



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

*NANNOSPALAX XANTHODON* (RODENTIA: SPALACIDAE)'UN FARKLI  
KROMOZOM SOYLARINDA MİTOKONDRİYAL DNA'NIN 16S rRNA GENİ  
KULLANILARAK GENETİK VARYASYON DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

HABİBE DİDEM ÇELİK BİLEK



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

*NANNOSPALAX XANTHODON* (RODENTIA: SPALACIDAE)'UN FARKLI  
KROMOZOM SOYLARINDA MİTOKONDİRİYAL DNA'NIN 16S rRNA GENİ  
KULLANILARAK GENETİK VARYASYON DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

H.Didem ÇELİKBİLEK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Teoman KANKILIÇ

Ekim 2013

**Habibe Didem ÇELİKBİLEK** tarafından Yrd. Doç. Dr. Teoman KANKILIÇ danışmanlığında hazırlanan “*Nannospalax xanthodon* (Rodentia: Spalacidae)’un Farklı Kromozom Soylarında Mitokondriyal DNA’nın 16S rRNA Geni Kullanılarak Genetik Varyasyon Düzeylerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ayşegül KARATAŞ, Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

Üye : Yrd. Doç. Dr. Teoman KANKILIÇ, Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tarkan YORULMAZ, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun ....../...../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA**  
**MÜDÜR**

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

H. Didem ÇELİKBİLEK

## ÖZET

*NANNOSPALAX XANTHODON* (RODENTIA: SPALACIDAE)'UN FARKLI KROMOZOM SOYLARINDA MİTOKONDRIYAL DNA'NIN 16S rRNA GENİ KULLANILARAK GENETİK VARYASYON DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

ÇELİKBİLEK, H.Didem

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Teoman KANKILIÇ

Ekim 2013, 67 sayfa

Bu tez çalışmasında, *Nannospalax xanthodon*, *Nannospalax ehrenbergi* ve *Nannospalax leucodon* türlerinde mitokondriyal DNA'nın 16S rRNA bölgesindeki genetik farklılıklar DNA sekans analizi ile belirlendi. Türkiye'de yaşayan *Nannospalax xanthodon* için 67 lokaliteden, *Nannospalax ehrenbergi* için 10 lokaliteden, *Nannospalax leucodon* için 4 lokaliteden elde edilen 93 örnek çalışılmıştır.

DNA sekans analizleri sonucunda, mitokondriyal DNA'nın 16S rRNA bölgesi için çalışılan 93 örnekte 90 haplotip belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yayılış gösteren *N. nehringi*, İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan *N. labaumei* ve Tunceli ve civarında yayılış gösteren *N. tuncelicus*'un, *N. xanthodon* türünün sinonimi olmadığı, bu türlerin ayrı körfare türü oldukları belirlendi. Türkiye'de allopatrik olarak yayılış gösteren 6 körfare türü bulunmaktadır. Ayrıca bu tez çalışmasında, Tunceli (Pülümür-Kırmızıköprü)'den Türkiye körfareleri için yeni bir kromozomal soy ( $2n = 44$ ) belirlenmiştir.

*Anahtar Sözcükler:* mt-DNA, 16S rRNA, *Nannospalax leucodon*, *N.ehrenbergi*, *N.xanthodon*, *N.labaumei*, *N.tuncelicus*, *N.nehringi*

## SUMMARY

DETERMINING THE LEVELS OF GENETIC VARIATION USING 16S RRNA OF  
mtDNA IN DIFFERENT CHROMOSOME RACES OF *NANNOSPALAX*  
*XANTHODON* (RODENTIA: SPALACIDAE)

ÇELİKBİLEK, H.Didem

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Asistant Professor Dr. Teoman KANKILIÇ

October 2013, 67 pages

In the M.sc thesis, Genetic differences in 16S r RNA regions of mitochondrial DNA in *Nannospalax xanthodon*, *Nannospalax ehrenbergi* and *Nannospalax leucodon* were determined by sequence analysis. For three species distributed in Turkey, 93 samples belonging to 67 populations of *Nannospalax xanthodon*, 10 populations of *Nannospalax ehrenbergi* and 4 populations of *Nannospalax leucodon* were studied.

In the result of sequence analysis, 90 haplotypes for 16S rRNA regions of mitochondrial DNA were determined in 93 samples. According to results of this study, *N. nehringi* distributed in Eastern Anatolia region, *N. labaumei* distributed in central Anatolia and *N. tuncelicus* located in Tunceli vicinity determined to be a valid species and not synonym of *N. xanthodon*. There are six species of blind mole rats with allopatric distribution in Turkey. In addition, A new chromosomal lineage ( $2n = 44$ ) were determined from Tunceli (Pülümür-Kırmızıköprü) for Blind mole rats in Turkey.

*Keywords:* mt-DNA, 16S rRNA, *Nannospalax leucodan*, *N.ehrenbergi*, *N.xanthadon*, *N.labaumei*, *N.tuncelicus*, *N.nehringi*

## ÖN SÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasında, *Nannospalax xanthodon* (Rodentia: Spalacidae)'un farklı kromozom soylarında mitokondrial DNA 16S rRNA kullanılarak genetik varyasyon düzeyleri araştırılmıştır. Kromozomal soy ve diğer populasyonların mitokondrial DNA 16S rRNA bölgesi bakımından filogenetik ilişkiler ve mevcut kromozomal soyların taksonomik durumlarındaki belirsizlik araştırılmıştır.

Kendisini tanıdığım andan itibaren ve yüksek lisans eğitimim esnasında bilgi, öneri ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek yaptığım işi daha da sevmemi sağlayan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Teoman KANKILIÇ'a içten teşekkürlerimi sunarım. Karyolojik bulguların görüntülenmesi sırasında Tübitak 210 T 033 kodlu proje dâhilinde alınmış olan Olympus DP25 görüntüleme cihazını kullanmama imkân veren değerli hocalarım Doç. Dr. Recep KARA ve Doç. Dr. Tülay EZER'e teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam sırasında filogenetik analizlerin yapılmasında yardımını aldığım arkadaşım Arzu REŞADİ'ye ve laboratuvar çalışmalarımın yanı sıra üniversite öğrenimim sürecinde maddi ve manevi olarak her zaman destek olan Ömer ÇOPUROĞLU'na teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi olarak yanımda olan, hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen ve her durumda arkamda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 112 T 606 numaralı Tübitak Hızlı Destek Projesi ve FEB 2012/02, FEB 2012/02 numaralı projelerle Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
SUMMARY .....	v
ÖN SÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xiv
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
1.1 Kaynak Özetleri .....	2
1.1.1 Türkiye <i>Nannospalax</i> Palmer, 1903 cinsinin taksonomik durumu .....	3
1.1.2 Türkiye <i>Nannospalax</i> Palmer, 1903 cinsine ait türlerin karyolojik durumu .....	6
1.1.3 Türkiye <i>Nannospalax</i> Palmer, 1903 cinsine ait türler üzerine yapılan moleküler çalışmalar .....	12
BÖLÜM II KURUMSAL TEMELLER.....	17
2.1 Ordo: Rodentia (Mammalia).....	17
2.2 Familya: Spalacidae Gray, 1821 .....	18
2.3 Cins: <i>Spalax</i> ( <i>Nannospalax</i> ) Güldenstaedt, 1970.(Nova Comm. Acad. Sci. Pet., ser. 14, 1: 410.).....	18
2.4 Omurgalı hayvanlarda mitokondriyal DNA .....	19

BÖLÜM III MATERYAL ve METOT .....	21
3.1 Materyalin Toplanması ve Hazırlanması .....	21
3.2 Karyotip Preparasyon Tekniği .....	24
3.3 Çalışılan <i>Nannospalax</i> Örneklerinin Mitokondriyal DNA İzolasyonu.....	26
3.4 DNA Saflık ve Miktar Tayini .....	27
3.5 Mitokondrial DNA 16S rRNA Bölgesi İçin Kullanılan Primerler .....	28
3.6 Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) .....	28
3.7 PCR Ürününün Agaroz Jel Elektroforezinde Kontrolü .....	29
3.7.1 50X TAE ve 1X TAE Çözeltisinin Hazırlanışı.....	29
3.7.2 Ethidium Bromide Çözeltisinin Hazırlanışı.....	29
3.8 Sekans Analizi .....	30
3.9 Filogenetik Analizler.....	30
BÖLÜM IV BULGULAR .....	31
4.1 Karyolojik Bulgular.....	31
4.1.1 $2n=48NF = 74$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax ehrenbergi</i> ).....	31
4.1.2 $2n = 52 NF = 74$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax ehrenbergi</i> ) .....	31
4.1.3 $2n = 52 NF = 76$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax ehrenbergi</i> ).....	32
4.1.4 $2n= 56 NF = 72$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax ehrenbergi</i> ) .....	33

4.1.5 $2n = 38$ $NF = 74$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ).....	34
4.1.6 $2n = 44$ $NF = 72$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ) .....	34
4.1.7 $2n = 48$ $NF = 72$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ) .....	34
4.1.8 $2n = 54$ $NF = 74$ İç Anadolu kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ) .....	35
4.1.9 $2n = 54$ $NF = 74$ doğu kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ) ....	36
4.1.10 $2n = 58$ $NF = 73$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ) .....	37
4.1.11 $2n = 60$ $NF = 74$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax xanthodon</i> ) .....	37
4.1.12 $2n = 56$ $NF = 76$ kromozomal soy ( <i>Nannospalax leucodon</i> ).....	38
4.2 Mitokondriyal DNA 16S rRNA Bölgesinin PCR Yöntemiyle Çoğaltılması .....	39
4.3 16S rRNA Bölgesi Filogenetik Analiz Sonuçları .....	39
4.4 16S rRNA Bölgesi Genetik Çeşitlilik Analizleri.....	47

## BÖLÜM V TARTIŞMA

5.1 Türkiye <i>Nannospalax</i> cinsinin taksonomik durumu .....	49
5.2 Karyolojik Bulguların Tartışılması .....	53
5.2.1 <i>Nannospalax leucodon</i> için karyolojik bulguların tartışılması .....	53
5.2.2 <i>Nannospalax xanthodon</i> için karyolojik bulguların tartışılması.....	54
5.2.3 <i>Nannospalax labaumei</i> için karyolojik bulguların tartışılması.....	54
5.2.4 <i>Nannospalax nehringi</i> için karyolojik bulguların tartışılması .....	55

5.2.5 <i>Nannospalax tuncelicus</i> için karyolojik bulguların tartışılması .....	55
5.2.6 <i>Nannospalax ehrenbergi</i> için karyolojik bulguların tartışılması .....	56
BÖLÜM VI SONUÇ.....	57
KAYNAKLAR .....	58
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’den tanımlanan ve kaydı verilen körfare tür ve alttürleri .....	5
Çizelge 1.2. Türkiye körfare populasyonları için yapılan karyolojik çalışmalar .....	8
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan körfare örnek listesi .....	22
Çizelge 3.2. Tez çalışmasında filogenetik analizlerde gen bankasından kullanılan örnekler .....	24
Çizelge 3.3. Çalışmada kullanılan primerler .....	28
Çizelge 3.4. Polimeraz zincir reaksiyonu PCR karışımı .....	28
Çizelge 3.5. PCR Ürününün Agaroz Jel Elektroforezinde Kontrolü İçin Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	29
Çizelge 4.1. Nükleotitler arasındaki transisyon ve transversiyon değişim oranları (Koyu yazılan sayılar transisyon değişimlerini, italik yazılanlar transversiyon değişim oranlarını göstermektedir) .....	40
Çizelge 4.2. 16S rRNA bölgesine göre elde edilen haplotipler ve bu haplotiplerin tür ve kromozomal soylardaki dağılımı .....	42
Çizelge 4.3. Çalışılan populasyonların genetik çeşitlilik değerleri .....	48
Çizelge 5.1. 16S rRNA bölgesine ait türler arasında hesaplanan Kimura-2-Parametresi mesafe matrisi (Bold) ve standart hataları (italik) .....	51

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Mt-DNA 'da çalışılan bölge (16S rRNA) 'nin DNA haritası (Jiang vd., 2012) .....	20
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan körfare örneklerinin toplandığı lokaliteler .....	24
Şekil 3.3. Karyotip preparasyon tekniğinin şematik gösterimi.....	25
Şekil 3.4. CTAB DNA izolasyon aşamaları (a) doku parçasının ctab solüsyonu ile ezilmesi, (b) ezilerek homojen bir görünüm elde edilen doku parçalarının üzerine beta merkaptto etanol ve ctab solüsyon eklenmesi, (c) sıcak su banyosundan ardından C:IAA eklenmesinden sonra santrifüj edilen ve fazlara ayrılıp, üst fazın çekilip izopropanol eklenmiş hali, (d) -20°C'de bir gece bekletildikten sonra santrifüj yapıp DNA'nın dibeye çöktürülmesi, (e) alkolle yıkanan DNA'nın kurutulması ve (f) kuruyan DNA'nın üzerine TE tamponu eklenmesi.....	27
Şekil 4.1. Hatay (lok 72: Şenköy-Çatbaşı) populasyonundan bir erkek (46 ♂) örneğin karyotipi.....	32
Şekil 4.2. Osmaniye (Lok 74: Budacık Köyü) populasyonundan bir erkek (44 ♂) örneğin karyotipi .....	32
Şekil 4.3. Elazığ (Lok 77: Sivrice) populasyonundan bir dişi (85 ♀) örneğin karyotipi.. .....	33
Şekil 4.4. Adana (Lok 80:Yüreğir) populasyonundan bir erkek (54 ♂) örneğin karyotipi .....	33
Şekil 4.5. Gökçeada (Lazkoyu) populasyonundan bir dişi (243 ♀) örneğin karyotipi ...	34
Şekil 4.6. Tunceli (Lok 67: Pülümür-Kırmızı Köprü) populasyonundan bir erkek (77 ♂) örneğin karyotipi .....	35

Şekil 4.7. Van (Lok 57: Çaldıran-Gönderme) populasyonundan bir dişi (78 ♀) örneğin karyotipi.....	35
Şekil 4.8. Kırıkkale (Sulakyurt) populasyonundan bir dişi (244 ♂) örneğin karyotipi....	36
Şekil 4.9. Bitlis (Lok 70: Rahva) populasyonundan bir dişi (77 ♀) örneğin karyotipi....	36
Şekil 4.10. Niğde (Lok 25: Bor) populasyonundan bir dişi (56 ♀) örneğin karyotipi....	37
Şekil 4.11. Adana (Lok 31: Feke) populasyonundan bir erkek (192 ♂) örneğin karyotipi .....	38
Şekil 4.12. Kırklareli (Lok 54: Malkara) populasyonundan bir dişi (240 ♀) örneğin karyotipi.....	38
Şekil 4.13. 16S rRNA bölgesinin PCR ile çoğaltılma sonuçları.....	39
Şekil 4.14. Kimura-2-parametresi (K2P) model alınarak oluşturulan Neighbour Joining ağacı (% 50'nin altındaki bootstrap değerleri çöktürülmüştür).....	44
Şekil 4.15. GTR model alınarak oluşturulan Maximum Likelihood ağacı (% 50'nin altındaki bootstrap değerleri çöktürülmüştür) .....	46
Şekil 4.16. 16S rRNA bölgesinin DNA dizi analizi verileri kullanılarak oluşturulan Network-Median-Joining ağacı .....	47
Şekil 5.1. Türkiye'deki körfare türlerinin coğrafi yayılışları .....	52

## SİMGE VE KISALTMALAR

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
♀	Dişi
♂	Erkek
µl	Mikro litre
π	Nükleotid çeşitliliği
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
2n	Diploid Kromozom Sayısı
A	Adenin
a	Akrosentrik
bç / bp	Baz Çifti / Baz Uzunluğu
C	Sitozin
C: IAA	Kloroform: İzoamil Alkol
CTAB	Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide
cyt b	Sitokrom b
ddNTP	Dideoksiribonükleotid Trifosfat
dH <sub>2</sub> O	Distile Su
DNA	Deoksiribonükleik Asit
dNTP	Deoksiribonükleotid Trifosfat



g	Gram
G	Guanin
h	Haplotip Çeşitliliği
$k_1$	Pürinler için Transisyon / Transversiyon Oranı
$k_2$	Pirimidinler için Transisyon / Transversiyon Oranı
m	Metasentrik
ML	Maksimum Olasılık (Maximum Likelihood)
mtDNA	Mitokondriyal DNA
NJ	Neighbour Joining
nmol	Nano Mol
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
pmol	Pika Mol
R	Toplam Transisyon / Transversiyon Oranı
RFLP	Restriction Fragment of Length Polymorphism
rRNA	Ribozomal Ribonükleik Asit
sm	Submetasentrik
T	Timin
U	Urasil

## BÖLÜM I

### GİRİŞ

Tür oluşumu, bir populasyonun kademeli şekilde genetik olarak yeniden yapılanması sonucu gerçekleşir. Bu oluşum esnasında bir populasyon gen havuzundaki genetik materyali, populasyon özelliklerine bağlı olarak bir sonraki nesile aktarır. Bu işlem nesiller boyu devam eder ve sonuçta ilk baştakinden oldukça farklı özelliklere sahip yeni populasyonlar meydana gelir.

Bugün yaşayan tüm organizmaların ataları yaşamın ortaya çıktığı yaklaşık 3,8 milyar yıl öncesine dayanmaktadır. O günden bu yana populasyonların bölünmesi ve yeni türler oluşturmak üzere farklılaşması şeklinde milyonlarca dallanma olayı meydana gelmiştir. Yaşamın büyük filogenetik ağacındaki her bir dallanma noktası bir türleşme olayını, yani bir türden iki türün ortaya çıkmasını gösterir ve bu olayda genetik yapıdaki değişiklikleri akla getirir.

