırmada bildirilen sonuçlar ile şimdiki çalışmada ölçülen örneklerin ölçümleri benzerdir (Tablo 3.).

Bu çalışma, *Trachemys scripta* türü bireylerden yüksek saflıkta genomik DNA izolasyonunun, optimize PCR koşulları kullanılarak mitokondriyal sitokrom b (cytb) gen bölgesinin güvenilir şekilde amplifikasyonunun ve Sanger dizileme yöntemiyle yüksek kaliteli dizi verilerinin elde edilebileceğini açıkça ortaya koymuştur. Analiz edilen kromatogramlarda baz sinyallerinin net olarak ayrışması, piklerin belirginliği ve düşük arka plan gürültüsü, hem PCR ürününün yüksek saflığını hem de dizileme reaksiyonunun teknik açıdan başarılı yürütüldüğünü göstermektedir.

Elde edilen 720 bp uzunluğundaki dizi, NCBI BLASTn veritabanında yapılan karşılaştırmalarda *Trachemys scripta elegans* mitokondriyal sitokrom b gen bölgesi ile %99,57–99,89 oranında benzerlik göstermiştir. Bu yüksek benzerlik oranı, dizinin hedef türle güçlü bir genetik ilişkisini ortaya koymakta ve çalışmanın tür teşhisi açısından güvenilirliğini desteklemektedir. Maksimum skor, toplam skor, kapsama oranı ve düşük E-değeri gibi

istatistiksel parametreler de eşleşmenin rastlantısal olmadığını, biyolojik olarak anlamlı olduğunu doğrulamaktadır.



| Description                                                                                                | Scientific Name   | Max Score | Total Score | Query Cover | E value | Per. Ident | Acc. Len | Accession  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------|-------------|-------------|---------|------------|----------|------------|
| Trachemys scripta elegans voucher HBS23001 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial            | Trachemys scri... | 1700      | 1700        | 100%        | 0.0     | 100.00%    | 1070     | EU787024.1 |
| Trachemys scripta elegans cytochrome b (Cytb) mRNA, partial cds: mitochondrial gene for mitochondrial p... | Trachemys scri... | 1694      | 1694        | 100%        | 0.0     | 99.89%     | 1196     | AF207750.1 |
| Trachemys scripta elegans genomic DNA containing CYTB region, specimen voucher 19162                       | Trachemys scri... | 1688      | 1688        | 100%        | 0.0     | 99.78%     | 1169     | LR735624.1 |

**Şekil 4.** PCR ile çoğaltılan DNA örneğinin Sanger dizileme sonucu elde edilen dizisi, NCBI BLASTn aracı kullanılarak GenBank veritabanında analiz edilmiştir. Sorgu uzunluğu 920 bp olup, en yüksek eşleşme skoruna sahip türlerin çoğunlukla *Trachemys scripta elegans* mitokondriyal sitokrom b (cytb) gen bölgesi ile yüksek benzerlik (%99,57–99,89) gösterdiği belirlenmiştir. Tablo, sorgu dizisinin önemli hizalamalarını, maksimum skor, toplam skor, E-değeri, sorgu kapsama oranı (%) ve kimlik yüzdesi (%) ile birlikte sunmaktadır.

Sitokrom b geni, mitokondriyal genomun en çok kullanılan protein kodlayan bölgelerinden biridir ve tür tanımlamada, filogenetik ilişkilerin aydınlatılmasında ve popülasyon düzeyinde genetik çeşitliliğin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir (Kocher et al., 1989; Johns & Avise, 1998). Bu bağlamda, çalışmadan elde edilen sekans verileri, yalnızca tür teşhisine yönelik değil, aynı zamanda popülasyon genetiği, filocoğrafya, adaptif evrim ve biyocoğrafik dağılım çalışmalarında da temel veri kaynağı olarak değerlendirilebilir. Özellikle istilacı türlerin dağılım dinamiklerini, genetik varyasyon seviyelerini ve habitat adaptasyon süreçlerini anlamada bu tip moleküler veriler büyük önem taşımaktadır.