Canlılar arasındaki akrabalıkları inceleyen sistematik çalışmaların esas amacı canlı evreninin düzeni hakkında geçerli olan genel sonuçlara varılmasını sağlamaktır. Daha doğru ve kolay değerlendirilebilen bilgi birikimi için bu tür çalışmaların çok yönlü olarak yapılması önemlidir.

Kalıtımın moleküler temelini ortaya çıkarılmasıyla birlikte evrimsel çalışmalarda biyolojik makro moleküllerin geleneksel sistematik alanındaki kullanımı, moleküler sistematik adında yeni bir bilim dalının doğmasına neden olmuştur. Türlerin gen havuzlarındaki varyasyon miktarını ve dağılımını çalışmak, evrimsel ve taksonomik soruları araştırmak için bu alanda birçok teknik geliştirilmiştir (Ayad vd., 1997; Hillis, 1996).

Günümüzde taksonomik çalışmalar morfoloji, anatomi, embriyoloji, davranış, ekoloji, biyocoğrafya, jeoloji, sitogenetik, biyokimya ve moleküler biyoloji gibi çok çeşitli bilim dalları ile koordineli bir şekilde yürütülmektedir. Bununla birlikte, kalıtılamayan çevresel özellikleri bertaraf eden ve doğanın daha temel karakterlerini ortaya çıkaran biyokimyasal ve moleküler genetik belirteçler günümüz taksonomik çalışmalarda oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

Geçmişten günümüze canlıların evrimsel tarihi her zaman merak edilmiş ve bu konu hakkında pek çok araştırma yapılmıştır. Evrimsel tarihe ışık tutacak önemli noktalardan biride mitokondriyal ribozomal genlerin belirlenmesidir. Çok geniş alandaki canlı gruplarında birçok filogenetik soruya cevap vermek için mitokondriyal ribozomal genler günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Canlı grupları arasındaki genetik farklılıkları belirlemek adına, DNA'daki değişiklikleri de gösterdiği için mtDNA'nın baz sırasının analiz edilmesi canlıların evrimsel tarihine ışık tutması nedeniyle oldukça önemlidir (Hertwig vd., 2004; Kocher vd., 1989).

Kromozomal olarak göstermiş olduğu çeşitlilik sayesinde merak uyandıran *Nannospalax* cinsi genel anlamda taksonomik açıdan sıkıntılı olduğu için ilgi çekmiş, bu sıkıntıların giderilmesi adına pek çok çalışma yapılmış ve hala yapılmaya devam edilmektedir. Bakıldığında cins bazındaki sorunlar için yapılan çalışmalardan artık net sonuçlar alınmaya başlansa da populasyonların sahip olduğu tür ve alttür düzeyleri, kromozomal formların belirli belirteçlere göre gösterdiği farklılıklar, çevresel etmenlerle ilişkileri ve evrimsel gelişimleri hakkındaki sıkıntıların devam etmesi, bu konudaki çalışmaların devam etmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Özellikle son yapılan çalışmalar bu cinsin evrimsel tarihi ve türleşmesine yönelik olup kromozomal ırkların oluşmasında nelerin etkili olduğunu belirlemeye yöneliktir. Bu sıkıntılardan yola çıkarak sorunların çözülmesinde bir adım daha atılabilmesi adına bu tez çalışması içerisinde *Nannospalax xanthodon* (Rodentia: Spalacidae)'un farklı kromozom soylarında mitokondriyal DNA 16S rRNA kullanılarak genetik varyasyon düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 1.1 Kaynak Özetleri

Hayvanlar âlemi içerisinde pek çok canlı yaşamını devam ettirmek için farklı şekillerde adaptasyon stratejileri geliştirmiştir. Nitekim toprakaltı yaşama adaptasyon gösteren pek çok hayvan yaşamının bir kısmında ya da tümünde toprak altında bulunur. Toprak altında yaşayabilmek için hayvanlar toprağı yaşam alanı için uygun hale getirebilmek adına farklı kazma sistemleriyle kazarak kendi tünellerini ya da galerilerini oluşturmaktadır (Kardong, 1995).

Bu canlılar arasında Spalacidae familyasının temsilcileri, kemiriciler içinde toprak altı ekolojik nişini kullanan canlılara en iyi örneklerdendir. Bu familyanın üyeleri

Anadolu'da yaklaşık 20 milyon yıl önce erken Miyosen devrinde tanımlanmıştır (*Debruijnia arpati*, Unay 1996).

Wahrman vd., (1969) atasal *Spalax*'ın ortaya çıktığı ilk bölgenin Güneydoğu Avrupa veya Anadolu'da herhangi bir yer olduğunu ileri sürmüşlerdir. Tek bir protein molekülünün aminoasit sekansına dayalı moleküler ve filogenetik çalışmalar *Spalacidae*'nin muroid-cricetoid stoktan ayrımının yaklaşık 40-45 milyon yıl önce Eosen zamanında olduğunu ileri sürmektedir. Bunun yanı sıra DNA-DNA hibridizasyonu ile yapılan çalışmalarla da bu ayrımın 19 milyon yıl önce olduğu ileri sürülmektedir (Catzeflis vd., 1989).

En son yapılan çalışmalarla Anadolu veya komşularında bulunan muroid-cricetoid stoktan köken alan *Spalacidae*'nin 20-30 milyon yıl önce Oligosen zamanlarında ortaya çıktığı ve Kuzey Afrika'ya kadar uzanarak Ortadoğu, Rusya stepleri ve Balkanlarda yayılış gösterdiği tespit edilmiştir (Wilson ve Reeder, 2005).

Hofmeijer ve De Bruijin (1985) Miyosen devrinde yaşadığı düşünülen en eski *Spalacidae* üyesi olan *Heramys eviensis*'in Yunanistan'da bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yüksel ve Gülkaç (1990), Avrupa'da yayılış gösteren körfare türlerinin Asya'dan köken aldığını ifade etmişlerdir. Alt Pleistosen'den önce Balkan Yarımada'sına geçen körfare popülasyonları, İstanbul ve Çanakkale boğazlarının oluşması sonucu ayrı kalarak birbirlerinden bağımsız olarak türleşmişlerdir.

Günümüzde körfareler Türkiye, Güneydoğu Avrupa, Kafkasya, Transkafkasya, Ukrayna, Ermenistan, Suriye, Filistin, İsrail, Irak, Ürdün ve Kuzey Afrika'da yayılış göstermektedir (Wilson ve Reder, 2005 ).

### **1.1.1 Türkiye *Nannospalax* Palmer, 1903 cinsinin taksonomik durumu**

Körfareler Mehely (1909) tarafından *Spalax* cinsi adı altında üç altcins bölünerek (*Microspalax*, *Mesospalax*, *Macrospalax*) sınıflandırılmıştır. Ognev (1947), Mehely (1909) tarafından yapılan bu monografi inceleyerek tanımlanan iki altcinsin (*Microspalax*, *Mesospalax*) sinonim olduklarını, bu nedenle *Spalax* cinsinin *Spalax* (*Macrospalax*) ve *Microspalax* olmak üzere iki altcinsten oluşabileceğini ileri sürmüştür. Ognev (1947) yapmış olduğu çalışmada bu altcinsleri, özellikle

subracondyloid foramina'nın bulunması (*Spalax*) ve bulunmaması (*Microspalax*) durumuna göre ayırmıştır.

Topachevskii (1969) körfareleri ilk önce iki cinse (*Microspalax* ve *Spalax*) bölmüştür. Daha sonra *Microspalax* cinsini ise iki altcinsine (*Microspalax* Nehring, 1897 ve *Mesospalax* Mehely, 1909) ayırmıştır. Anadolu'da yayılış gösteren *S. ehrenbergi* türünü *Microspalax* altcinsi altında, *S. nehringi* ve *S. leucodon* türlerini ise *Mesospalax* altcinsi altında incelemiştir.

Kıvanç (1988) ve Mursaloğlu (1979) yaptıkları çalışmalarında Topachevskii (1969)'nin sınıflandırmasından ziyade, Ognev (1947)'in sınıflandırmasını kabul etmişler ve Türkiye körfarelerini subracondyloid foramina'ya sahip olmalarından dolayı *Spalax* altcinsi altında sınıflandırmışlardır.

Gromov ve Baranova (1981) yaptığı çalışmada *Microspalax* Nehring, 1898 cins isminin daha önce Megnin ve Trouessart (1884) tarafından Acarina için kullanıldığını belirterek, öncelik kuralına uyması açısından *Microspalax* Nehring, 1898 cins isminin *Nannospalax* Palmer, 1903 ile yer değiştirilmesi gerektiğini söylemiştir ve körfareleri iki cins altında sınıflandırmıştır (*Nannospalax* Palmer, 1903 ve *Spalax* Güldenstaedt, 1770).

Günümüzde körfareler üzerine çalışan araştırcıların çoğu Topachevskii (1969)'nin körfare sınıflandırmasını kabul etmektedir. Topachevskii (1969) alışmasında Türkiye körfareleri *Microspalax* cins ismi altında sınıflandırılmıştır. Gromov ve Baranova (1981), homonimlikten dolayı *Microspalax* cins ismi yerine *Nannospalax* cins ismini kullandığı için, Türkiye körfareleri günümüzde *Nannospalax* Palmer, 1903 cinsi altında sınıflandırılmaktadır.

Geçmişten günümüze kadar çeşitli araştırcılar tarafından yapılan morfolojik çalışmalar sonucunda Türkiye'den bu cins için 8 tür (*Spalax xanthodon*, *S. intermedius*, *S. nehringi*, *S. labaumei*, *S. vasvarii*, *S. ceyhanus*, *Nannospalax tuncelicus*, *N. munzuri*) ve 8 alttür (*Spalax typhlus xanthodon*, *Spalax monticola armeniacus*, *S. m. cilicicus*, *S. m. anatolicus*, *S. m. turcicus*, *S. m. corybantium*, *S. m. captorum*, *S. nehringi nevoi*) tanımlanmıştır (izelge 1.1.). Ayrıca bu tür ve alttürlerin haricinde farklı araştırcılar

tarafından 4 farklı tür içinde (*Spalax monticola*, *S. ehrenbergi*, *S. aegyptiacus*, *S. kirgisorum*) Türkiye’den yayılış kayıtları verilmiştir (Çizelge 1.1.).

Ognev (1947), Nehring (1898) tarafından *Spalax monticola* için verilen ayırıcı özelliklerin Nordmann (1840) tarafından Odessa yakınından tanımlanan *Spalax leucodon* için verilen özelliklerle tamamen aynı olduğunu belirterek, *monticola* adının öncelik kuralına uygun olarak *leucodon* ile yer değiştirilmesi gerektiğini ve *S. leucodon* isminin geçerli olduğunu söylemiştir.

Topachevskii (1969) çalışmasında Nehring (1898) tarafından Anadolu’dan tanımlanan dört türü (*S. ehrenbergi*, *S. kirgisorum*, *S. intermedius*, *S. aegyptiacus*) *S. ehrenbergi* türü altında birleştirmiştir. Böylece *S. ehrenbergi* türünün Mısır, Suriye, Lübnan, Ürdün, Türkiye’nin Güney Doğusu’nda yayılışa sahip olduğunu ifade etmiştir.

**Çizelge 1.1.** Türkiye’den tanımlanan ve kaydı verilen körfare tür ve alttürleri

YAZAR	LOKALİTE	TÜR VE ALTTÜRLER
Nordman (1840)	İzmir	<i>Spalax typhlus xanthodon</i>
Nehring (1898)	Bosna	<i>S. monticola</i>
	İskenderun (Çengenköy)	<i>S. intermedius</i>
	İsrail (Yafa)	<i>S. ehrenbergi</i>
	Mısır	<i>S. aegyptiacus</i>
	Suriye	<i>S. kirgisorum</i>
Satunin (1898)	Kars (Kazkoparan)	<i>S. nehringi</i>
Mehély (1909)	Ardahan (Göle)	<i>S. m. armeniacus</i>
	Niğde (Madenköy)	<i>S. m. cilicicus</i>
	İzmir (Bornova)	<i>S. m. anatolicus</i>
	İstanbul (Bakırköy)	<i>S. m. turcicus</i>
Metschie (1919)	Eskişehir (Porsuk Nehri civarı)	<i>S. labaumei</i>
Hinton (1920)	Kütahya (Gediz)	<i>S. m. corybantium</i>
	Çankırı	<i>S. m. captorum</i>
Szunyoghy (1941)	Malatya	<i>S. vasvárii</i>
	Adana-Ceyhan	<i>S. ceyhanus</i>
Misonne (1957)	Urfa	<i>S. ehrenbergi</i>
Coşkun (1996a)	Tunceli (Gömemiş)	<i>Nannospalax tuncelicus</i>
Coşkun (1996b)	Gaziantep (Sarıgüllük)	<i>N. nehringi nevoi</i>
Coşkun (2004)	Tunceli (Ovacık)	<i>N. munzuri</i>

Bu zamana kadar yapılan pek çok çalışmada, Güneydoğu Anadolu’da *Nannospalax ehrenbergi* ve Türkiye’nin geri kalan bölgelerinde *Nannospalax leucodon* olmak üzere iki türün bulunduğunu kabul edilmiştir. Diğer çalışmalarda ise Güneydoğu Anadolu’da *Nannospalax ehrenbergi*, Trakya’da *Nannospalax leucodon* ve Anadolu’nun diğer kısımlarında ise *Nannospalax nehringi* olmak üzere üç ayrı türün bulunduğu kabul

edilmiştir. En son yapılan çalışmada tip lokalitesi Kars (Kazkoparan) olan *N. nehringi* Satunin (1898) türünün, İzmir'den tanımlanan *N. xanthodon* Nordmann, 1840 türü ile sinonim olduğu ileri sürülmüştür. Bu durumda Trakya'da *N. leucodon*, Güneydoğu Anadolu'da *N. ehrenbergi* türlerinin ve Anadolu'nun diğer kısımlarında öncelik kuralı nedeniyle *N. xanthodon* türünün geçerli tür olduğu ileri sürülmüştür. Anadolu körfareleri üzerine yapılan çalışmalar, Türkiye'deki körfarelerin hem cins hem de tür ve alttür seviyesinde taksonomik belirsizlikler içerdiğini göstermektedir. Günümüzde Türkiye'de kaç körfare türünün bulunduğu, bu türlerin coğrafi yayılışları, koruma statüleri ve alttür durumlarının nasıl olduğu tam anlamıyla netlik kazanmamıştır. Farklı zaman periyodunda aynı coğrafik bölgede yayılış gösteren körfare türleri için üç farklı tür adı kullanılması (*N.leucodon*, *N.nehringi*, *N. xanthodon*) ve bu türler için farklı zamanlarda farklı alttürlerin tanımlanmış olması (*N. l. cilicicus*, *N. l. turcicus*, *N. l. anatolicus*, *N. l. nehringi*, *N. l. armeniacus*) bu karmaşıklığın en belirgin göstergesidir. Ayrıca bu türlerin haricinde bu alandan tanımlanmış olan bazı türlerin (*N. vasvari*, *N. leucodon*, *N. ceyhanus*, *N. tuncelicus*, *N. munzuri*) farklı tür olabilecek kadar morfolojik, karyolojik ve genetik farklılıklara sahip olup olmadıkları araştırılmamıştır. Anadolu'dan bu kadar çok tür tanımlanmış olmasına karşın, *N. ehrenbergi*'nin haricinde tüm Anadolu körfare populasyonları için tek tür ismi kullanılmaktadır. Bu zamana kadar yapılmış olan çalışmalar Anadolu körfarelerinin tek tür ile temsil edilmesinin hatalı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle morfolojiden ziyade karyolojik, genetik ve zoocoğrafik açıdan mevcut türlerin geçerlilikleri, sinonim ve homonim durumları da dikkate alınarak araştırılmalıdır (Corbet, 1978; Corbet, 1991; Ellerman ve Morrison-Scott, 1951; Harrison and Bates, 1991; Gromov ve Baranova, 1981; Kıvanç, 1988; Kryštufek ve Vohralik, 2009; Mehely, 1909; Mursaloğlu, 1979; Ognev, 1947; Topachevskii, 1969; Wilson ve Reeder, 2005).

### **1.1.2 Türkiye *Nannospalax* Palmer, 1903 cinsine ait türlerin karyolojik durumu**

Bu zamana kadar Türkiye'den tanımlanan tüm kromozomal soylar Çizelge 1.2.'de detaylı bir şekilde verilmiştir. Son yıllarda yapılan karyolojik çalışmalar bu cinsin taksonomisini daha karmaşık bir hale sokmuştur. Özellikle Anadolu'da geniş yayılış gösteren *N. xanthodon* türü üzerine yapılan karyolojik çalışmalar neticesinde 11 farklı kromozomal soy ( $2n = 36, 38, 40, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62$ ) tespit edilmiştir. Diploid kromozom değerinin yanında kromozom kol sayıları da dikkate alındığında

farklı kromozomal soyların sayısı 25'e yaklaşmıştır (Çizelge 1.2.). Güneydoğu Anadolu'da yayılışa sahip *N. ehrenbergi* türünde 5 farklı kromozomal soy ( $2n = 48$  NFa = 70;  $2n = 52$  NFa = 70, 72, 76, 78;  $2n = 54$  NFa = 72;  $2n = 56$  NFa = 64, 68, 78, 82;  $2n = 58$  NFa = 78) belirlenmiştir. Benzer şekilde diploid kromozom sayıları ile birlikte kromozomal kol sayıları da dikkate alındığında farklı kromozomal soyların sayısı 12'ye ulaşmaktadır (Çizelge 1.2.). Trakya'da bulunan diğer körfare türü olan *N. leucodon*'un diploid kromozom sayısı  $2n = 56$  ve kromozom kol sayısı NFa = 72 ve 74 arasında değişmektedir (Sözen, 2004; Sözen vd. 2006a).

Bu zamana kadar farklı diploid kromozom sayısına sahip olan populasyonların hepsini veya büyük çoğunluğunu içine alan morfolojik veya moleküler düzeyde çalışma gerçekleştirilmemiştir. Anadolu körfare populasyonları için belirtilen kromozomal soyların ayrı birer tür olarak mı, yoksa farklı alttürler olarak mı veya bu populasyonların aynı tür içindeki varyasyonları olarak mı değerlendirileceği halen devam eden bir tartışma konusudur. Özellikle Nevo vd. (1995), farklı diploid kromozom sayısına sahip olan Anadolu körfare populasyonlarının farklı allozim modelleri göstermelerinden dolayı ayrı birer tür olarak kabul edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu görüş kabul edildiğinde Türkiye'deki farklı körfare türlerinin sayısı neredeyse 20'ye ulaşmaktadır. Fakat Kryštufek ve Vohralik (2009), Türkiye'deki bu kromozomal soyların ayrı birer tür olarak kabul edilmesinin doğru olmadığını, Türkiye'de sadece 3 türün bulunduğunu belirtmiştir. Kankılıç vd. (2013), Türkiye'deki tüm kromozomal soyları ayrı tür olarak değerlendirmenin gerçekçi olmadığını, fakat *N. xanthodon* türüne ait bazı kromozomal soyların ( $2n = 36, 38, 40, 50, 52$ ) ayrı tür seviyesinde genetik ve morfolojik farklılıklara sahip olduğu ve bu populasyonların farklı tür olarak değerlendirilmesi gerektiğini ileri sürmüştür. Ayrıca Kankılıç vd. (2013) farklı diploid kromozom sayısına sahip olan İç Anadolu populasyonlarının ( $2n = 60, 2n = 58, 2n = 56$ ) birbirlerinden tür veya alttür seviyesinde morfolojik veya genetik farklılıklar içermediğini vurgulamıştır. Anadolu'da bulunan körfareler diğer ülkelerdeki körfarelerden kromozomal çeşitliliği bakımından oldukça polimorfik bir durum sergilemektedir. Dünya körfareleri için belirlenen üç kromozomal soy ( $2n = 36, 2n = 38$  ve  $2n = 40$ ) sadece Anadolu'da bulunmaktadır. İsrail'de *N. ehrenbergi* türüne ait 4 kromozomal form *N. galili* ( $2n = 52$ ), *N. golani* ( $2n = 54$ ), *N. carmeli* ( $2n = 58$ ) ve *N. Judaei* ( $2n = 60$ ) şeklinde ayrı tür olarak tanımlanmış olmasına rağmen, Anadolu'daki körfare kromozomal soylarının taksonomik durumu yapılan



çalışmaların yetersiz olmasından dolayı halen netlik kazanmamıştır (Arslan vd. 2010; Nevo vd. 1994, 1995, 2001; Kıvanç 1988; Kryštufek ve Vohralik, 2009).

**Çizelge 1.2.** Türkiye körfare populasyonları için yapılan karyolojik çalışmalar

Lokalite	2n	NF	M	A	X	Y	Yazar
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 36</b>							
Aydın (Haydarlı, Koçarlı, Ortaklar)	36	68	15	2	sm	m	Kankılıç vd., 2010
İzmir (Bayındır)	36	70	16	1	-	-	Sözen vd., 1999
Aydın (Kemer)	36	70	16	1	sm	a	Sözen vd., 2013
Muğla (Yatağan)	36	70	16	1	sm	a	Sözen vd., 2013
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 38</b>							
İzmir (5 km Güney)	38	74	17	1	sm	a	Nevo vd., 1995
Balıkesir (30 km Batı)	38	74	17	1	sm	a	Nevo vd., 1995
İzmir (Selçuk)	38	74	17	1	st	st	Savic ve Soldatovic, 1979
İzmir (Bigadiç)	38	74	17	1	sm	st	Sözen, 2004
İzmir (Dikili, Bigadiç)	38	74	17	1	sm	a	Tez vd., 2002
İzmir (Foça)	38	74	17	1	sm	a	Kankılıç vd., 2009
Balıkesir (Kepsut, Bagadiç)	38	74	17	1	sm	a	Kankılıç vd., 2009
Manisa (Akhisar)	38	74	17	1	sm	a	Kankılıç vd., 2009
Balıkesir (Denikent, Dursunbey)	38	74	17	1	sm	a	Sözen vd., 2013
Bursa (Karacabey)	38	74	17	1	sm	a	Sözen vd., 2013
Çanakkale (Ezine, Bozcaada, Gökçeada)	38	74	17	1	sm	a	Sözen vd., 2013
Manisa (Gelenbe, Akhisar)	38	74	17	1	sm	a	Sözen vd., 2013
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 40</b>							
Konya (Beyşehir 60 km Güney)	40	72	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Konya (Beyşehir-Yeşildağ)	40	72	15	4	m	sm	Kankılıç vd., 2007b
Isparta (Yenişarbademli)	40	72	15	4	m	m	Kankılıç vd., 2010
Konya (Beyşehir-Yeşildağ)	40	72	15	4	m	st	Arslan vd. 2011
Konya (Beyşehir 12 km Güney Batı)	40	72	15	4	sm	a	Sözen vd., 2013
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 48</b>							
Ağrı (Küpkıran, Taşlıçay)	48	68	9	14	sm	a	Coşkun, 2003
Van (Çaldıran)	48	68	9	14	sm	a	Coşkun, 2003
Iğdır (Tuzluca-Kaskoparan)	48	68	9	14	sm	a	Coşkun ve Kaya, 2012
Ağrı (Patnos, Tutak)	48	68	9	14	sm	a	Coşkun vd., 2012
Erzurum (Hınıs)	48	68	9	14	sm	a	Coşkun vd., 2012
Gümüşhane (35 km Kuzey Doğu)	48	71	10	12	sm	-	Sözen vd., 2006b
Van (Erciş)	48	72	11	12	sm	a	Coşkun vd. 2009
Muş (Malazgirt)	48	72	11	12	sm	a	Coşkun vd. 2009
Tunceli (Pülümür-Kangallı)	49	76	12+1	11	sm	a	Coşkun vd., 2010
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 50</b>							
Aydın (35 km Doğu)	50	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Aydın (Ovacık-Pamukören)	50	74	11	13	sm	-	Sözen vd., 2013
Manisa (Alaşehir-Yeşilyurt)	50	74	11	13	sm	a	Sözen vd., 2013
Karabük (Kahyalar)	50	70	9	15	sm	a	Sözen vd., 2006b
Karabük (Keltepe)	50	70	9	15	sm	a	Sözen, 2004
Karabük (Kahyalar, Seyitler, Akören, Yeşiltepe)	50	70	9	15	sm	a	Sözen vd., 2013
Erzurum (80 km Güney)	50	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Kars (14 km Sarıkamış)	50	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Erzurum (Pasinler)	50	70	9	15	sm	a	Coşkun, 2003
Kars (Selim, Digor, Arpaçay)	50	70	9	15	sm	a	Coşkun, 2003
Aradahan (Göle)	50	70	9	15	sm	a	Coşkun, 2003
Kars (Digor)	50	70	9	15	sm	a	Coşkun vd., 2012
Erzurum (Horosan, Köprüköy, Narman, Çat)	50	70	9	15	sm	a	Coşkun vd., 2012
Kars (Arpaçay)	50	70	9	15	sm	a	Ulutürk vd., 2009
Ardahan (Hanak, Çıldır, Göle)	50	70	9	15	sm	a	Ulutürk vd., 2009
Ardahan (Göle)	50	70	9	15	sm	a	Kankılıç vd., 2007a
Kars (10 km Batı, Susuz, Selim)	50	70	9	15	m	a	Kankılıç vd., 2007b
Erzincan (Başköy)	50	72	10	14	sm	-	Sözen vd., 2006b
Rize (Ovid Geçidi)	50	72	10	14	sm	-	Sözen vd., 2006b
Giresun (Eğribel Geçidi)	50	72	10	14	m	a	Kankılıç vd., 2007b
Rize (Ovid Geçidi)	50	72	10	14	m	a	Kankılıç vd., 2007b
Bayburt (Demirözü)	50	72	10	14	m	a	Kankılıç vd., 2007b
Erzincan (Yollarüstü)	50	72	10	14	m	a	Kankılıç vd., 2007b
Kars (Susuz)	50	72	10	14	sm	a	Sözen vd., 2000a
Erzurum (20 km Doğu)	50	72	10	14	sm	a	Sözen vd., 2000a
Ardahan (10 km Doğu)	50	72	10	14	sm	a	Sözen vd., 2000a

## Çizelge 1.2. (Devam)

Lokalite	2n	NF	M	A	X	Y	Yazar
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 52</b>							
Kocaeli (Karamürsel)	52	70	8	17	sm	a	Sözen, 2004
Bolu (Abant, Mudurnu, Seben, Yeniçağa, Mengen, Kartalkaya)	52	70	8	17	sm	a	Sözen, 2004
Ankara (Nallıhan 14 km kuzey)	52	70	8	17	sm	a	Sözen, 2004
Bilecik (Gölpazarı, Yenipazar)	52	70	8	17	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Sakarya (Geyve, Taraklı)	52	70	8	17	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Bolu (Merkez, Seben, Gerede)	52	70	8	17	m	a	Kankılıç vd., 2007b
Bolu (Gölköy, Mengen, Dörtdivan, Yelkenler, Gerede)	52	70	8	17	sm	a	Sözen vd., 2013
Bursa (Yalova)	52	70	8	17	sm	a	Sözen vd., 2013
Mersin (Sebil)	52	72	9	16	m	sm	Sözen ve Kıvanç, 1998a
Mersin (Çamlıyayla 15 km N)	52	72	9	16	sm	a	Sözen vd. 2000b
Bingöl (Karlıova 3 km Kuzey Doğu)	52	74	10	15	m	a	Coşkun, 2013
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 54</b>							
Bolu (?)	54	-	-	-	sm	a	Nevo vd., 1995
Karabük (Eflani)	54	72	8	18	sm	a	Sözen vd., 2006a
Kastamonu (Taşpınar-Araç, Pınarbaşı)	54	72	8	18	sm	a	Sözen vd., 2006a
Karabük (Eflani)	54	72	8	18	sm	a	Sözen, 2004
Zonguldak (Alpagut, Yukarıaktaş, 38 km Batı Daday, Karacalar)	54	72	8	18	sm	a	Sözen, 2004
Tokat (Başçiftlik)	54	72	8	18	sm	a	Sözen, 2004
Yozgat (Sarıkaya, Boğazlıyan)	54	74	9	17	sm	st	Yüksel ve Gülkaç, 2001
Kırıkkale (Merkez, Keskin)	54	74	9	17	sm		Kankılıç vd. 2007b
Kırıkkale (Sulakyurt, Delice, Balışeyh, Yaşıhan, Keskin, Çelebi)	54	74	9	17	sm	a	Aşan ve Yağcı, 2008
Kırıkkale (Merkez)	54	74	9	17	sm	a	Arslan vd. 2011
Yozgat	54	74	9	17	sm	st	Yüksel ve Gülkaç, 1995
Tokat ( Erbaa 2 km Batı ve Erbaa 12 km Batı)	54	75	9	16	sm	-	Sözen vd. 2006b
Bingöl (10 km Güney)	54	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Bingöl (Solhan 24 km Batı, Solhan 17 km Batı)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun, 2004c
Elazığ (Kovançlar-Taşören, Palu, Yeniköy)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun, 2004c
Tunceli (Nişantaşı, Kocakoç-Gömemiş)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun, 2004c
Tunceli (Hozat-Akmezra)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun vd., 2010
Bingöl (Genç)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun, 2013
Bitlis (Hizan, Tatvan, Ahlat)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun vd., 2009
Muş (Kumbet, Bulanık)	54	74	9	17	sm	a	Coşkun vd., 2009
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 56</b>							
Mersin (Gülek)	56	72	7	20	m	a	Sözen ve Kıvanç, 1998a
Mersin (Tekir 10 km Güney Batı)	56	72	7	20	m	a	Sözen ve Kıvanç, 1998a
Adana (Pozantı 15 km Güney)	56	72	7	20	m	a	Sözen vd. 2006b
Isparta (Yılanlı-Aksu)	56	72	7	20	m	a	Kankılıç vd. 2007b
Manisa (Kula)	56	72	7	20	sm	a	Kankılıç vd. 2009
Uşak-Güre-Çınarcık	56	72	7	20	sm	a	Kankılıç vd. 2010
Manisa (Kula)	56	72	7	20	sm	a	Sözen vd., 2013
Karabük-Kastamonu yol ayrımı	56	72	7	20	sm	a	Sözen vd., 2013
Uşak-Gediz yol ayrımı	56	72	7	20	sm	a	Sözen vd., 2013
Kastamonu (Daday 4 km Batı, Daday 6 km Batı, Tosya 12 km Kuzey, Merkez 10 km Batı)	56	74	8	19	sm	a	Sözen vd. 2006a
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 58</b>							
Tunceli (Ovacık-Sarıtosun)	58	68	4	24	sm	a	Coşkun, 2004c
Erzincan (Kemaliye-Esentepe)	58	68	4	24	sm	a	Coşkun vd., 2010
Niğde (Madenköy)	58	72	6	22	sm	a	Sözen ve Kıvanç, 1998b
Niğde (Ulukışla)	58	72	6	22	sm	a	Sözen vd., 2000b
Niğde (Ulukışla 21 km Güney Doğu, Ulukışla 22 km Güney Doğu, Ulukışla 25 km Güney Doğu)	58	72	6	22	sm	a	Sözen vd., 2006b
Zonguldak (Ereğli)	58	72	6	22	sm	a	Sözen vd., 2006b
Adana (Pozantı 10 km Kuzey, Pozantı 13 km Kuzey)	58	72	6	22	sm	a	Sözen vd., 2006b
Kastamonu (Taşköprü 2 km Batı, 30 km Batı, Taşköprü 3 km Güney, Taşköprü 42 km Güney, Taşköprü 45 km Güney)	58	74	7	21	sm	a	Sözen vd., 2006a
Ankara (Çamlıdere-Sarıkavak)	58	78	9	19	sm	a	Sözen, 2004
Konya (Ereğli)	58	75	7+1	20+1	sm	st	Arslan vd., 2011

## Çizelge 1.2. (Devam)

Lokalite	2n	NF	m	a	X	Y	Yazar
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 60</b>							
Niğde (Ulukışla 30 km Batı)	60	72	-	-	sm	a	Sözen vd., 2000b
Aksaray (12 km Doğu)	60	74	-	-	sm	a	Sözen vd., 2000b
Malatya	60	74	8	21	sm	-	Ivanistkaya vd., 1997
Malatya (30 km Batı)	60	74	8	21	sm	-	Nevo vd., 1994
Kastamonu (Azdavay 5 km Doğu, Azdavay 10 km Doğu, Ağlı, Küre 5 km Güney, Küre 10 km Güney, Seydiler 2 km Güney)	60	74	6	23	sm	a	Sözen vd., 2006a
Antalya (Akseki 20 km Güney Doğu, Akseki 22 km Güney Doğu)	60	74	6	23	sm	st	Sözen vd., 2006b
Kahramanmaraş (Göksun)	60	74	6	23	sm	st	Sözen vd., 2006b
Burdur (Bucak)	60	74	6	23	sm	a	Sözen vd., 2013
Manisa (Selendi)	60	74	6	23	sm	st	Kankılıç vd. 2009
Antalya (10 km Kuzey, Dağbeli, Korkuteli-Fethiye Çıkışı, Korkuteli 20 km Batı, Elmalı-Kızlar Sivrisi)	60	74	6	23	sm	a	Sözen vd., 2013
Konya (Hadim, Karatay)	60	74	6	23	sm	st	Arslan vd., 2011
Manisa (Selendi 2 km Güney)	60	76	7	22	sm	a	Sözen vd., 2013
Konya (Akşehir 10 km Güney Doğu)	60	76	7	22	sm	a	Sözen vd., 1999
Aksaray (35 km Batı)	60	76	-	-	sm	a	Sözen vd., 2000b
Kütahya (3 km Güney)	60	76	7	22	sm	st	Sözen vd., 2006b
Konya (Beşehir 10 km Kuzey, Beşehir-Kırelı, Akşehir)	60	76	7	22	sm	st	Kankılıç vd. 2007b
Bilecik (Söğüt, Söğüt 5 km Güney, Söğüt-Günyarık, Bozöyük-Yenidodurga 1)	60	76	7	22	sm	a	Kankılıç vd. 2009
Eskişehir (Sivrihisar-Günyüzü)	60	76	7	22	sm	a	Kankılıç vd. 2009
Kütahya (Simav-Küplüce, Emeç)	60	76	7	22	sm	a	Kankılıç vd. 2009
Amasya (Karaali-Gümüşhacı)	60	77	7	22	sm	a	Sözen vd., 2006b
Samsun (Havza 3 km Kuzey)	60	77	7	22	sm	a	Sözen vd., 2006b
Kastamonu (Merkez)	60	78	8	21	sm	st	Sözen, 2004
Ankara ( Nallıhan 5 km Doğu, Beypazarı 2 km Güney, Kızılcahamam-Bağören, Kızılcahamam 2 km Güney, Kızılcahamam-Gökbel)	60	78	8	21	sm	st	Sözen, 2004
Bolu (Seben-Bakırlı, Bakırlı 8 km Kuzey Doğu, Bakırlı 11 km Kuzey Doğu, Kartalkaya 8 km Batı, Dörtdivan, Gerede-Samat, Gerede-Cankurtaran, Gerede 26 km Güney Doğu, Gerede 15 km Doğu, Gerede 28 km Doğu)	60	78	8	21	sm	st	Sözen, 2004
Karabük (Eskipazar 11 km Güney)	60	78	8	21	sm	st	Sözen, 2004
Kayseri (İncesu)	60	78	8	21	sm	-	Tez vd., 2001
Sivas (Gürün 15 km Batı)	60	78	8	21	sm	-	Tez vd., 2001
Bilecik (Merkez 10 km Güney Batı, Kepirlek, Bozöyük 14 km Kuzey, İnhisar)	60	78	8	21	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Bursa (İnegöl 5 km Doğu)	60	78	8	21	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Eskişehir (İnönü 3 km Kuzey)	60	78	8	21	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Bolu (Ayman Yaylası)	60	78	8	21	sm	a	Kankılıç vd. 2007b
Isparta (Yalvaç, Gelendost)	60	78	8	21	sm	a	Kankılıç vd. 2007b
Ankara (Kızılcahamam-Çeltikli, Merkez)	60	78	8	21	sm	a	Kankılıç vd. 2007b
Samsun (Kavak)	60	78	8	21	sm	a	Kankılıç vd. 2007b
Isparta (Atabey, Gönen)	60	78	8	21	sm	a	Kankılıç vd., 2010
Bolu (Aladağ, Yağbaşlar, Sorkun, Gerede 12 km Doğu)	60	78	8	21	sm	a	Sözen vd., 2013
Karabük (Eskipazar)	60	78	8	21	sm	a	Sözen vd., 2013
Kütahya (Söbüalan-Murat Dağ)	60	78	8	21	sm	a	Sözen vd., 2013
Uşak (Banaz-Kızılcaşöğüt)	60	78	8	21	sm	a	Sözen vd., 2013
Malatya (Doğanşehir-Örnek, Kale-İzol, Akçadağ-Kürecik)	60	78	8	21	sm	a	Coşkun vd., 2010
Konya (İlgin, Hüyük, Sarayönü)	60	78	8	21	sm	st	Arslan vd., 2011
Konya (Bozkır, Çumra, Güneysınır, Meram, Selçuklu)	60	79	8+1	20+1	sm	st	Arslan vd., 2011
Malatya	60	80	9	20	sm	st	Yüksel, 1984
Malatya (Yazıhan)	60	80	9	20	sm	st	Gülkaç ve Yüksel, 1989
Ankara (Batıkent, Sarayköy)	60	80	9	20	sm	st	Sözen, 2004
Kırşehir (Çiçekdağı)	60	80	9	20	sm	st	Yüksel ve Gülkaç, 2001
Nevşehir (Gülşehir, Ürgüp, Avanos)	60	80	9	20	sm	st	Yüksel ve Gülkaç, 2001
Kayseri (İncesu, Akören, Bünyan, Himmetsdede)	60	80	9	20	sm	st	Yüksel ve Gülkaç, 2001