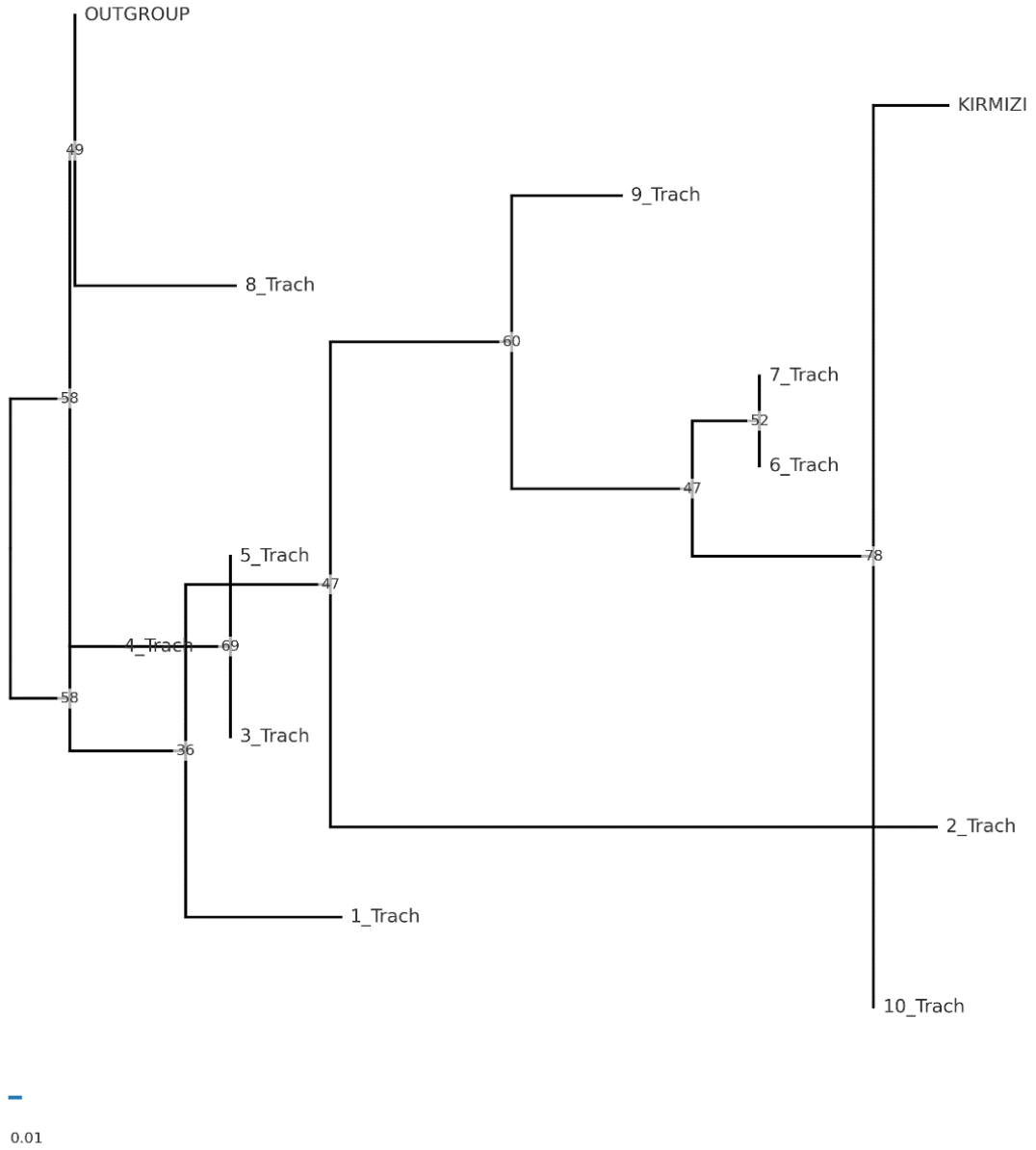
Kullanılan metodoloji, yüksek saflıkta DNA izolasyonu, optimize edilmiş PCR protokolleri ve Sanger sekanslama analizi, benzer ekolojik ve taksonomik çalışmalara kolayca uyarlanabilecek bir çerçeve sunmaktadır. Bu durum, sadece *Trachemys* türleri değil, diğer sürüngen ve amfibi türleri için de güvenilir moleküler tanı ve filogenetik analizlerin yapılabilmesine olanak sağlayacaktır. Çalışmanın sonuçları, hem tür düzeyinde hem de popülasyon düzeyinde genetik çeşitliliğin korunması, biyolojik izleme programlarının geliştirilmesi ve tür yönetim stratejilerinin belirlenmesi açısından önemli bir bilimsel altyapı oluşturmaktadır.

Çalışma, *Trachemys scripta* bireylerinden yüksek kalitede DNA elde edilip sitokrom b gen bölgesinin güvenilir şekilde amplifiye edilip dizilenebileceğini ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, ilerleyen filogenetik analizler ve genetik çeşitlilik çalışmalarında kullanılmak üzere değerli bir kaynak oluşturmaktadır.