## Çizelge 1.2. (Devam)

Lokalite	2n	NF	M	A	X	Y	Yazar
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 60 (Devam)</b>							
Yozgat (Akdağmadeni)	60	80	9	20	sm	st	Kankılıç vd. 2007a
Ankara (Haymana, Polatlı, Bala, Kalecik, Ayaş, Güdül, Beypazarı, Nallıhan, Gölbaşı, Sarayköy, Elmadağ)	60	80	9	20	sm	st	Kankılıç vd. 2007b
Konya (Cihanbeyli, Kulu, Yunak)	60	80	9	20	sm	st	Kankılıç vd. 2007b
Konya (Cihanbeyli)	60	80	9	20	sm	st	Arslan vd. 2011
Erzincan (Refahiye)	60	80	9	20	sm	st	Kankılıç vd. 2007b
Sivas (Yıldızeli, İmranlı)	60	80	9	20	sm	st	Kankılıç vd. 2007b
Bursa (Gemlik)	60	80	9	20	sm	a	Sözen vd., 2013
Kutahya (Harmançık, Tavşanlı, Emet 7 km Kuzey, Simav 8 km Batı, )	60	80	9	20	sm	a	Sözen vd., 2013
Denizli (Kale, Kaklık, 32 km Batı, Çivril)	60	80	9	20	sm	a	Sözen vd., 2013
Malatya (Arguvan)	60	82	10	19	sm	-	Gülkaç ve Yüksel, 1989
Ankara (Merkez, 15 km Kuzey, 35 km Güney, 10 km Doğu)	60	82	10	19	sm	a	Sözen vd., 1999
Afyon (95 km Güney Batı)	60	82	10	19	sm	a	Sözen vd., 1999
Afyon (Çay-Çayırpınar)	60	82	10	19	sm	a	Kankılıç vd. 2009
Elazığ (Keban-Denizli)	60	82	10	19	sm	a	Coşkun vd. 2010
Erzincan (Kemaliye-Çitköy, Kemaliye-Dutluca)	60	82	10	19	sm	a	Coşkun vd. 2010
Sivas (Divriği-Hıdırlık)	60	82	10	19	sm	a	Coşkun vd. 2010
Malatya (Hekimhan, Arguvan, Arapgir)	60	82	10	19	sm	a	Ulutürk vd. 2009
Sivas (Divriği-Karasar, Kangal-Davutoğlu)	60	82	10	19	sm	a	Ulutürk vd. 2009
Burdur (5 km Doğu, 10 km Güney)	60	84	11	18	sm	a	Sözen vd., 1999
Burdur (Yeşilova-Harmanlı)	60	84	11	18	sm	a	Kankılıç vd., 2010
Denizli (Acıpayam, Çameli-Bıçaklı)	60	84	11	18	sm	a	Kankılıç vd., 2010
Denizli (Çameli, Seki)	60	84	11	18	sm	a	Sözen vd. 2013
<b><i>Nannospalax xanthodon</i> 2n = 62</b>							
Kütahya (5 km Batı)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Afyon (35 km Doğu)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Konya (45 km Kuzey)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Ankara (30 km Güney)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Kayseri (20 km Batı)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Samsun (Havza 10 km Güney)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
Sivas (10 km Güney, Suşehri 3 km Batı)	62	-	-	-	-	-	Nevo vd., 1995
<b><i>Nannospalax leucodon</i> 2n = 56</b>							
Çanakkale (Eceabat)	56	76	9	18	sm	a	Sözen, 2004
Çorlu (Karaevli)	56	78	10	17	sm	a	Soldatovic ve Savic, 1979
İstanbul (Arnavutköy-Tayakadın, Çatalca-Akalan, Halkalı)	56	78	10	17	sm	a	Sözen vd., 2006a
Kırklareli (Vize-Sofular, Vize-Merkez, Koyunbaba )	56	78	10	17	sm	a	Sözen vd., 2006a
Tekirdağ (Hayrabolu, Yeniçiftlik)	56	78	10	17	sm	a	Sözen vd., 2006a
<b><i>Nannospalax ehrenbergi</i> 2n = 48</b>							
Hatay (Yayladağ-Şenköy, Yayladağ 10 km Kuzey)	48	74	12	11	m	-	Coşkun, 2004b
Hatay (Yayladağı-Şenköy)	48	74	12	11	sm	-	Coşkun vd., 2006
<b><i>Nannospalax ehrenbergi</i> 2n = 52</b>							
Kilis	52	74	10	15	sm	a	Coşkun, 1999
Kilis (Elbeyli)	52	74	10	15	sm	a	Sözen vd. 2006b
Hatay (Kırıkhan, Belen, Arsuz, Kırıkhan-Muratpaşa, Reyhanlı-Beşarslan)	52	74	10	15	sm	a	Coşkun, 2004b
Gaziantep (İslahiye Merkez, İslahiye-Fevzipaşa)	52	74	10	15	sm	a	Coşkun, 2004b
Osmaniye (Bahçe)	52	74	10	15	sm	a	Coşkun, 2004b
Gaziantep (Karkamış-Karanfil, Türkyurdu, Nurdağı-Kömürler, İslahiye-Boğaziçi)	52	74	10	15	sm	a	Coşkun vd., 2006
Osmaniye (Bahçe 4 km Batı, Çona)	52	74	10	15	sm	a	Coşkun vd., 2006
Hatay (Arsuz-Çengenköy, Kırıkhan-Muratpaşa, Reyhanlı-Beşarslan)	52	74	10	15	sm	a	Coşkun vd., 2006
Diyarbakır	52	76	11	14	sm	sm	Ivanitskaya vd., 1997
Adıyaman	52	76	11	14	m	sm	Ivanitskaya vd., 1997

## Çizelge 1.2. (Devam)

Lokalite	2n	NF	M	A	X	Y	Yazar
<b><i>Nannospalax ehrenbergi</i> 2n = 52 (Devam)</b>							
Elazığ	52	76	11	14	sm	-	Ivanitskaya vd., 1997
Şanlıurfa (Hilman)	52	76	11	14	m	sm	Yüksel ve Gülkaç, 1992
Şanlıurfa (Siverek, Birecik)	52	76	11	14	sm	a	Ivanitskaya vd., 1997
Şırnak (Silopi-Çukurca, İdil 10 km Doğu)	52	76	11	14	sm	a	Coşkun vd., 2006
Siirt (Pervari-Ormandağ, Eruh 10 km Batı, )	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Batman (Gercüş-Akyar)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Mardin (Midyat 2 km Doğu, Ömerli 4 km Doğu, Ömerli-Alıçlı, Nusaybin-Söğütlü, Merkez 7 km Batı, Kızıltepe-İstasyon, Mazıdağı-Evciler)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Diyarbakır (Bismil-Çöltepe, Bismil-Yeniköy, Silvan 20 km Batı, Kulp, Çermik)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Elazığ (Gözeli)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Elazığ (Sivrice)	52	76	11	14	sm	sm	Ivanitskaya vd., 1997
Elazığ (Baskil)	52	76	11	14	sm	sm	Yüksel, 1984
Elazığ (Keban-Çirkan)	52	76	11	14	sm	a	Coşkun vd., 2010
Adıyaman (Kahta-Ballıköy, Şambayat 1 km Batı, Gölbaşı 2 km Kuzey, Gölbaşı-Çağlayancerit)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Şanlıurfa (Ceylanpınar 15 km Kuzey, Viranşehir-Kocanezim, Düzenli, Harran-Balgat, Siverek-Küçükgöl, Suruç-Peyamlı, Suruç-Sasi, Suruç-Mürşitpınar, Bozova-Ördek, Birecik-Kocaali)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Kahramanmaraş (Pazarcık-Seyrantepe)	52	76	11	14	m	a	Coşkun vd., 2006
Şanlıurfa	52	78	14	11	sm	a	Nevo vd. 1994
Şanlıurfa	52	80	13	12	sm	a	Ivanitskaya vd., 1997
<b><i>Nannospalax ehrenbergi</i> 2n = 54</b>							
Şanlıurfa (Suruç)	54	74	20	32	m	sm	Yüksel ve Gülkaç, 1992
<b><i>Nannospalax ehrenbergi</i> 2n = 56</b>							
Batman (Yolbulan, Beşiri-Yolkonak, Kozluk-Yeniçağlar, Hasankeyf-Suçeken)	56	66	4	23	sm	a	Coşkun, 2004a
Siirt (Kurtalan-İncilik, Kurtalan-Bağlıca, Baykan )	56	66	4	23	sm	a	Coşkun, 2004a
Siirt (Kurtalan-Bağlıca-Yeniköprü, Kurtalan-Baykan, Kurtalan-Yolbulan, Kurtalan 15 km Batı)	56	66	4	23	sm	a	Coşkun vd., 2006
Blslahiyeatman (Kozluk-Yeniçağlar, Beşiri-Yolkonak, Hasankeyf-Suçeken)	56	66	4	23	sm	a	Coşkun vd., 2006
Adana (Kozan-Pekmezci)	56	68	5	24	sm	a	Coşkun vd., 2006
Adana (5 km Güney, Şeyhmurat)	56	72	7	20	sm	a	Sözen vd., 2006b
Mersin (Tarsus)	56	72	7	20	sm	a	Ivanitskaya vd., 1997
Mersin (Tarsus)	56	72	7	20	sm	a	Nevo vd. 1994
Osmaniye (Kadirli-Anberinarkı)	56	72	7	20	sm	a	Coşkun vd., 2006
Adana (Ceylan-Yakapınar, Kozan-Pekmezci, Şeyhmurat)	56	72	7	20	sm	a	Coşkun vd., 2006
Mersin (Tarsus-İbrişim)	56	72	7	20	sm	a	Coşkun vd., 2006
Gaziantep	56	82	12	15	sm	a	Ivanitskaya vd., 1997
Gaziantep	56	90	14	13	m	sm	Yüksel ve Gülkaç, 1992
<b><i>Nannospalax ehrenbergi</i> 2n = 58</b>							
Gaziantep	58	90	17	11	sm	sm	Nevo vd. 1994

### 1.1.3 Türkiye *Nannospalax* Palmer, 1903 cinsine ait türler üzerine yapılan moleküler çalışmalar

Türkiye körfare populasyonları üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu morfoloji ve karyoloji temelli çalışmalardır. Populasyonların genetik farklılıklarını ve filogenetik yapılarını araştıran makale sayısı oldukça azdır. Türkiye'nin körfareleri üzerine yapılan ilk genetik temelli çalışması Nevo vd. (1995) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Nevo vd. (1995) Türkiye'den elde ettiği farklı kromozomal formların coğrafi dağılımlarını, allozim elektroforezi ile elde edilen sonuçlar ışığında değerlendirmiştir. Allozim

elektroforezi sonucunda çalışılan kromozomal soyların pek çok enzim sisteminde farklı alleller içerdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada Nevo vd. (1995) Türkiye körfare populasyonlarının özellikle diploid kromozom sayıları ve allozimden elde edilen heterozigotluk değerlerini incelemiştir. Diploid kromozom değeri ve heterozigotluk değerinin Türkiye'nin dış kesimlerinden iç kesimlere (Anadolu'nun merkezine) doğru artış eğiliminde olduğunu belirlemiştir. Diploid kromozom sayısı ve heterozigotluk değerinde merkez populasyonlara doğru meydana gelen artış eğilimini, merkeze doğru artan kuraklık stresi ile ilişkili bulmuştur.

Türkiye körfare populasyonlarının genetik farklılıkları ve filogenetik yapıları üzerine yapılan diğer önemli çalışma ise, Suzuki vd., (1996) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Türkiye'den *N. xanthodon* örneklerine ait üç kromozomal soy ( $2n=38, 54, 62$ ), *N. ehrenbergi* için iki lokaliteden iki kromozomal soy ( $2n=52$  ve  $58$ ), İsrail'den bir kromozomal soy ( $2n=54$ ) ve Mısır'dan bir kromozomal soy ( $2n=60$ ) olmak üzere örneklerin genom DNA özütünün 10 restriksiyon enzimi ile kesimi yapılarak ribozomal DNA (rDNA) ve mitokondriyal DNA (mtDNA) farklılıkları RFLP analizi ile çalışılmıştır. Çalışılan *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi* türleri arasında çalışılan genler bakımından oldukça yüksek farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca tür içi farklı kromozomal soylar arasında da azımsanmayacak farklılıklar gözlenmiştir. Çalışılan türler arasında genetik polimorfizm en fazla *N. xanthodon* türünde belirlenmiştir.

Türkiye'deki körfare populasyonlarında moleküler marker olarak mtDNA'nın dizi analizinin kullanıldığı ilk çalışma Arslan vd., (2010b) tarafından yapılmıştır. Arslan vd., (2010), Anadolu'nun merkezi olarak ifade ettikleri Konya ilinin 9 farklı lokalitesinden topladıkları diploid kromozom sayıları farklı olan 13 *N. xanthodon* örneğinin 3 sitotipi ( $2n = 40, 58, 60$ ) arasında mitokondriyal DNA'nın *sitokrom b* geninin 630 baz çiftlik bölgesinin sekans analizini çalışmışlardır. Bu sitotiplerin *sitokrom b* haplotipleri filogenetik analizlere tabi tutulmuştur. Bu çalışma sonucunda üç sitotip arasında yüksek seviyede genetik farklılık belirlenmiş ve üç sitotipin birbirinden farklı üç ayrı allopatrik tür olduğu ileri sürülmüştür. Bu üç sitotip arasından en düşük diploid kromozom sayısına sahip sitotipin ( $2n = 40$ ) en son evrimleştiği kabul edilmiştir. En yüksek diploid kromozom sayısı ( $2n = 60$ ) ise filogenetik ağaçta taban (temel pozisyon) olarak ele alınmıştır. Bu yüzden Anadolu körfarelerinin kromozomal ırklarının orijini olarak  $2n = 60$  sitotipi kabul edilmiştir. Muhtemelen *N. xanthodon*'un türleşmesi bütün grupların

farklılaşmasının en eski zamanlarına dayanmakta olduğu düşünölmüş ve *Nannospalax*'ın türleşme zamanının belirlenmesi hala sıkıntılarının olduğu düşüncesiyle daha fazla çalışma yapılması gerektiği ifade edilmiştir.

Kandemir vd., (2012), Türkiye'deki *N. xanthodon*, *N. leucodon* ve *N. ehrenbergi* olmak üzere üç türün 9 sitotipinden 47 bireyin 402 bp'lık *sitokrom b* gen dizilerini incelemiştir. Filogenetik analizler sitotipler arasındaki ilişkileri destekler niteliktedir. Bu filogenetik analizlere göre, *N. xanthodon* ve *N. leucodon* türlerinin monofiletik olduğunu fakat İsrail'de daha önce tanımlanan *N. galili*, *N. golani*, *N. carmeli* ve *N. judaei* türleri ile *N. ehrenbergi* türünün parafiletik olduğu ifade edilmiştir. Türkiye'nin Batısındaki düşük diploid kromozom sayısına sahip *N. xanthodon*'un sitotipleri, daha yüksek kromozom sayısına sahip ( $2n = 56, 60$ ) populasyonlardan monofiletik grup olarak ayrılmış olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmayla Türkiye'deki *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi* sitotiplerinin farklı türler olarak belirtilmesi için daha fazla ve daha detaylı araştırmaların yapılması gerektiği ileri sürölmüştür.

Krystufek vd., (2012), Türkiye, İsrail, Mısır ve Bosna-Hersek olmak üzere 34 farklı lokaliteden 53 *Nannospalax* örneğinin *sitokrom b* (*cyt b*) dizilerini kullanarak *Nannospalax* genusunun evrimsel tarihi hakkında bir araştırma yapmışlardır. *Nannospalax* genusunun 50'den daha fazla sitotiple, prolifik kromozomal varyasyon ( $2n = 38, 40, 48, 52, 54, 58, 60$  vs.) gösterdiği ifade edilmiştir. Morfolojik olarak ayırt edilmesi zor olan bu sitotiplerin temelde allopatrik olduğu bilinmesine rağmen taksonomisi çelişkili olup net bir sonuca ulaşılammıştır. *N. xanthodon*, *N. leucodon* ve *N. ehrenbergi* morfolojik gruplarına ait 15 sitotipin *cyt b* analizleri ile yapılan filogeni çalışmaları sonucunda *Nannospalax* ve *Mesospalax* subgenusları olarak ayrılan ve önemli derecede farklılık arz eden, iki farklı grup olarak yeniden oluştuğu belirtilmiştir. Bu çalışmada yapılan filogeni araştırmaları, *Mesospalax* içindeki temel ayrımın çözümlenmesinde yetersiz kalmış ve *N. xanthodon* dalı yerine *N. leucodon* dalının kabul edilmesi doğrulanammıştır. Bu üç morfolojik grup arasında en düşük genetik çeşitliliğe *N. leucodon*'nun, en yüksek genetik çeşitliliğe *N. xanthodon*'un sahip olduğu, *N. ehrenbergi*'nin genetik çeşitliliğinin ise her iki tür arasında olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada genetik uzaklık, biyolojik tür olarak sitotiplerin sınıflandırılması için yeterli destek sağlayammıştır.

Hadid vd., (2012) Akdeniz steplerindeki Spalacidae familyasının 41 örneği 4 kb mtDNA dizilerinin sekans sonuçlarına kullanarak kapsamlı bir coğrafi ırk çalışması yapmış; elde edilen filogenetik ağaçlar ve dallanmalara bakarak tektonik tarih ve paleoklima arasındaki uyumu iklim değişimlerinden yararlanarak araştırmışlardır. Anadolu ve Balkanlar arasında oluşan deniz bariyerinin *Nannospalax* dalının *Spalax* dalından, *N. xanthodon* dalının ise *N. leucodon* dalından ayrılmasını kolaylaştırdığını, Anadolu yüksek plato ve dağlarının tektonik hareketler sonucu yükselmesi sırasında Toros Dağlarının oluşması *N. ehrenbergi* ve *N. vasvarii* türlerinin birbirinden ayrılmasına neden olmuş olduğu bildirilmiştir. Tortonian sırasında (geç Miyosen'de kuraklık dönemi) Anadolu ve Balkanlar arasında oluşan deniz bariyeri *Nannospalax* dalını *Spalax* dalından ayırmıştır. *Spalax*'ın batıdaki bugünkü dağılımının *Nannospalax* tarafından baskılandığı için azaldığı düşünülmektedir. *Spalax*'ın doğudaki dağılımı ise Kafkasya'nın yüksek dağlarının oluşmasıyla (Kuaterner zamanına kadar) *Nannospalax*'dan korunduğu belirtilmiştir. Buradan yola çıkarak Türkiye'de *Nannospalax* cinsinin baskın olduğu ifade edilmiştir. *Nannospalax* cinsi içerisinde 4 türün (*N. ehrenbergi*, *N. vasvarii*, *N. leucodon* ve *N. xanthodon*) varlığından bahsedilmiştir. Çalışmada rRNA ve mtDNA analizleri, bugünkü *N. ehrenbergi*'nin, geç Miyosen'in erken Pliosen çağında tektonik faaliyetler sonucunda yükselen Doğu Anadolu Dağlarının güneyindeki yarı çöl alanlarında baskın olarak bulunduğu ileri sürülmüştür. *N. ehrenbergi* ve *N. leucodon*'nun ise Akdeniz'deki tuzluluğa bağlı olarak ova ve platolarda yayılış gösterdiği düşünülmüştür. Türkiye'de ise *N. ehrenbergi* türü, yarı çöl olarak ifade edilebilecek Akdeniz Bölgesi'nin batısı ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yayılış göstermektedir. *N. xanthodon* ve *N. leucodon* türlerinin ise ortak atadan ayrıldığı bu çalışmayla desteklenmiştir. Marmara Denizi ve Çanakkale arasında bariyer oluşturan Boğazların, *N. leucodon*'nun Balkanlar'a göç etmesinden kısa bir süre sonra kaybolmasıyla (buzul çağ sırasında) Balkanlar'ın Anadolu'dan ayrılması sonucu *N. xanthodon* ve *N. leucodon* türleri arasında faunal değişimler meydana gelmiştir. Bu çalışmayla günümüzde Türkiye'de Balkan topraklarıyla temsil edilen Trakya bölgesinde *N. leucodon* türü yayılış gösterirken, Anadolu'da *N. xanthodon* türünün yayılış gösterdiği belirtilmiştir.

Kankılıç vd., (2013) RAPD analizi ile *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi* kromozomal ırklarında genetik polimorfizm seviyesini belirlemişlerdir. Anadolu'da yayılış gösteren 3 *N. ehrenbergi* popülasyonu ve 61 *N. xanthodon* popülasyonu çalışılmıştır. *N.*



*xanthodon* için diploid kromozom sayılarında önemli bir çeşitlilik tanımlanmıştır. Bu çalışmaya göre *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi*'nin kromozomal ırklarında yüksek seviyede genetik çeşitlilik, polimorfik lokus oranıyla % 92 olarak tanımlanmıştır. Türler içinde ve arasında gözlemlenen RAPD-PCR sonuçları aynı zamanda türleşmenin peripatrik modeliyle bağlantılı bulunmuş ve RAPD bantlarıyla, her bir kromozomal ırk arasında kayda değer veriler elde edilmiştir. Bu çalışmayla, daha önce Nevo vd. (1995) ve Suzuki vd. (1996) tarafından Anadolu'nun merkezinde  $2n = 62$  olarak tanımlanan kromozomal form, bu çalışmayla elde edilen veriler doğrultusunda  $2n = 60$  olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde Bolu popülasyonu için daha önceki çalışmalarla (önce Nevo vd. (1995) ve Suzuki vd. (1996))  $2n = 54$  olarak tanımlanan kromozomal form bu çalışma ile  $2n = 52$  olarak tanımlanmıştır. Türkiye'de yayılış gösteren kör farelerin türleşmesinde habitat yapısı, yükseklik ve iklimsel şartların yanı sıra coğrafi ve ekolojik faktörlerin rol oynamasına rağmen körfarelerin yayılış yetenekleri sınırlı olduğu için tam bir coğrafi bariyer olmadığı durumlarda da türleşmenin mevcut olduğu belirtilmiştir.

Yukarıdaki literatür özetinden anlaşıldığı gibi Türkiye körfareleri üzerine yapılan moleküler çalışmalarda moleküler marker olarak sadece mt-DNA'nın tek geni *sitokrom b* kullanılmıştır. Türkiye'de bu cins üzerinde ilk kez mitokondrial DNA 16S rRNA bölgesinin sekans analizi yapılarak bu konudaki verilerin literatüre kazandırılması, kromozomal soy ve diğer popülasyonların mitokondrial DNA 16S rRNA bölgesi bakımından filogenetik ilişkilerinin ortaya çıkarılması ve mevcut kromozomal soyların taksonomik durumlarının belirlenmesiyle yeni tür tanımları yapabilmeye adına Türkiye faunasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## BÖLÜM II

### KURAMSAL TEMELLER

#### 2.1 Ordo: Rodentia (Mammalia)

Kemiriciler (rodentia) takımı 29 familya, 400'den fazla cins ve 2800'ü aşkın türüyle memeli sınıfının en büyük takımıdır. Kemiriciler (rodentia) takımı Antartika, Yeni Zelanda ve birkaç okyanus takımadası hariç bütün karalara yayılmış durumdadır. Bu hayvanlar kara, ağaç, toprak altı ve yarı sucul olmak üzere çok farklı habitatta dağılmışlardır. Diğer takımlardan kolayca ayrılabilen kemiricilerin kendi içlerinde filogenetik durumları birçok yönden sıkıntılıdır ve kolaylıkla ifade edilememektedir. Kafatası yapıları ve çiğneme kasları kemiricileri sınıflandırmak için önemli morfolojik özelliklerdir. Her bir grup kafatası yapısı, çenenin kafatası ile yapmış olduğu bağlantıyla birbirinden ayrılır. Kemiriciler (rodentia) takımı, çiğneme kaslarının konumuna göre bazı kaynaklarda 4, bazı kaynaklarda ise 5 alttakıma ayrılmaktadır (Ognev, 1947).

Kemiriciler (rodentia) takımını diğer takımlardan ayıran en önemli karakterler, köpek dişleri ve ön azı dişlerinin kaybolması ile oluşan diastema boşluğudur. Diastema boşluğu üst kesici dişlerle birinci azı (molar) diş arasında bulunan ve besinleri toplamak için kullanılan bir boşluktur. Her iki çenenin önünde bulunan ikişer adet kesici diş tüm kemiricilerin ortak özelliği olup bu dişler köksüzdür ve devamlı büyürler. Kesici dişlerin kırılması halinde yerine yeni diş çıkmayacağından kırılan dişin karşısındaki diş devamlı olarak büyüyerek hayvanın ölümüne neden olabilir. Azı molar dişlerin en önemli özelliği çiğneme yüzeylerinde mine katlanmalarının bulunmasıdır. Bu dişler kemirmede kullanılmaz ve büyümmezler. Kemiricilerin genel diş formülü  $1/1 \ 0/0 \ 0/0 \ 3/3 = 16$ 'dır. Bazı kemirici türlerinde ön azı (premolar) dişlerde bulunur. Bunların sayısı hiçbir zaman iki çiftten fazla olmaz. Kemiriciler en fazla 22 dişe sahiptirler (Harrison ve Bates, 1991; Ognev, 1947).

Bazı türlerde besinin toplanmasına yarayan yanak keseleri vardır. Mideleri basit, kôrbağırsakları uzundur. Kuyrukları çoğunlukla uzun, bazı türlerde pullarla örtülüdür. Toprak altında tüneller kazarak yaşayanlarda tırnaklar gelişmiştir. Gözler yaşam biçimine bağlı olarak farklı büyüklükte olabilir. Toprak altında yaşayanlarda gözler küçülmüş hatta bazı türlerde körelerek deri altında kalmıştır. Gececi olanlarda ise gözler oldukça büyüktür. Gözler başın yan taraflarında yer aldıklarından hem önü hem de

arkayı aynı anda görebilirler. Suda yaşayanlarda gözler başın üst kısmındadır. Kulaklar da yaşam biçimine göre değişik şekiller gösterir. Örneğin, toprak altında ve suda yaşayanlarda oldukça küçülmüştür. Kemiriciler genellikle herbivor ya da omnivordurlar. Üreme kapasiteleri çok yüksektir. Gebelik süreleri 14-170 gün arasında değişir. Çoğunlukla yılda birkaç defa doğururlar ve her doğumda 1-18 yavru yaparlar. Bazı türleri insanlar için hastalık taşıyıcıları nedeniyle ya da ekonomik yönden zararlıdır (Buckie ve Smith,1994).

## **2.2 Familya: Spalacidae Gray, 1821**

Körfareler yüksek derecede toprak altı hayata uyum göstermiş hayvanlardır. Neredeyse tamamen toprak altında yaşayan bu canlılar kökler, rizomlar ve soğanlarla beslenirler. Dış açıklığı bulunmayan (deri altında kalan) gözler küçülmüş ve görevini yitirmiştir. Dış kulak gerilemiştir ve kuyruk bulunmaz. Ayaklar kazmak için adapte olmamıştır, kazma fonksiyonu başın buldozer etkisiyle dişlerle yerine getirilmektedir. Pençeler özellikle genişlememiştir. Kafatası fossorial (kazıcı) hayat için oldukça farklılaşmıştır ve yetişkinlerde kuvvetli şekilde eğimli bir yapı kazanmıştır. Supraoccipital bölge posterior zygomatik köklerin seviyesine ulaşarak öne doğru meyillenmiştir. Böylece kafatasının toplam uzunluğunun 1/3 veya daha fazlasını kapsar. Zygomatik plate'ler nispeten dardır; infraorbital foramina geniştir. Foramina incisiva çok küçüktür ve dar bir yarıklı şeklindedir. Pterygoid fossa dorsal olarak kapanmamıştır ve böylece geniş bir foramen gibi görülür. Kesici dişler oldukça geniştir, alt kesiciler mandibul üzerinde kondillerin gerisinde güçlü çıkıntılar (process) oluşturur. Çiğneme dişleri köklüdür; genç hayvanların dişlerinin iç ve dış girintili kıvrımları kısa sürede taç yüzeyinde izole olmuş adacıklar haline gelir Baş ve vücut uzunluğu 130-310 mm arasında sıralanmaktadır. Ortalama vücut ağırlığı 100-570 gr arasında değişmektedir. Vücut büyüklüğü iklim, toprak tipi ve habitat verimliliğine bağlı olarak coğrafi olarak değişmektedir. Kürk rengi koyu kahverenginden sarımsı gri rengine kısmen toprak yapısına bağlı olarak değişmektedir. Kürk oldukça yumuşak, yoğun ve esnektir (Harrison ve Bates, 1991; Nevo, 1991).

## **2.3 Cins: *Spalax (Nannospalax)* Guldenstaedt, 1970. (Nova Comm. Acad. Sci. Pet., ser. 14, 1: 410.)**

Tip Türü: *Spalax microphthalmus* Guldenstaedt, 1770.

Sinonimler: *Anotis* Rafinesque, 1815; *Aspalax* Desmarest, 1804; *Glis* Erxleben, 1777; *Macrospalax* Mehély, 1909; *Mesospalax*, Mehély, 1909; *Microspalax* Mehély, 1909; *Myospalax* Hermann, 1783; *Nannospalax* Palmer, 1903; *Ommatostergus* Nordmann, 1840; *Talpoides* Lacepede, 1799; *Ujhelylana* Strand, 1922.

*Spalax* cinsi bireyleri hayatlarının neredeyse tamamını toprak altında dişleriyle kazdığı galerilerde geçirmekte ve bu galerileri açarken rastladıkları bitkilerin toprak altı organları ve bitkiyi kökünden tutup toprak altına tamamen çekerek yaprak kısımları ile beslenmektedir. Kış uykusuna yatmazlar. Soğuk kış ve çok sıcak yaz dönemlerinde aktivitesini azaltarak uygun mevsimlerde depoladığı besinleri yiyerek yaşamaktadır. Körfareler tarım alanlarında da yaygın bir şekilde bulunmaktadır ve özellikle soğan, havuç, patates gibi yumrulu bitkileri yuvasına taşıyarak depolar ve bu yüzden ürün kaybına sebep olurlar. Bir *Spalax* yuvasında 20 kg kadar patates bulunduğu belirlenmiştir (Harrison ve Bates, 1991).

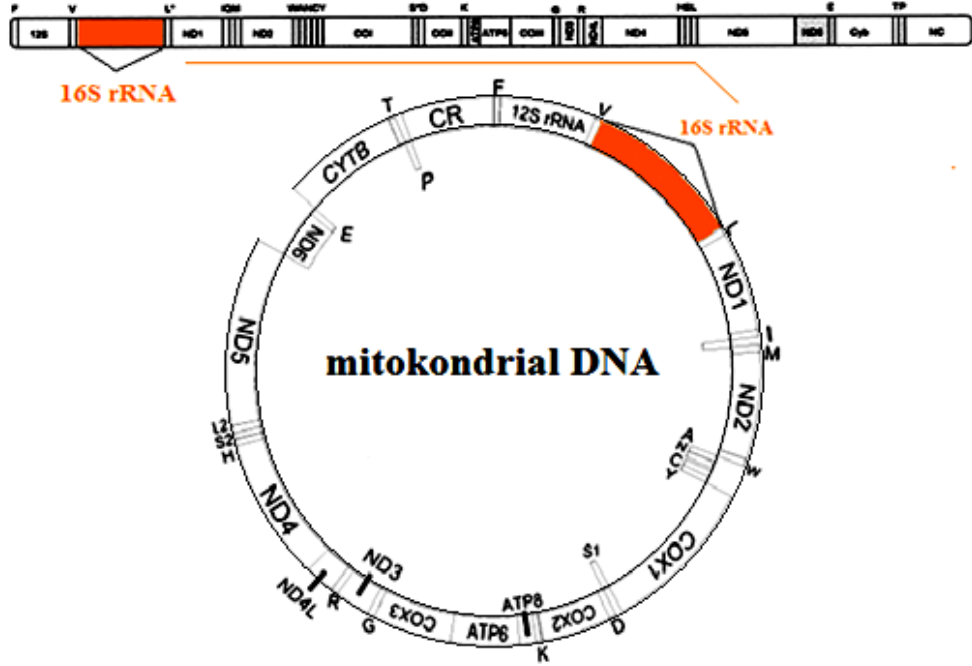
Vücut renkleri mevsimsel farklılıklar göstermekle birlikte, genel vücut rengi gövdenin üst tarafı ile yanlarda sarımsı olup çok sık ve yumuşak kıllarla kaplıdır. Kulak bölgesi ile gövdenin alt kısmı koyu, başın ön tarafı ise açık gri renktedir. Alt çeneden karına doğru uzanan kısım seyrek tüylerle kaplıdır. Gövde silindir şeklinde olup, baş gövde kalınlığına yakındır. Boyun kısa ve gövde kalınlığı kadardır. Ağız küt, gözler körelmiş olup, büyükçe olan ve orta kulağa açılan kulak açıklığı tüyler arasında görülebilmektedir. Kuyruk mevcut olmayıp, bu kısımda çok küçük, çıplak bir çıkıntı vardır (Kıral ve Benli, 1979).