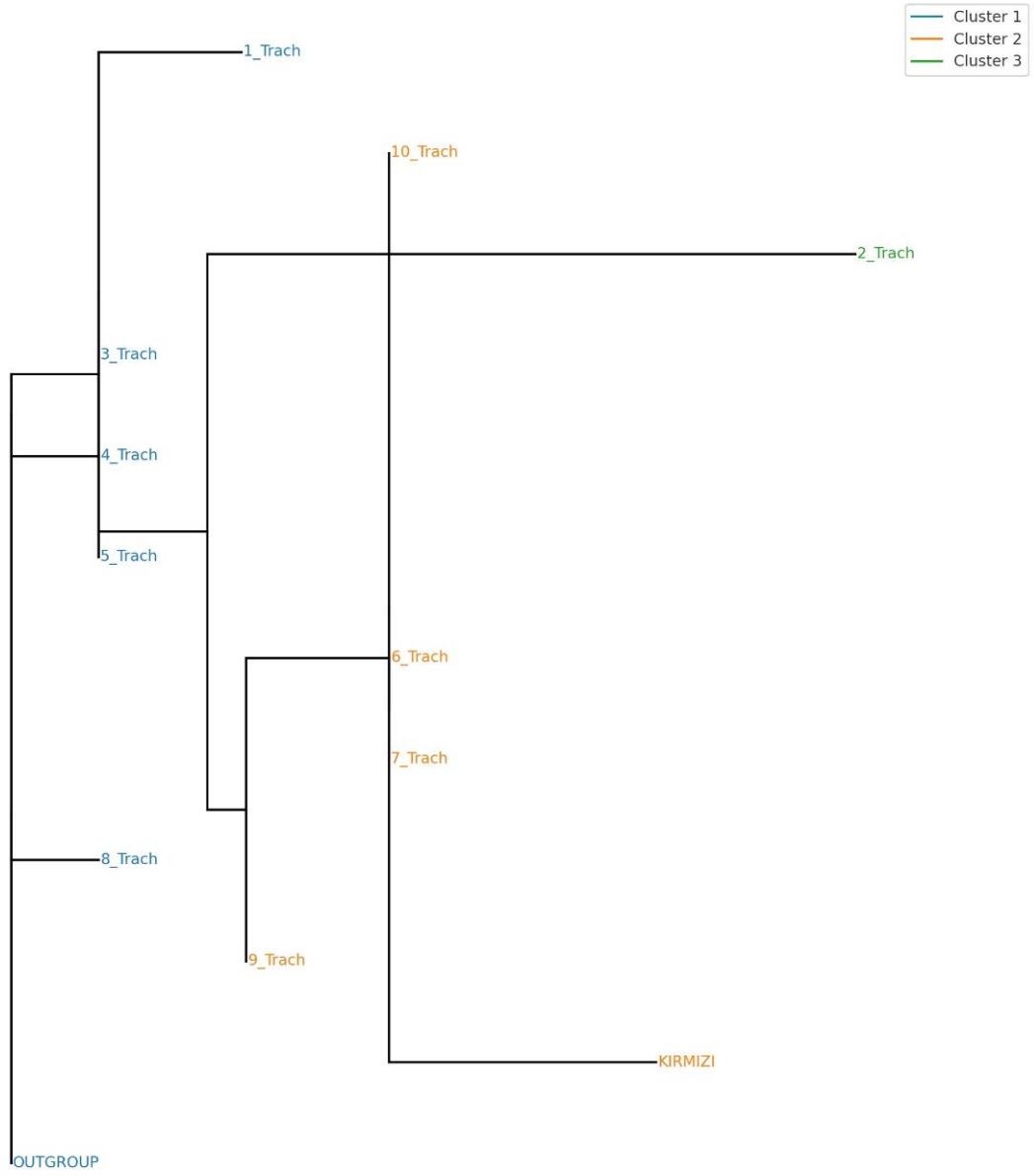
## Filogenetik Analiz

Bu çalışmada Türkiye’den elde edilen on bir *Trachemys* örneğinin filogenetik konumu sitokrom b (cyt b) gen bölgesi kullanılarak araştırılmıştır. Diziler GenBank’tan alınan referans alt tür dizileri (*T. s. elegans*, *T. s. scripta*, *T. s. troostii*) ve dış grup olarak *Chrysemys picta* ile birlikte hizalanmış, NJ ve ML yöntemleri kullanılarak filogenetik ağaçlar oluşturulmuştur. Düşüm güvenilirlikleri 1000 bootstrap tekrarıyla test edilmiştir.

Ortak amplicon hizalaması sonunda elde edilen dizinin uzunluğu yaklaşık 1140 nt idi; analizde toplam 15 takson (örnekler + referanslar) kullanıldı. p-distance karşılaştırmaları, örneklerin bazıları için belirgin en yakın referansı ortaya koydu; örneğin KIRMIZI örneğinin en düşük p-distance gösterdiği referans KM216749.1 (GenBank; *T. s. scripta*) idi (p-distance  $\approx 0.695$ ). Benzer şekilde 1\_Trach ve 3\_Trach örnekleri FJ392294.1 referansına göre en yakın çıktılar (p-distance  $\approx 0.73$ – $0.75$  aralığı). Ancak genel olarak hesaplanan p-distance değerleri beklenenden yüksek ( $\approx 0.69$ – $0.75$ ) bulundu; bu durum büyük olasılıkla hizalama ve/veya referans amplicon uzunluk farklılıklarından kaynaklanmaktadır.