Diş formülü: i 1/1, c 0/0, pm 0/0, m 3/3 = 16.

#### **2.4 Omurgalı hayvanlarda mitokondriyal DNA**

Omurgalı hayvanların mitokondriyal DNA'sı halkasal yapıda ve çoğunda olduğu gibi 16000-18000 baz çifti uzunluğundadır. 13 protein kodlayan bölge, 2 rRNA geni, 1 replikasyon kontrol bölgesi ve 22 tRNA geni vardır (Şekil 2.1.). Bu bölgelerin sırası genelde omurgalılarda korunmuştur. Mitokondriyal DNA'da intronlar yoktur. Sitokrom oksidaz, ATP sentetaz ve NADH sistemleri sayesinde hücre solunum sistemlerine katkıda bulunur. MtDNA'nın en önemli özelliği de anne tarafından nesilden nesile aktarılıyor olmasıdır. Yani rekombinasyonun olmaması kalıtımın daha kolay

izlenilmesini sağlayarak populasyonların geçmişleri hakkında güçlü bir bilgi sağlar. Aynı zamanda mtDNA, populasyon genetiğinde moleküler belirteç (marker) olarak uzun süredir kullanılmaktadır. İlk başlarda mtDNA'nın filogenetik analizleri daha çok kontrol bölgesi segmentinin çalışmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ancak diğer bölgelerinin veya tüm dizilerin analiz edilmesiyle evrimsel geçmiş hakkında daha doğru sonuçlara ulaşılmaya başlanmıştır. 16S rRNA dizisi ilk olarak 1978'de ortaya çıkmıştır. 16S rRNA dizilerinin filogenetik çeşitliliği, yüksek yapılı canlıların dizilerinin belirlenmesi, bu canlılar arasında kıyaslama yapılmasında kullanılmaktadır (Brosius vd.,1978; Brown vd. 1979; Carbon vd., 1979; Elson vd. 2001a, Freeman ve Herron, 2002; Lehtonen, 2002; Noller ve Woese, 1981; Richards ve Macaulay 2001; Woese vd., 1983).



**Şekil 2.1.** Mt-DNA'da çalışılan bölge (16S rRNA) 'nin DNA haritası (Jiang vd., 2012)

## BÖLÜM III

### MATERYAL METOT

#### 3.1 Materyalin Toplanması ve Hazırlanması

Bu tez çalışması Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Moleküler Biyoloji Laboratuvarı ve Sitogenetik Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada Yrd. Doç. Dr. Teoman KANKILIÇ tarafından 81 lokaliteden toplanan ve teşhis edilen *N. xanthodon*, *N. leucodon* ve *N. ehrenbergi* türlerine ait 93 örnek çalışılmıştır. Bu çalışılan örneklerin alındığı lokaliteler Çizelge 3.1. ve Şekil 3.1.'de gösterilmektedir. Filogenetik analizlerde ise mevcut 93 örneğe GenBank'tan 16S rRNA dizileri alınan 6 körfare örneği eklenmiştir. GenBank'tan alınan 4 örnek *Spalax* genusuna ait örneklerden, geriye kalan 2 örnek ise İsrail'de yayılış gösteren ve  $2n = 58$  diploid kromozom sayısına sahip olan *N. carmeli* türünden seçilmiştir. GenBank'tan temin edilen örneklerin GenBank numaraları, örneklerin diploid kromozom değerleri, alındığı lokaliteler Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan bazı kromozomal soylara ait örneklerin karyotipleri daha önce Yrd. Doç Dr. Teoman KANKILIÇ tarafından belirlenmiştir. Bu örneklerin haricinde araziden toplanan örnekler kapanlar ile canlı olarak laboratuvara getirilmiş, hayvan bakım odasında bir süre bekletildikten sonra Hayvan Deneyleri Etik Kurulu yönetmeliğine uygun olarak deneylere tabi tutulan örneklerin standart dış ölçüleri (tüm boy, ardayak) ve ağırlıkları (gr) alınmıştır. Bu örneklerin Ford ve Hamerton (1956)'a göre "Colchicinehypotonic citrate" tekniği kullanılarak karyotip analizleri yapılmıştır. Ayrıca araziden toplanan canlı örneklerden daha sonra kullanılmak üzere kan ve doku örnekleri alınmış olup,  $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$  derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Hayvanlar üzerine yapılan deneyler Niğde Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 12.12.2011 tarihli 8. Toplantısında alınan 1. Kararı doğrultusunda gerçekleşmiştir. Hayvanların araziden canlı olarak yakalanması Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün 14.10.2011 tarihli ve B.23.0.DMP.0.15.01-510.02-15759 sayılı araştırma izni ile gerçekleştirilmiştir (Kankılıç vd. 2007a, 2007b, 2009, 2010).

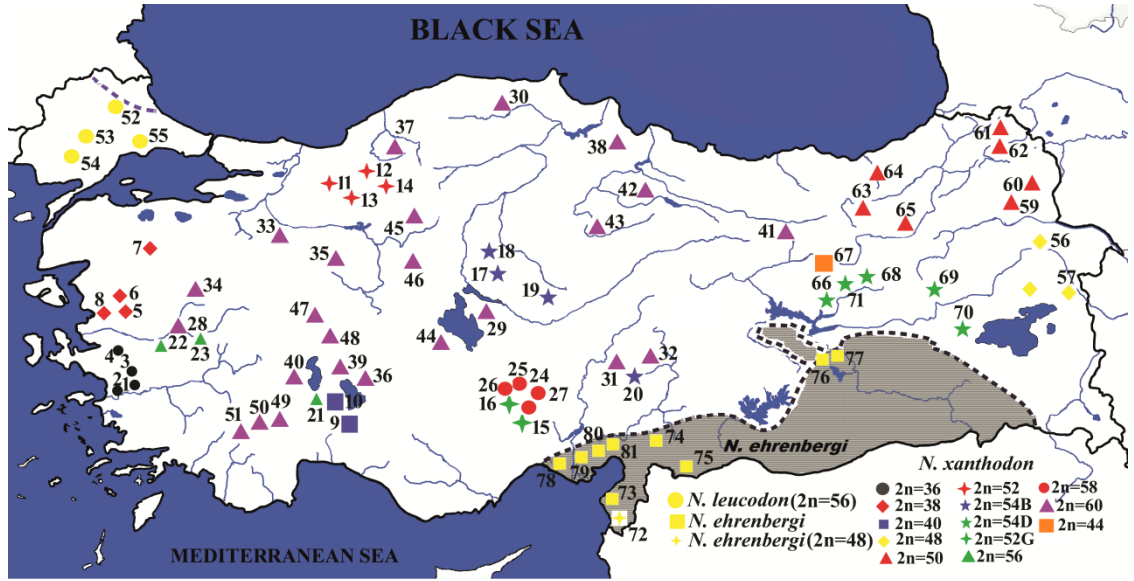
**Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan körfare örnek listesi**

Lokalite Numarası	Müze Numarası	Lokalite	Kromozom
Lok 1	6197	Aydın (Koçarlı-Bıyıklı Köyü)	2n = 36 NF = 68
Lok 2	6251	Aydın (Koçarlı- Haydarlı Köyü)	2n = 36 NF = 68
Lok 3	6215	Aydın (Koçarlı-Yağhanlı Köyü)	2n = 36 NF = 68
Lok 4	6218	Aydın (Ortaklar-Magnesia)	2n = 36 NF = 68
Lok 5	6131	Manisa (Akhisar)	2n = 38 NF = 74
Lok 6	100	Manisa (Kırkağaç)	2n = 38 NF = 74
Lok 7	6160	Balıkesir (Kepsut)	2n = 38 NF = 74
Lok 8	6138	İzmir (Foça-Bağarası Köyü)	2n = 38 NF = 74
Lok 9	6203	Konya (Yeşildağ)	2n = 40 NF = 72
Lok 9	6267	Konya (Yeşildağ)	2n = 40 NF = 72
Lok 10	6262	Isparta (Yenişarbademli)	2n = 40 NF = 72
Lok 10	6202	Isparta (Yenişarbademli)	2n = 40 NF = 72
Lok 11	4201	Bolu (Abant)	2n = 52 NF = 70 K
Lok 12	4832	Bolu (Gerede)	2n = 52 NF = 70 K
Lok 13	4840	Bolu (Seben)	2n = 52 NF = 70 K
Lok 14	4016	Bolu (Yeniçağ)	2n = 52 NF = 70 K
Lok 15	121	Mersin (Sebil Yaylası)	2n = 52 NF = 72 G
Lok 16	122	Mersin (Çamlıyayla)	2n = 52 NF = 72 G
Lok 16	123	Mersin (Çamlıyayla)	2n = 52 NF = 72 G
Lok 17	4913	Kırıkkale (Keskin)	2n = 54 NF = 74
Lok 18	4912	Kırıkkale (Merkez)	2n = 54 NF = 74
Lok 19	4572	Kırşehir (Seyfe Gölü)	2n = 54 NF = 74
Lok 20	126	Adana (Tufanbeyli)	2n = 54 NF = 74
Lok 21	6257	Isparta (Aksu-Yılanlı Köyü)	2n = 56 NF = 72
Lok 22	6141	Manisa (Kula)	2n = 56 NF = 72
Lok 23	6224	Uşak (15 km Batı Gediz Kavşağı)	2n = 56 NF = 72
Lok 24	35	Niğde (Çamardı)	2n = 58 NF = 72
Lok 25	56	Niğde (Bor)	2n = 58 NF = 72
Lok 26	179	Niğde (Ulukışla)	2n = 58 NF = 72
Lok 27	181	Adana (Pozanti-Alpu)	2n = 58 NF = 72
Lok 28	6143	Manisa (Selendi)	2n = 60 NF = 74
Lok 29	185	Aksaray (Şereflikoçhisar)	2n = 60 NF = 74
Lok 30	187	Kastamonu (Küre)	2n = 60 NF = 74
Lok 31	192	Adana (Feke)	2n = 60 NF = 74
Lok 32	196	Kahramanmaraş (Göksun)	2n = 60 NF = 74
Lok 33	6136	Bilecik (Söğüt)	2n = 60 NF = 76
Lok 34	6119	Kütahya (Simav-Küplüce Köyü)	2n = 60 NF = 76
Lok 35	5939	Eskişehir (Sivrihisar-Günyüzü)	2n = 60 NF = 76
Lok 36	4310	Konya (Beyşehir-Kireli)	2n = 60 NF = 76
Lok 37	203	Karabük (Eskipazar)	2n = 60 NF = 78
Lok 38	5052	Samsun (Kavak)	2n = 60 NF = 78
Lok 39	4789	Isparta (Madenli-Gelendost)	2n = 60 NF = 78
Lok 40	6221	Isparta (Gönen)	2n = 60 NF = 78
Lok 41	4646	Erzincan (Refahiye)	2n = 60 NF = 80
Lok 42	4644	Sivas (Yıldızeli)	2n = 60 NF = 80
Lok 43	5304	Yozgat (Saraykent)	2n = 60 NF = 80

**Çizelge 3.1. (Devam)**

Lokalite Numarası	Müze Numarası	Lokalite	Kromozom
Lok 44	4537	Konya (Cihanbeyli)	2n = 60 NF = 80
Lok 45	4513	Ankara (Beypazarı)	2n = 60 NF = 80
Lok 46	4271	Ankara (Polatlı)	2n = 60 NF = 80
Lok 47	6214	Afyon (20 km Doğu)	2n = 60 NF = 82
Lok 48	5563	Afyon (Eber Gölü)	2n = 60 NF = 82
Lok 49	6253	Burdur (Yeşilova- Harmanlı)	2n = 60 NF = 84
Lok 50	6198	Denizli (Acıpayam)	2n = 60 NF = 84
Lok 51	6223	Denizli (Çameli-Bıçaklı Köyü)	2n = 60 NF = 84
Lok 52	4342	Kırklareli (Pınarhisar-Evciler)	2n = 56 NF = 78
Lok 52	4343	Kırklareli (Pınarhisar-Evciler)	2n = 56 NF = 78
Lok 53	209	Kırklareli (Hayrabolu)	2n = 56 NF = 78
Lok 54	232	Kırklareli (Malkara)	2n = 56 NF = 76
Lok 55	213	Tekirdağ (Ereğli)	2n = 56 NF = 78
Lok 55	214	Tekirdağ (Ereğli)	2n = 56 NF = 78
Lok 56	63	Ağrı (Taşlıçay)	2n = 48 NF = 72
Lok 56	70	Ağrı (Taşlıçay)	2n = 48 NF = 72
Lok 57	75	Van (Gönderme-Çaldıran)	2n = 48 NF = 72
Lok 58	79	Van (Kocapınar)	2n = 48 NF = 72
Lok 58	80	Van (Kocapınar)	2n = 48 NF = 72
Lok 59	4880	Kars (Selim)	2n = 50 NF = 70
Lok 60	4888	Kars (Susuz)	2n = 50 NF = 70
Lok 61	3322	Ardahan (10 km Batı)	2n = 50 NF = 70
Lok 62	5288	Ardahan (Göle)	2n = 50 NF = 70
Lok 63	4661	Bayburt (Demirözü)	2n = 50 NF = 72
Lok 64	4670	Rize (Ovit Dağı)	2n = 50 NF = 72
Lok 65	3370	Erzurum (20 Km. Doğu)	2n = 50 NF = 72
Lok 66	59	Tunceli (Pertek Yolu-Elmakaşı)	2n = 54 NF = 74
Lok 67	73	Tunceli (Pülümür-Kırmızı Köprü)	2n = 44 NF = 72
Lok 68	76	Bingöl (Yolçatı)	2n = 54 NF = 74
Lok 69	86	Muş (Bozbulut Köyü)	2n = 54 NF = 74
Lok 70	69	Bitlis (Rahva)	2n = 54 NF = 74
Lok 71	65	Elazığ (Karabük)	2n = 54 NF = 74
Lok 72	41	Hatay (Şenköy-Çatbaşı mevki)	2n = 48 NF = 74
Lok 72	45	Hatay (Şenköy-Çatbaşı mevki)	2n = 48 NF = 74
Lok 72	46	Hatay (Şenköy-Çatbaşı mevki)	2n = 48 NF = 74
Lok 72	50	Hatay (Şenköy-Çatbaşı mevki)	2n = 48 NF = 74
Lok 72	51	Hatay (Şenköy-Çatbaşı mevki)	2n = 48 NF = 74
Lok 73	47	İskenderun (Arsuz-Karahüseyinli)	2n = 52 NF = 74
Lok 74	40	Osmaniye (Bahçe-Budacık Köyü)	2n = 52 NF = 74
Lok 75	217	Kilis (15 km Doğu)	2n = 52 NF = 74
Lok 76	61	Elazığ (Bağdere)	2n = 52 NF = 76
Lok 76	84	Elazığ (Bağdere)	2n = 52 NF = 76
Lok 77	85	Elazığ (Sivrice-Kavak)	2n = 52 NF = 76
Lok 78	223	Mersin (Tarsus)	2n = 56 NF = 72
Lok 79	228	Adana (Şeyhmurat)	2n = 56 NF = 72
Lok 80	55	Adana (Yüreğir)	2n = 56 NF = 72
Lok 81	52	Adana (Çukurova Üniversitesi)	2n = 56 NF = 72





Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan körfare örneklerinin toplandığı lokaliteler

Çizelge 3.2. Tez çalışmasında filogenetik analizlerde gen bankasından kullanılan örnekler

Tür Adı	Lokalite	2n	Acession No/ GI	Yazar
<i>Spalax zemni</i>	Ukrayna (Krivij Rig)	62	HQ-652194.1 / 332713788	Hadid vd., 2012
<i>Spalax microphthalmus</i>	Rusya (Novomoskovsz)	60	HQ-652172.1 / 332713766	Hadid vd., 2012
<i>Spalax arenarius</i>	Ukrayna (Kherson)	62	HQ-652179.1 / 332713787	Hadid vd., 2012
<i>Spalax graecus graecus</i>	Romanya (Iasi)	62	HQ-652192.1 / 332713786	Hadid vd., 2012
<i>Spalax graecus mezisegiensis</i>	Romanya	62	HQ-652191.1 / 332713785	Hadid vd., 2012
<i>Nannospalax carmeli</i>	İsrail (Muhraka)	58	NC-020756.1/ 475656022	Hadid vd., 2012
<i>Nannospalax carmeli</i>	İsrail (Muhraka)	58	HQ-652188.1 / 332713782	Hadid vd., 2012

### 3.2 Karyotip Preparasyon Tekniği

1. Örnekler eterle bayıltılarak karın peritonununun hem sağ, hem de sol bölgesine hayvanın her gram ağırlığı için 0,01 ml olacak şekilde kolşisin (1/1000'lik) enjekte edildi.

#### Kolşisin Hazırlanması:

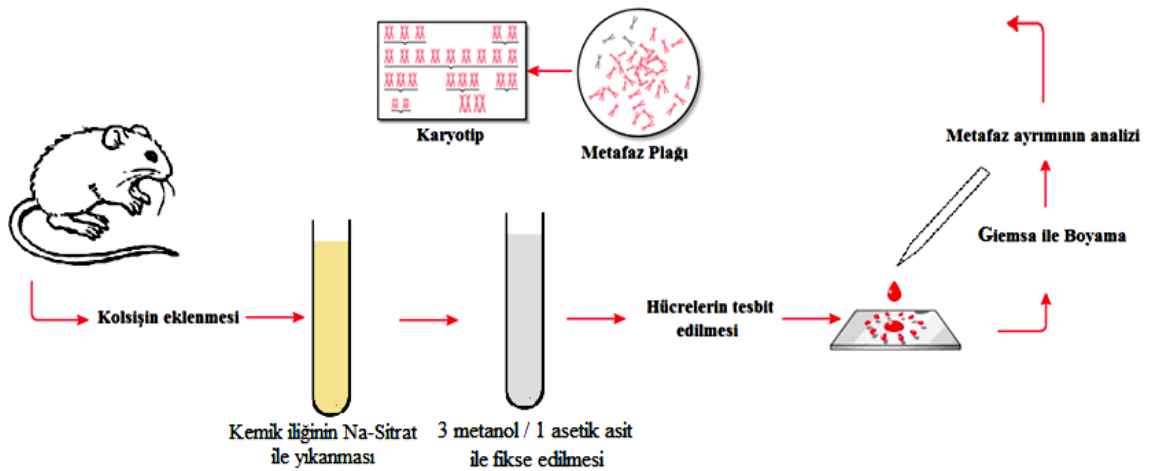
0,125 gr kolşisin + 250 ml saf su = 1/2000

0,125 gr kolşisin + 190 ml saf su = 1/1500

0,125 gr kolşisin + 125 ml saf su = 1/1000

2. Hayvan 3-4 saat bekletildi.

3. Hayvan bayıltılarak öldürüldü. Femur kemiği çıkarılarak kemik iliği % 1'lik sodyum sitrat ( $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 5H_2O$ 'dan 1,4 gr alınarak 100 ml saf suya tamamlanır) ile yıkanarak tüpe alındı.
4. Na-sitrat ile yıkanan kemik iliği solusyonu 30 °C'lik etüvde 15 dakika bekletildi.
5. Solusyon 500-700 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi ve süpernatant atıldı.
6. Çökmüş hücreler 15 dakika fikse edildi (fiksatif = metanol 3 / asetik asit 1 oranında taze olarak hazırlandı).
7. Fiksasyondan sonra 500-700 rpm'de 5 dakika santrifüj yapıldı ve süpernatant atıldı. Tekrar fiksatif ilave edilerek aynı şekilde santrifüj yapıldı, bu işlem 3-4 kez tekrarlandı ve ortamdaki *Na-sitrat* tamamen uzaklaştırılmış oldu. Son santrifüjden sonra süpernatantın atılmasıyla arta kalan 1 ml kadar hücresel tortudan preparasyon yapıldı.
8. Elde edilen bu hücreli kısımdan pastör pipetiyle alınarak hafif eğimli şekilde yerleştirilmiş lam üzerine 5-10 cm yükseklikten damlatılarak 5-10 adet yayma preparat yapıldı.
9. Preparat alev almamasına dikkat edilerek ispirto alevinde kurutuldu.
10. Stoktan seyreltilerek taze hazırlanmış 1/10'luk Giemsa boyası ile 12 dakika boyama yapıldı.
11. Kanada balsamı ile kapatılarak daimi preparat olarak hazırlandı (Şekil 3.3).

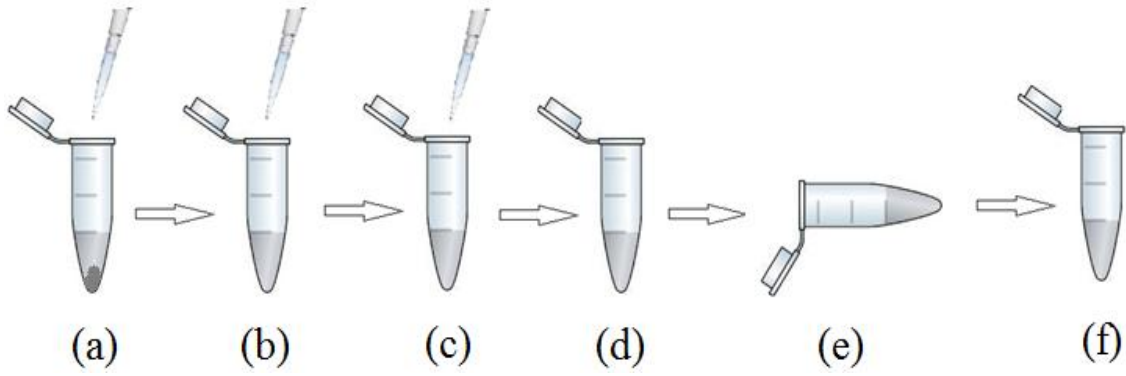


Şekil 3.3. Karyotip preparasyon tekniğinin şematik gösterimi

### 3.3 Çalışılan *Nannospalax* Örneklerinin Mitokondriyal DNA İzolasyonu

*Nannospalax* cinsine ait örneklerin kas, böbrek ve karaciğer dokularından DNA izole edildi. Bu işlemde Doyle ve Doyle (1991) metodu modifiye edilerek CTAB DNA izolasyon yöntemi kullanılarak yapıldı. Yöntem aşağıda belirtildiği gibi sırasıyla uygulanmıştır (Şekil 3.4.):

- Küçük parçalara ayrılan doku örnekleri ependorf tüpe konulduktan sonra üzerine 200 µl CTAB (Kloroform, Tris-HCl, EDTA, NaCl) tamponu eklenerek mümkün olduğu kadar homojen bir sıvı elde edinceye kadar homojenize çubuk ile ezildi.
- Homojenata sırasıyla 400 µl CTAB ve 50 µl BME (β-Merkapto etanol) katılarak eklenip ependorf tüp hafifçe karıştırıldı.
- Karışım 65 °C'lik su banyosunda 1 saat bırakıldı.
- 500 µl C: IAA (Kloroform izoamil alkol) (24: 1) ilave edildi ve karışım süte benzer bir kıvama gelinceye kadar hafifçe karıştırıldı.
- 13.000 rpm'de +4 °C'de 15 dakika santrifüj yapıldı.
- Santrifüj edilen dokuların içinde olduğu ependorf tüpler, aynı eğik açıda olacak şekilde buza yerleştirildi. DNA üstteki sıvı tabakada olacağından üst faz pipetle çekilerek ayrı bir ependorf tüpe konuldu.
- 500 µl -20°C'de soğutulmuş izopropanol, tüplere yavaşça eklenerek yavaşça ters düz edildi.
- -20°C'de bir gece bekletildikten sonra 13.000 rpm'de +4°C'de 15 dakika santrifüj edildi.
- Süpernatant döküldü ve pellet 2 kere % 70'lik ve 1 kere de % 100'lük etil alkol ile yıkandı.
- Pellet ependorf tüp içinde laminar flow kabinde 1 gece kurumaya bırakıldı.
- Kuruyan DNA'nın üzerine 25-100 µl TE (Tris-EDTA) tampon eklenerek DNA çözdürülür ve +4°C'de 1 gece bekletilir.
- DNA'nın saflık ve miktar tayini Nanodrop ND1000 spektrofotometer ve agaroz jel aracılığı ile kontrol edilir.
- Elde edilen DNA örnekleri -20°C'de saklandı.



**Şekil 3.4.** CTAB DNA izolasyon aşamaları (a) doku parçasının ctab solüsyonu ile ezilmesi, (b) ezilerek homojen bir görünüm elde edilen doku parçalarının üzerine beta merkapt etanol ve ctab solüsyon eklenmesi, (c) sıcak su banyosundan ardından C:IAA eklenmesinden sonra santrifüj edilen ve fazlara ayrılıp, üst fazın çekilip izopropanol eklenmiş hali, (d)  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de bir gece bekletildikten sonra santrifüj yapıp DNA'nın dibine çöktürülmesi, (e) alkolle yıkanan DNA'nın kurutulması ve (f) kuruyan DNA'nın üzerine TE tamponu eklenmesi

#### DNA izolasyonunda kullanılan çözeltiler:

##### CTAB Buffer:

CTAB	2 gr
1 M Tris-HCl pH 8,0	10 ml
0,5 M EDTA pH 8,0	4 ml
5 M NaCl	28 ml
dH <sub>2</sub> O	58 ml

##### TE Buffer pH 8,0:

1M Tris-HCl çözeltisi	1 ml
0,5 M EDTA	2 ml
dH <sub>2</sub> O	97 ml

Karışım hazırlandıktan sonra otoklavlanır.

#### 3.4 DNA Saflık ve Miktar Tayini

PCR yapılmadan önce çözeltide tam olarak ne kadar DNA'nın bulunduğunu belirlemek için DNA derişimleri ultraviyole (UV) absorbands spektrofotometresinde hassas olarak ölçüldü. Nükleotitlerin heterosiklik halkaları 260 nm dalga boyunda maksimum absorbands özelliği gösterdiği için 260 nm'de ölçülen absorbsiyon değerleri oldukça saf olarak izole edilen nükleik asitlerin mikrogram düzeyinde miktarların belirlenmesinde

kullanıldı. Saf bir DNA numunesinin 260-280 nm'daki absorbanlarının oranı 1.8 olmalıdır. 1.8'den düşük oranlar, hazırlanan DNA'nın fenol ya da proteinle bulaşık olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan izole DNA'ların saflık değerleri 1.89 - 3.00 arasında değerler göstermiştir.

### 3.5 Mitokondrial DNA 16S rRNA Bölgesi İçin Kullanılan Primerler

Gen materyali olarak PCR için mt-DNA'nın 16S rRNA bölgesi kullanılmıştır. Primer olarak mt-DNA'nın 16S rRNA bölgesi için L2510 (Palumbi et al.1991) ve H3080 (Palumbi et al.1991) evrensel primerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.3.).

**Çizelge 3.3.** Çalışmada kullanılan primerler

<b>Primerler</b>	<b>(5'-3')</b>
L2510 (16S rRNA)(Forward)	CGCCTGTTTATCAAACAT
H3080 (16S rRNA)(Revers)	CCGGTCTGAACTCAGATCACGT

### 3.6 Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)

Bu bölümde çalışılan örneklerin mt-DNA'sının 16S rRNA bölgesinin PCR ile amplifiye (çoğaltılması) edilmesi amaçlanmıştır. Bu işlemde kullanılan PCR karışımı Çizelge 3.4.'de verilmiştir. PCR amplifikasyonu için Ducroz (2001) tarafından uygulanan PCR döngü programında bazı değişiklikler yapılarak laboratuvar koşullarına uyarlanmış ve kullanılmıştır. Hazırlanan eppendorf tüpleri thermocycler PCR cihazına yerleştirilip 95 °C'de 1 dakika ön denaturasyon, 94 °C'de 1 dakika denaturasyon, 36 °C'de 2 dakika bağlanma, 72 °C'de toplam 45 siklusta 2 dakika uzama ve 72 °C'de toplam 15 dakika son uzama aşamalarını içeren PCR döngü programına tabi tutulmuştur.

**Çizelge 3.4.** Polimeraz zincir reaksiyonu PCR karışımı

<b>Kimyasal Maddeler</b>	<b>Hacim</b>
10XPCR buffer (Fermentas)	2,5 µl
4X10 µmol deoksinükleotidtrifosfat set (dNTP-Fermentas)	4 µl
25 mM MgCl <sub>2</sub> (Fermentas)	2 µl
Forward Primer (20-25 pmol)	1 ml
Reverse Primer (20-25 pmol)	1 ml
5unit/µl <i>Taq</i> DNA polimeraz (Sigma)	0,3 µl
PCR-H <sub>2</sub> O (Sigma)	13,2 µl
DNA (Genomik+mtDNA)	1 µl
<b>Toplam</b>	<b>25 µl</b>

### 3.7 PCR Ürününün Agaroz Jel Elektrofrezinde Kontrolü

PCR ürününün kontrolü için % 1'lik agaroz jel hazırlanmıştır. Çizelge 3.5.'de hacimleri belirtilmiş olan agaroz 1XTAE tamponu mikrodalga fırında 30 sn kadar kaynatılıp hafifçe soğuduktan sonra EtBr konulmuş ve elle hafifçe sallanarak karıştırılmıştır. Daha sonra elektroforez küveti içine dökülmüştür. Yaklaşık 10-15 dk'da donan agaroz jelinde örnek yüklenecek kuyucuklar oluşturulmuştur. İlk kuyuya DNA işaretleyiciden 5,5 µl, sonraki kuyulara da 2 µl 6X DNA Loading Dye ile boyanmış her bir örneğe ait 10 µl PCR ürünü yüklenmiştir. Daha sonra 113 Volt'da 20 dk yürütülmüştür. UV ışığı altında (KODAK Jel Görüntüleme Sistemi) görüntülenmiş ve fotoğrafı çekilmiştir.

**Çizelge 3.5.** PCR Ürününün Agaroz Jel Elektrofrezinde Kontrolü İçin Kullanılan Kimyasal Maddeler

Kimyasal Maddeler	Hacim
Agaroz	0.3 gr
1XTAE Tamponu	30 µl
EtBr (10 mg/ml)	5.5 µl
6X DNA Loading Dye	2 ml
DNA İşaretleyici	5.5 µl
PCR Ürünü	10 µl

#### 3.7.1 50X TAE ve 1X TAE Çözeltisinin Hazırlanışı

242 g Tris, 57,1 ml asetik asit, 100 ml 0,5 M EDTA (pH: 8,0) 1 litre distile suyla tamamlanmıştır. 1X TAE hazırlamak için ise, stok olarak hazırlanmış olan 50X TAE çözeltisinden 100 ml alınarak 5 litre distile suyla tamamlanarak hazırlanmıştır.

#### 3.7.2 Ethidium Bromide Çözeltisinin Hazırlanışı

10µl Ethidium Bromide 100ml distile su içerisinde çözdürülerek hazırlanmıştır. Ethidium Bromide, Agaroz jelde yürütülen DNA ve PCR ürünlerinin görüntülenmesinde iki şekilde kullanılabilir. İlki jel hazırlanması esnasında jelin içerisine eklenebilirken, ikinci olarak jelde yürütüldükten sonra, jelin Ethidium Bromide solüsyonu içerisinde 30 dakika kadar bekletilmesinden sonra DNA ve PCR ürünleri UV ışığı altında görüntüleme cihazlarında görüntülenebilir.

### 3.8 Sekans Analizi

PCR ürünlerinin sekansları hem ileri hemde geri olmak üzere iki yönde okunmuştur. Birinci primer olarak (Forward) L2510 (CGCCTGTTTATCAAAACAT) ve ikinci primer (Revers) olarak da H3080 (CCGGTCTGAACTCAGATCACGT) kullanılmıştır. Sekans reaksiyonu için BigDye Terminator cycle sequencing kit (Applied Biosystems) kullanılmış ve sekans ürünleri ABI Prism 3100 kapılar otomatik sekans aletinde (Applied Biosystems) yürütölmek üzere Hollanda'daki MacroGen firmasına gönderilmiştir.

### 3.9 Filogenetik Analizler

Dizi analizi sonucu 16S rRNA bölgesinden elde edilen kromatogram dosyaları CHROMAS Lite 2.01 ile fasta formatına çevrilmiş, her iki dizi (ileri ve geri) bir araya getirilerek hizalama ve budama işlemleri BIOEDIT 7.1.3 programı ile gerçekleştirilmiştir. MtDNA analizlerinde tüm örnekler için çalışılan gen bölgesine ait ileri ve geri nükleotit dizileri BIOEDIT 7.1.3 programında tek tek incelenmiştir. Her bir örnekte belirlenen nükleotit farklılıkları ARLEQUIN version 3.5 programı ile analiz edilerek özgün haplotipler belirlenmiştir. Filogenetik ağaçlarda bu haplotipler kullanılmıştır. Populasyonlar arasındaki genetik ilişkiyi belirlemek için Neighbour-Joining (NJ) ve Maksimum Likelihood (ML) metotları kullanılarak dendrogramlar MEGA 5 ve GTRGAMMA programları kullanılmıştır. NJ analizleri Kimura-2-parametresi (K2P) model alınarak gerçekleştirilmiştir. ML analizler için en uygun mutasyon modeli olarak GTR (General time reversible) kullanılmıştır. Ağaçların güvenilirliğini ortaya koymak için her dendrogramda 1000 tekrarlı bootstrap analizi kullanılmıştır (Felsenstein, 1985). Dendrogramların haricinde çalışılan mtDNA bölgesine ait haplotipler arasındaki ilişkileri ortaya koymak için NETWORK version 4.5.1 (<http://www.fluxus-engineering.com>) programı kullanılarak Network dendrogram analizleri yapılmıştır. Haplotip (h) ve nükleotit ( $\pi$ ) çeşitliliği ARLEQUIN v 3.5 programı kullanılarak hesaplanmıştır (Bendelt vd., 1999; Hall, 1999; Excoffier ve Lischer, 2010; Kimura, 1980; Tamura vd., 2011).

## BÖLÜM IV BULGULAR

### 4.1 Karyolojik Bulgular

Kankılıç vd., (2007a, 2007b, 2009 ve 2010) tarafından  $2n = 36, 38, 40, 52, 56, 60$  formlarına ait karyotip analizleri daha önceden yapıldığı için bu tez çalışması içerisinde bu formlara ait karyotip analizleri tekrardan yapılmamıştır. Bu tez çalışması süresinde yapılan arazi çalışmalarında yakalanan *N. xanthodon*, *N.ehrenbergi* ve *N.leucodon* türlerinin farklı kromozomal formlarına ait örneklerin karyotip analizleri Ford ve Hamerton (1956) çalışmasına göre yapılmıştır.