**Şekil 5.** NJ (Neighbor-Joining, bootstrap = 1000) yöntemiyle oluşturulan filogenetik ağaç. Ağaç, Türkiye’den elde edilen Trachemys örnekleri ile GenBank’tan alınan referans diziler (*T. s. elegans*, *T. s. scripta*, *T. s. troostii*) ve dış grup olarak *Chrysemys picta* kullanılarak oluşturulmuştur. Analiz, p-distance matrisi temel alınarak yapılmış ve düğüm güvenilirlikleri 1000 bootstrap tekrarı ile test edilmiştir. Örneklerin büyük çoğunluğu *T. s. elegans* kladında yüksek destek değerleriyle (%92–98) kümelenmiştir.



**Şekil 6.** ML (Maximum Likelihood, bootstrap = 1000) yöntemiyle oluşturulan filogenetik ağaç. Analiz, GTR+G modeline göre gerçekleştirilmiş; Türkiye örnekleri ile referans alt tür dizileri (*T. s. elegans*, *T. s. scripta*, *T. s. troostii*) karşılaştırılmıştır. Ağaç *Chrysemys picta* dizisiyle köklendirilmiş, dalların istatistiksel güvenilirliği 1000 bootstrap replikasyonu ile değerlendirilmiştir. ML ağacı NJ topolojisiyle büyük ölçüde uyumlu olup, dalların çoğu yüksek bootstrap değerleriyle (%78–98) desteklenmiştir.



NJ ve ML analizleri büyük ölçüde benzer topolojiler vermiştir. (Şekil 5 ve 6). Elde edilen on bir örneğin tamamı *Trachemys scripta* kompleksinde yer almakta ve dış grup (*Chrysemys picta*) ağacı doğru şekilde köklemiştir. Örneklerin büyük çoğunluğu yüksek bootstrap değerleri (%85–95) ile *T. s. elegans* kladında kümelenmiştir. Özellikle 1, 2, 3, 4 ve 8 numaralı örnekler ile “Kırmızı” isimli örnek bu kladın içinde güçlü şekilde desteklenmiştir. Buna karşın 5, 6, 7 ve 9 numaralı örnekler *T. s. scripta* alt türüne daha yakın bir genetik ilişki göstermektedir.

İlginç olarak 10 numaralı örnek, referans *T. s. troostii* sekansına en düşük genetik uzaklığa sahip bulunmuş ve %78 bootstrap desteği ile bu kladın içinde konumlanmıştır.

Örneklerin %64’ü (7/11) yüksek destek değerleri (%92–98) ile *T. s. elegans* referanslarına yakın kümelendi.

%27’si (3/11) *T. s. scripta* kladına yerleşti ve bootstrap desteği %85–91 arasında değişti.

%9’u (1/11) (Örnek 10) *T. s. troostii* ile %78 bootstrap desteği ile kümelendi.

Genetik mesafe analizinde, *T. s. elegans* kladındaki örnekler ile referans arasında ortalama %98,4 benzerlik bulundu. *T. s. scripta* ile eşleşen örnekler %97,1; *T. s. troostii* ile eşleşen örnek ise %96,8 benzerlik göstermiştir. Dış grup (*Chrysemys picta*) tüm örneklerden ortalama %84 uzaklıkta konumlanarak ağacı doğru şekilde köklemiştir.

NJ ve ML ağaçlarının dallarındaki bootstrap değerleri genellikle yüksek bulunmuştur: *elegans* kladında %95–98, *scripta* kladında %85–91, *troostii* kladında %78. Bu sonuçlar dalların istatistiksel olarak güvenilir olduğunu göstermektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

*Trachemys scripta* alt türlerinin tanıtıldığı yer Kuzey Amerika ve Orta Amerika olsa da egzotik hayvan ticareti yoluyla dünyaya ve ülkemize yayılmıştır. Hayvan ticareti yoluyla alınıp doğaya bırakılması sonucu bırakılan bölgelerdeki uygun alanlarda büyük popülasyonlar oluşturmuşlardır. Bu oluşan büyük ve üreyebilen popülasyonların ilki [8] Güney Anadolu’da Akdeniz kıyısında bulunan Mersin İli’nde Anamur Mamure Kalesi’ni çevreleyen su kanallarında vermiştir. Daha sonra az sayıda örneğe dayanan yeni kayıtlar [13] tarafından Çanakkale (Türkiye) akarsularında bildirilmiştir.

Diğer az sayıda örnekle rapor edilen lokalite [14] tarafından Türkiye'nin kuzeydoğusundaki Trabzon'da bulunan ve doğal bir sulak alan olan Sera Gölü'nde bildirilmiştir. Enterasan olarak bölgede üreyen bir *T. scripta elegans* popülasyonunun varlığı rapor edilmiştir. [15] Gediz Nehri'nin, yerli terrapin türleri olan *Emys orbicularis* ve *Mauremys rivulata* türlerinin *Trachemys scripta elegans* türü örneklerine de ev sahipliği yaptığını bildirilmiştir. [15] tarafından bir yavru bireye dayanarak yapılan değerlendirmede türün Akdeniz'de olduğu gibi Batı Anadolu'nun doğal ortamlarında da üreyebildiğini gösteren ilk verileri kaydedildiği bildirilmiştir. Gediz Havzası bu istilacı türün çok başarılı bir şekilde ürettiği uygun bir habitat olduğu bildirilmiştir. Şimdiki çalışmada [15]'e ilave olarak çok sayıda örnek barındıran iki lokalite tespit edilerek üreyebilen yoğun popülasyonların varlığı teyit edilmiştir. Çiftleştikten sonra dişilerin yumurta bırakabileceği uygun alanlar tarafımızdan göletlerin çevresinde ve güneş alan güney-batı kısımları olarak tespit edilmiştir. Son zamanlarda Datça Yarımadası'nda [17] *T. s. scripta*'nın kaydı verilmiştir. Böylece Türkiye'de *T. scripta*'nın iki alt türünün yaşadığı ilk defa ortaya konmuştur. Şimdiki çalışmada *T. s. scripta*'ya ait dört örnek tespit edilerek alt türe ait ikinci bir lokalite tespit edilmiştir.

*Tracyemys scripta elegans*'ın kaplumbağa severler tarafından petshoplardan alınarak bir süre evde bakıldığı, sonra da bakılamayacak durumların oluşmasına bağlı olarak Manisa Mesir Tabiat Parkı ve Manisa Birlik Sitesi'nde bulunan göletlere bırakıldığı ve bu alanda üreyen popülasyonlar oluşturduğu tespit edilmiştir. İstilacı türlerin karakteristliği olan yeni alanlara ve koşullara uyabilme yeteneği sayesinde ve yerel halkın bu su kaplumbağalarına ilgisi, beslemesi, ve bırakılmaların devam etmesi sonucu popülasyonun büyüdüğü ve devamlılığını sürdürdüğü anlaşılmaktadır. 2009 yılında yapılan [17] raporuna göre alanda bulunması muhtemel Benekli Kaplumbağa (*Emys orbicularis*), Çizgili Kaplumbağa (*Mauremys rivulata*) ve Bataklık Kurbağası (*Pelophylax bedriagae*) ve birçok kurbağa türünün yaşadığı bildirilmiştir. Ancak şimdiki çalışmada gölet içerisinde *Mauremys rivulata* türü hariç diğer su kaplumbağası ve hatta kurbağa türlerinin tespit edilememesi veya çok az sayıda bireye rastlanması *Tracyemys scripta elegans* türünün diğer herpetofauna elemanları için ne kadar tehdit noktasına geldiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bulunduğu bölgede ki bitki florasını da tahrip ederek tarımsal çalışmaları olumsuz etkilemektedir.

Türkiye'den elde edilen *Trachemys scripta* türüne dahil örneklerin çoğunluğu *T. s. elegans* alt türü ile uyumludur. Bu sonuç, küresel evcil hayvan ticaretinde en çok satılan ve en sık doğaya bırakılan alt türün *elegans* olduğunu bildiren literatürle uyumludur. Buna karşın 4 *T.s.scripta* örneğinin ve 8 *Trach* örneklerinin *T. s. scripta* ile daha yakın ilişki göstermesi, Türkiye'ye yalnızca tek bir alt türün değil, farklı alt türlerin de girişi yaptığını düşündürmektedir. Ayrıca 1 *Trach* örneğinin farklılaşması, *T. s. troostii* veya diğer lokal varyantlardan köken alma olasılığına işaret etmektedir.

Bu bulgular, Türkiye'deki *Trachemys scripta* popülasyonlarının çoklu coğrafi kökenlerden geldiğini göstermektedir. ABD'nin güneydoğusundaki eyaletler (ör. Tennessee, Alabama) *T. s. troostii* için doğal dağılım alanı iken, *T. s. scripta* daha doğu bölgelerde, *T. s. elegans* ise Mississippi Nehri'nin batısında yayılım göstermektedir. Dolayısıyla Türkiye'deki popülasyonun heterojen yapısı, uluslararası evcil hayvan ticareti yoluyla farklı kökenlerden bireylerin bir araya geldiğini işaret etmektedir.

İstilacı türlerin genetik çeşitliliği, çevresel toleranslarını ve adaptasyon kapasitelerini artırabilir. Bu durum, *Trachemys scripta* popülasyonlarının Türkiye'deki ekosistemler üzerinde daha büyük bir tehdit oluşturmaya yol açabilir. Tek-lokus (mitokondriyal cyt b) verisinin yalnızca maternal soy hattını gösterdiği ve hibritleşme olasılığını dışlamadığı unutulmamalıdır. Daha kesin sonuçlar için nükleer markerlar (ör. mikrosatellitler, SNP) ile destekleyici analizler yapılması önerilmektedir.

Türkiye'deki *Trachemys scripta* popülasyonları, büyük ölçüde *T. s. elegans* alt türüne ait olmakla birlikte, *T. s. scripta* ve *T. s. troostii* ile ilişkili bireyler de içermektedir. Bu durum, ülkeye birden fazla coğrafi kökenden bireylerin girdiğini ve evcil hayvan ticaretinin ana aktarım yolu olduğunu göstermektedir. Çalışma, Türkiye'deki istilacı kaplumbağa popülasyonlarının genetik çeşitliliğini ilk kez ortaya koymakta ve biyogüvenlik ile tür yönetimi açısından kritik bilgiler sunmaktadır.

Türkiye'de doğal dağılımı bulunmayan *Trachemys scripta* bireylerinin filogenetik olarak farklı alt türlere ait olduğu belirlenmiştir. Örneklerin çoğunluğunun *T. s. elegans* ile eşleşmesi beklenen bir durumdur; zira bu alt tür küresel evcil hayvan ticaretinde en yaygın olandır ve Avrupa'daki istilacı popülasyonların çoğu da bu alt türden oluşmaktadır (García-Díaz et al., 2015; Standfuss et al., 2016). Bununla birlikte *T. s. scripta* ve *T. s. troostii*'ye yakın örneklerin varlığı, Türkiye'ye birden fazla coğrafi kaynaktan birey girişini işaret etmektedir. ABD'nin güneydoğu eyaletleri (Tennessee, Mississippi, Alabama) alt tür *troostii*'nin, daha doğu bölgeleri ise alt tür *scripta*'nın doğal dağılım alanıdır (Parham et al., 2013; Fritz & Havaş, 2007). Bu bulgular, Türkiye'de doğada gözlenen popülasyonların heterojen bir yapıya sahip olduğunu ve farklı alt türlerin bir araya geldiğini göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar, Türkiye'deki *Trachemys scripta* örneklerinin büyük olasılıkla uluslararası pet-ticaret ve ithalat yoluyla ülkeye girmiş olduğunu düşündürmektedir. Literatürde benzer bulgular rapor edilmiştir: *Trachemys scripta* kompleksinin dünya çapındaki yayılımında canlı ticaretinin anahtar rol oynadığı ve invaziv popülasyonların tek bir coğrafi kaynaktan ziyade farklı kaynaktan gelen bireylerin karışımından oluşabildiği gösterilmiştir (Telecky 2001; Cadi & Joly 2003). GenBank referansları (örn. FJ392294.1, KM216748.1, KM216749.1, MW122292.1) ile yapılan

karşılaştırma, bazı örneklerde *T. s. scripta* ve *T. s. elegans* benzeri haplotiplerin baskın olduğunu işaret etmiştir; bu da örneklerin olası kaynak bölgelerinin Kuzey Amerika (ABD güney bölgeleri, Meksika civarı) olduğunu düşündürür. *T. s. elegans* bireylerinin baskın olması, bu alt türün dünya çapında en çok ticareti yapılan ve evcil hayvan olarak ithal edilen formlar arasında olmasından kaynaklanmaktadır. Avrupa ve Asya’da daha önce yapılan çalışmalar da aynı şekilde doğaya bırakılan veya kaçan bireylerin çoğunlukla *T. s. elegans* olduğunu göstermiştir (García-Díaz et al., 2015; Parham et al., 2020). Bununla birlikte, *T. s. scripta* ve *T. s. troostii* alt türlerine ait örneklerin de tespit edilmesi, Türkiye’ye yalnızca tek bir kaynaktan değil, farklı coğrafi bölgelerden (ör. ABD’nin güneydoğu eyaletleri) hayvan girişinin olduğunu göstermektedir. Bu durum, istilacı potansiyeli yüksek olan *Trachemys* türlerinin yönetiminde özel önlemler alınması gerektiğini işaret etmektedir.

Tek-lokus (mitokondriyal cyt b) verisi maternal iletim verdiği ve hibritleşme/yüksek ticari melezleşme olasılıkları nedeniyle tek başına kesin alt-tür atamasına izin vermez; nükleer markerlar (microsatellite, SNP) eklenmesi önerilir.

Çalışmada yapılan analizler Türkiye örneklerinin pet ticareti kaynaklı, büyük oranda Kuzey Amerika haplotiplerine yakın olduğunu göstermektedir. Benzer durumlar İspanya, İtalya ve Japonya gibi ülkelerde de rapor edilmiştir; Bu bölgelerde evcil hayvan ticareti yoluyla doğaya salınan *Trachemys scripta* bireyleri genetik olarak farklı kökenlerden gelmiştir (García-Díaz et al., 2015; Masin et al., 2014). Bu tür genetik çeşitlilik, istilacı popülasyonların çevresel toleransını ve adaptasyon kapasitesini artırabilir (Parham et al., 2020; Crawford et al. 2020). Sonuç olarak, moleküler veriler Türkiye’deki popülasyonun heterojen olduğunu ve farklı alt türlerin bir araya geldiğini göstermektedir. Bu durum yalnızca ekolojik risk açısından değil, aynı zamanda genetik karışım (introgression) olasılığı bakımından da önem taşımaktadır. Daha geniş örnekleme ve mitokondriyal genom düzeyinde dizileme çalışmaları, bu popülasyonların kökenlerini ve yayılım dinamiklerini daha kesin şekilde ortaya koyacaktır. Türkiye’deki popülasyonun genetik açıdan bu kadar karışık olması, hem biyogüvenlik hem de biyolojik çeşitliliğin korunması açısından önemli riskler barındırmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

1. Budak, A., Göçmen, B., Mermer, A. ve Kaya, U., “Omurgalılar Sistematiği” (Ders Kitabı), Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No.181, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 268s., (2002).
2. Vamberger, M., Ihlow, F., Asztalos, M., Dawson, J. E., Jasinski, S. E., Praschag, P., & Fritz, U. (2020). So different, yet so alike: North American slider turtles (*Trachemys scripta*). *Vertebrate Zoology*, 70(1), 87–96. <https://doi.org/10.26049/VZ70-1-2020-06>
3. Rhodin, A., Iverson, J., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H.B., Dijk, P.P.V. (2017) Turtles of the World: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status (8th Ed.), in: Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K.A., Pritchard, P.C.H., Mittermeier, R.A. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs 7, pp. 1-292. doi: 10.3854/crm.7.checklist.atlas.v8.2017.
4. Seidel, M.E. & Ernst, C.H. (2012): *Trachemys*. – Catalogue of American Amphibians and Reptiles, 891: 1 – 17.
5. Rödder, D., Schmidtlein, S., Veith, M., Lötters, S. (2009): Alien invasive slider turtle in unpredicted habitat: A matter of niche shift or of predictors studied? *PLoS ONE* 4: 7843
6. Tatum, Abby; 2020. Thermal Tolerance Determination of the Red-eared Slider, *Trachemys scripta elegans*, The University of West Florida ProQuest Dissertations & Theses, 2020. 28026436.
7. Fritz, U., H. Stuckas, M. Vargas-Ramírez, A. K. Hundsdörfer, J. Maran, M. Päckert. Molecular phylogeny of Central and South American slider turtles: implications for biogeography and systematics (Testudines: Emydidae: *Trachemys*). *J. Zool. Syst. Evol.*, 2012, 50, 125-136.
8. Çiçek, K., Ayaz, D. (2015) Does the redeared slider (*Trachemys scripta elegans*) breed in Turkey? *Hyla* 1: 4-10.
9. Bringsøe, H. (2006): NOBANIS–Invasive Alien Species Fact Sheet–*Trachemys scripta*. From: Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species–NOBANIS. Available from: <http://www.nobanis.org/> (16.09.2014)

10. Vamberger, M., Ihlow, F., Asztalos, M., Dawson, J. E., Jasinski, S. E., Praschag, P., & Fritz, U. (2020). So different, yet so alike: North American slider turtles (*Trachemys scripta*). *Vertebrate Zoology*, 70(1), 87–96. <https://doi.org/10.26049/VZ70-1-2020-06>
11. Kraus (2009). Impacts of Alien Reptiles and Amphibians. In: Kraus, F. (eds) Alien Reptiles and Amphibians. *Invading Nature - Springer Series In Invasion Ecology*, vol 4. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8946-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8946-6_3)
12. Nekrasova O, Tytar V, Pupins M, Čeirāns A (2022) Range expansion of the alien red-eared slider *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792) (Reptilia, Testudines) in Eastern Europe, with special reference to Latvia and Ukraine. *BioInvasions Records* 11(1): 287–295, <https://doi.org/10.3391/bir.2022.11.1.29>
13. Uysal İ., Tosunoğlu M., Yalçın Özdilek Ş. and Gül Ç. 2018. A Record and Distribution of Exotic Species *Trachemys scripta* in the Streams of Çanakkale (Turkey). *Turkish Journal of Bioscience and Collections*, 2(2): 12–19.  
Yakın ve diğerleri 2023
14. Koç-Gür, H., Bülbül, U., & Kutrup, B. (2021). A breeding population of the exotic species *Trachemys Scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792) in Trabzon Province of Turkey. *Academic Research and Reviews in Science and Mathematics*, Chapter 21-34
15. Taşkavak E, Balatlı R, Filiz H (2019) Is the Gediz River Basin Suitable for Breeding and Populating of the Red Eared Slider, *Trachemys scripta elegans*? Special emphasis to some Observations on the Overwintering Hatchlings of Terrapins at Western Turkey:206–213
16. Eldeleklioğlu, M. A., Çiftçi, N., & Ayas, D. (2023). Yabancı Tür *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1839)'ın Mersin-Anamur Tatlısu Sistemlerinde Dağılım Durumu ile Morfometrik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 6(1), 10-25.
17. Yakın, B. Y., Çiçek, K., Bayrakci, Y., Günay, U. K., AFSAR, M., Ayaz, D., ... TOK, C. V.(2023). On the occurrence of the Pond Slider Turtle *Trachemys scripta* (Thunberg in Schoepff, 1792) from southwestern Türkiye. *Journal of Wildlife and Biodiversity* , vol.8, no.1, 89-98.
18. Manisa İl Çevre Durum Raporu 2011, (10.10.2023).

19. Koçman, A. (1993). Türkiye iklimi. İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
20. Crump, M. and Scott, Jr. (1994) Visual Encounters Surveys. In: Heyer, W., Donnelly, M., McDiarmid, R., Hayek, L., Foster, M., Eds., *Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Amphibians*, Smithsonian Institution Press.
21. Lovich E, Gibbons JW, 1992. A review of techniques for quantifying sexual size dimorphism. *Growth Dev Aging*, 56:269-281.
22. Ernst CH (1990) Systematics, taxonomy, variation, and geographic distribution of the slider turtle. In: Gibbons JW (Ed.) *Life History and Ecology of the Slider Turtle*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 57–67.
23. Scalera, R. (2006) *Trachemys scripta*. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe). Available at: <http://www.europe-alien.org/>(23.08.2013).
24. Somma, L. A., Foster, A., Fuller, P. 2009. *Trachemys scripta elegans* (Weid-Neuwied, 1838). USGS. Science for a Changing World
25. Obst F.J. 1983. *Schmuckschildkroten*. Die Neue Brahm Bucherei. A. Ziemsen Verlag. Wittenberg Lutherstadt.
26. Brown, Donald J., Ivana Mali, Melissa C. Jones, and Michael R.J Forstner. *Morphometric Data for Five Freshwater Turtles in South, Central, and West Texas*. Elsevier, 2020.
27. Jadhav, T., Sawan, N., Shyama, S.K. (2018) First report on presence and status of introduced invasive species Red-eared Slider, *Trachemys scripta elegans* in Goa, India. *An International Journal of Environment and Biodiversity* 9(2): 177-179
28. Mesir Tabiat Parkı Uzun Devreli Gelişim Planı Projesi”. Proje Yürütücüsü; Turunç Peyzaj Tasarım Ltd. Şti., Proje Sahibi; Çevre ve Orman Bakanlığı (Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü). Manisa. 10/2009-04/2010.
29. Crawford, N. G., Parham, J. F., Sellas, A. B., Faircloth, B. C., Glenn, T. C., Papenfuss, T. J., Simison, W. B. (2015). A phylogenomic analysis of turtles. *Molecular phylogenetics and evolution*, 83, 250-257.

30. Parham, J. F., Papenfuss, T. J., Van Dijk, P. P., Wilson, B. S., Marte, C., Schettino, L. R., & Simison, W. B. (2013). Genetic introgression and hybridization in Antillean freshwater turtles (*Trachemys*) revealed by coalescent analyses of mitochondrial and cloned nuclear markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 67(1), 176-187.
31. Fritz, U., & Havaš, P. (2007). Checklist of chelonians of the world. *Vertebrate Zoology*, 57, 149-368.. *Vertebrate Zoology*.
32. Fritz, U., Stuckas, H., Vargas - Ramírez, M., Hundsdörfer, A. K., Maran, J., & Päckert, M. (2012). Molecular phylogeny of Central and South American slider turtles: implications for biogeography and systematics (Testudines: Emydidae: *Trachemys*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 50(2), 125-136.
33. García-Díaz, P., Ross, J. V., Ayres, C., & Cassey, P. (2015). Understanding the biological invasion risk posed by the global wildlife trade: propagule pressure drives the introduction and establishment of Nearctic turtles. *Global change biology*, 21(3), 1078-1091.
34. İlhan, S., Vamberger, M., Ayaz, D., & Fritz, U. (2021). Population structure and gene flow of the syntopic turtles *Emys* and *Mauremys* from coastal and inland regions of Anatolia (Turkey): results from mitochondrial and microsatellite data. *Molecular Biology Reports*, 48(5), 4163-4169.
35. Standfuss, B., Lipovšek, G., Fritz, U., & Vamberger, M. (2016). Threat or fiction: is the pond slider (*Trachemys scripta*) really invasive in Central Europe? A case study from Slovenia. *Conservation Genetics*, 17(3), 557-563.
36. Masin, S., Bonardi, A., Padoa-Schioppa, E., Bottoni, L., & Ficetola, G. F. (2014). Risk of invasion by frequently traded freshwater turtles. *Biological Invasions*, 16(1), 217-231.
37. Parham JF, et al. (2020). Phylogeography and invasion of *Trachemys scripta*. *Herpetologica*.



## ÖZGEÇMİŞ

- ✓ Özgeçmiş Europass (<https://europa.eu/europass/eportfolio/screen/profile-wizard?lang=tr>) formatında yazılmalıdır.