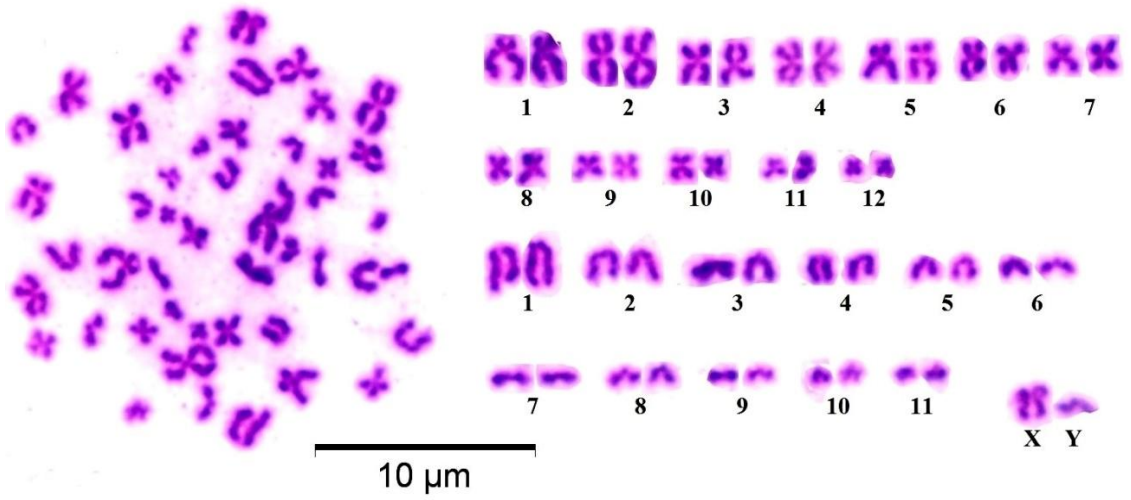
#### 4.1.1 $2n = 48$ NF = 74 kromozomal soy (*Nannospalax ehrenbergi*)

Hatay (Lok 72: Şenköy-Çatbaşı) popülasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 48$  NF = 74 NFa = 70 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu metasentrik, Y kromozomu ise küçük akrosentrik olarak belirlenirken, otozomal kromozomların 12 çifti metasentrik / submetasentrik, 11 çifti ise akrosentrik olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1.).

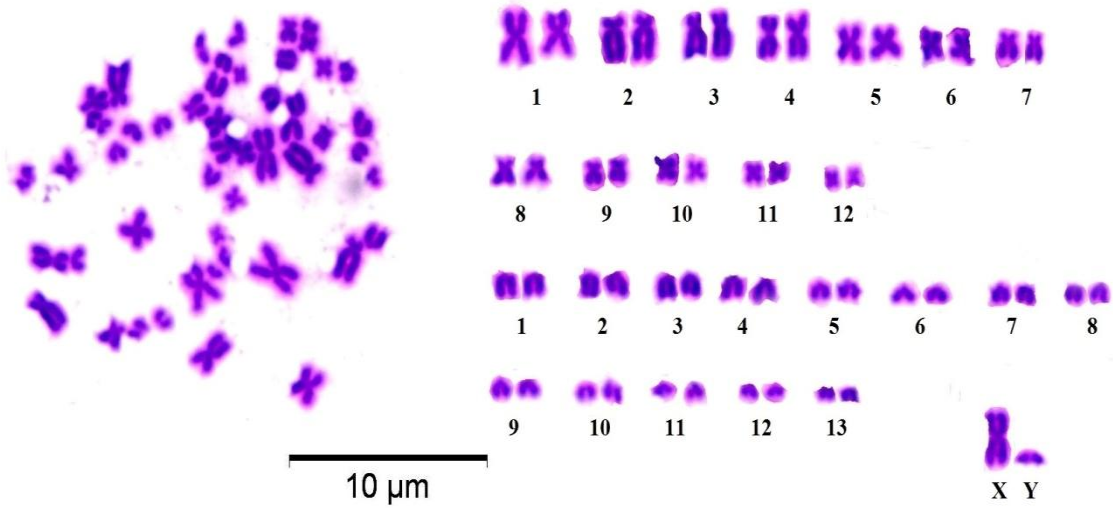
#### 4.1.2 $2n = 52$ NF = 74 kromozomal soy (*Nannospalax ehrenbergi*)

Osmaniye (Lok 74: Bahçe-Budacık) , Hatay (Lok 73: İskenderun-Arsuz) ve Kilis (Lok 75: 15 km Doğu) popülasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 52$  NF = 74 NFa = 70 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik, Y kromozomu ise küçük akrosentrik olarak belirlendi. Otozomal kromozomların 12 çifti metasentrik / submetasentrik ve 13 çifti ise akrosentrik olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2.).





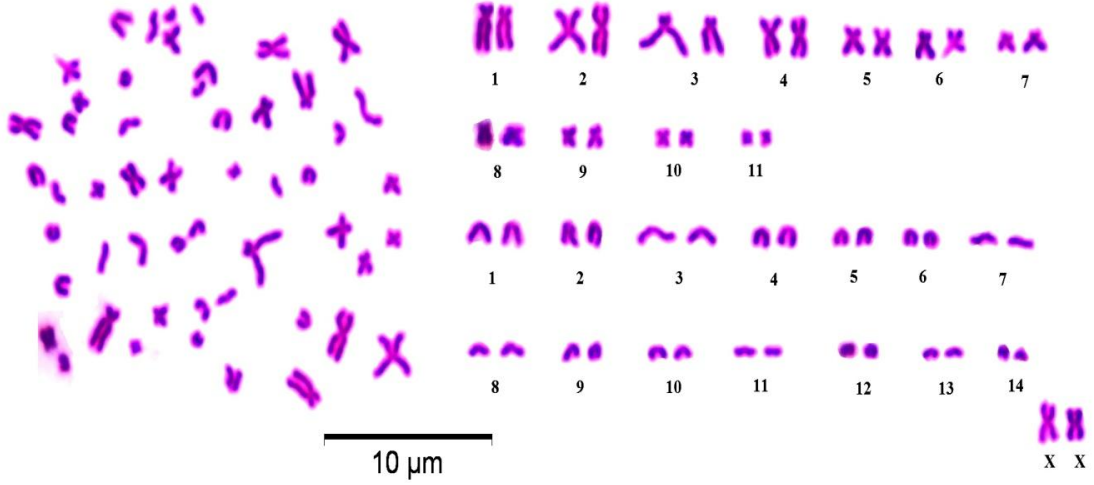
Şekil 4.1. Hatay (lok 72: Şenköy-Çatbaşı) popülasyonundan bir erkek (46 ♂) örneğın karyotipi



Şekil 4.2. Osmaniye (Lok 74: Budacık Köyü) popülasyonundan bir erkek (44 ♂) örneğın karyotipi

#### 4.1.3 $2n = 52$ NF = 76 kromozomal soy (*Nannospalax ehrenbergi*)

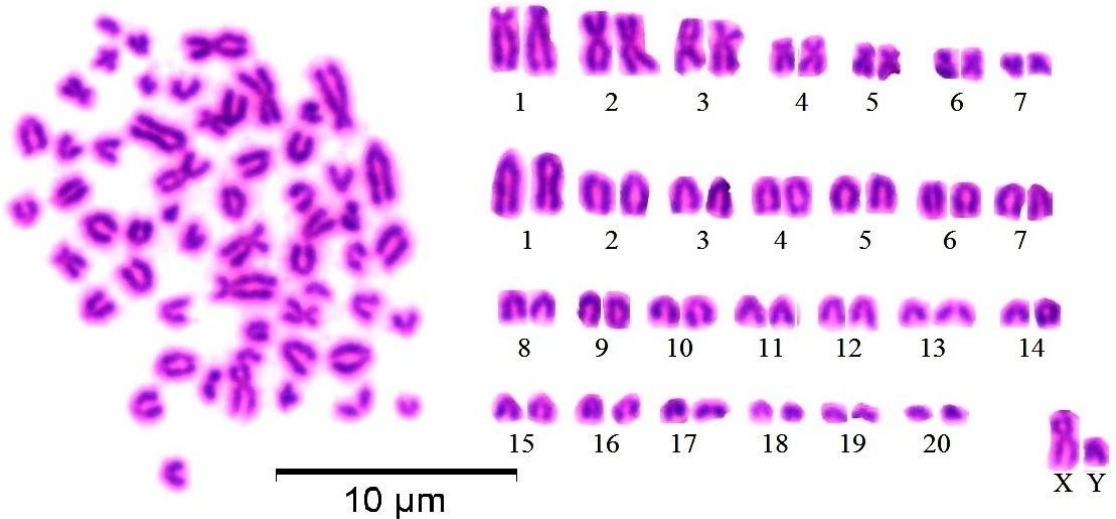
Elazığ (Lok 76: Bağdere) ve Elazığ (Lok 77: Sivrice) popülasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 52$  NF = 76 NFa = 72 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentriktir. Otozomal kromozomlardan 11 çifti metasentrik / submetasentrik, 14 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Elazığ (Lok 77: Sivrice) popülasyonundan bir dişi (85 ♀) örneğın karyotipi

#### 4.1.4 $2n = 56$ NF = 72 kromozomal soy (*Nannospalax ehrenbergi*)

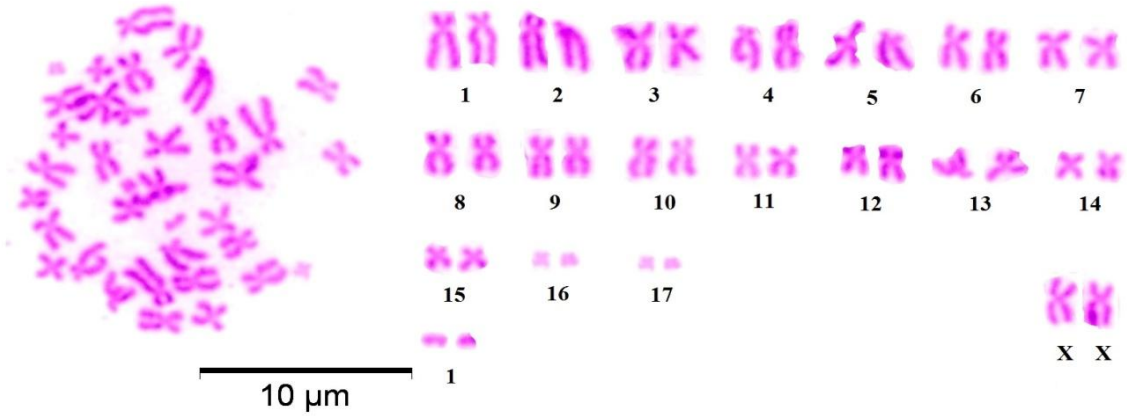
Adana (Lok 79: Şeyhmurat, Lok 80: Yüreğir, Lok 81: Çukurova Üniversitesi) ve Mersin (Lok 78: Tarsus) popülasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 56$  NF = 72 NFA = 68 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik, Y kromozomu ise küçük akrosentrik olarak belirlenmiştir. Otozomal kromozomlardan 7 çifti metasentrik / telosentrik ve 20 çift ise akrosentrik olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Adana (Lok 80:Yüreğir) popülasyonundan bir erkek (54 ♂) örneğın karyotipi

#### 4.1.5 $2n = 38$ NF = 74 kromozomal soy (*Nannospalax xanthodon*)

Manisa (Lok 6: Kırkağaç), Gökçeada (Lazkoyu), Bursa (Karacabey) ve Çanakkale (Ezine-Türkmenli) populasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 38$  NF = 74 NFa = 70 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik olarak belirlenirken, otozomal kromozomlardan 17 çifti metasentrik/submetasentrik, 1 çifti ise akrosentrik olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5.).



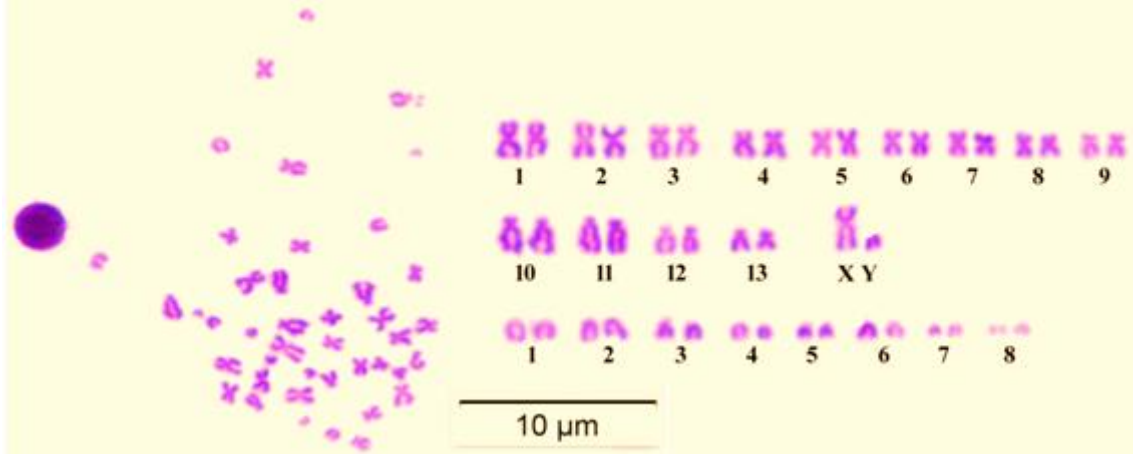
Şekil 4.5. Gökçeada (Lazkoyu) populasyonundan bir dişi (243 ♀) örneğinin karyotipi

#### 4.1.6 $2n = 44$ NF = 72 kromozomal soy (*Nannospalax xanthodon*)

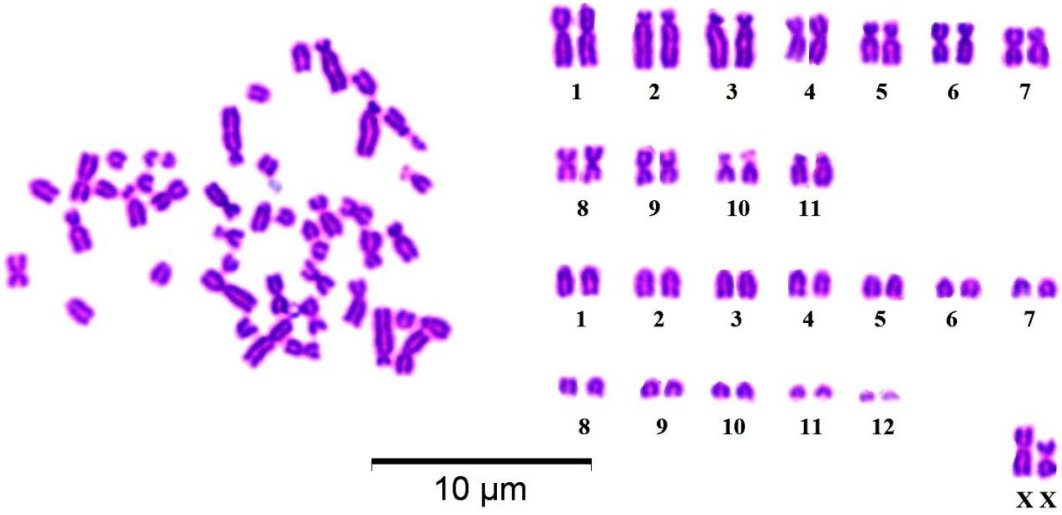
Tunceli (Lok 67: Pülümür-Kırmızı Köprü) populasyonundan elde edilen tek körfare örneği karyolojik olarak analiz edilerek  $2n=44$  NF=72 NFa=68 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik olarak, Y kromozomu akrosentrik olarak belirlendi. Otozomal kromozomlardan 13 çifti metasentrik / submetasentrik, 8 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.6.).

#### 4.1.7. $2n = 48$ NF = 72 kromozomal soy (*Nannospalax xanthodon*)

Ağrı (Lok 56: Taşlıçay) ve Van (Lok 57: Çaldıran-Gönderme, Lok 58: Kocapınar) populasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n=48$  NF=72 NFa=68 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik olarak belirlenmiştir. Otozomal kromozomlardan 11 çifti metasentrik/submetasentrik, 12 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.7.).



Şekil 4.6. Tunceli (Lok 67: Pülümür-Kırmızı Köprü) popülasyonundan bir erkek (77 ♂) örneğın karyotipi



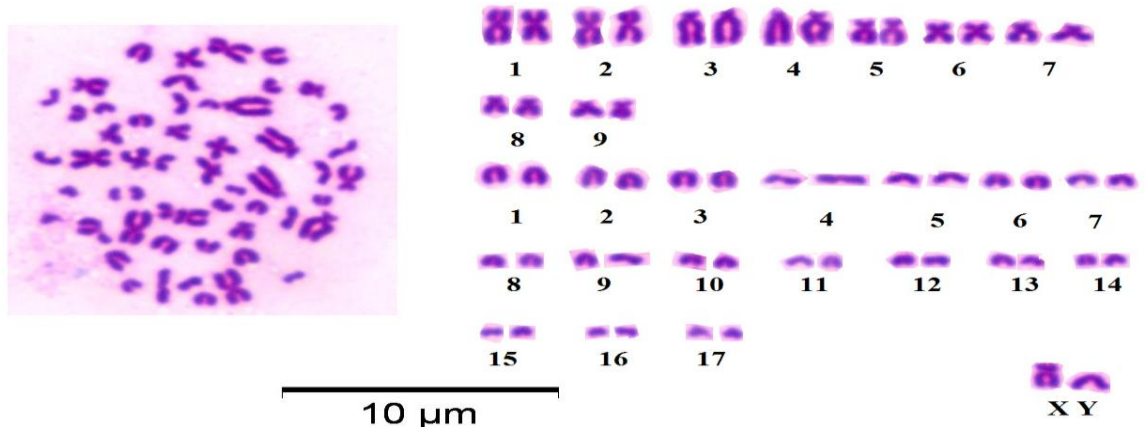
Şekil 4.7. Van (Lok 57: Çaldıran-Gönderme) popülasyonundan bir dişi (78 ♀) örneğın karyotipi

#### 4.1.8 $2n = 54$ NF = 74 İç Anadolu kromozomal soy (*Nannospalax xanthadon*)

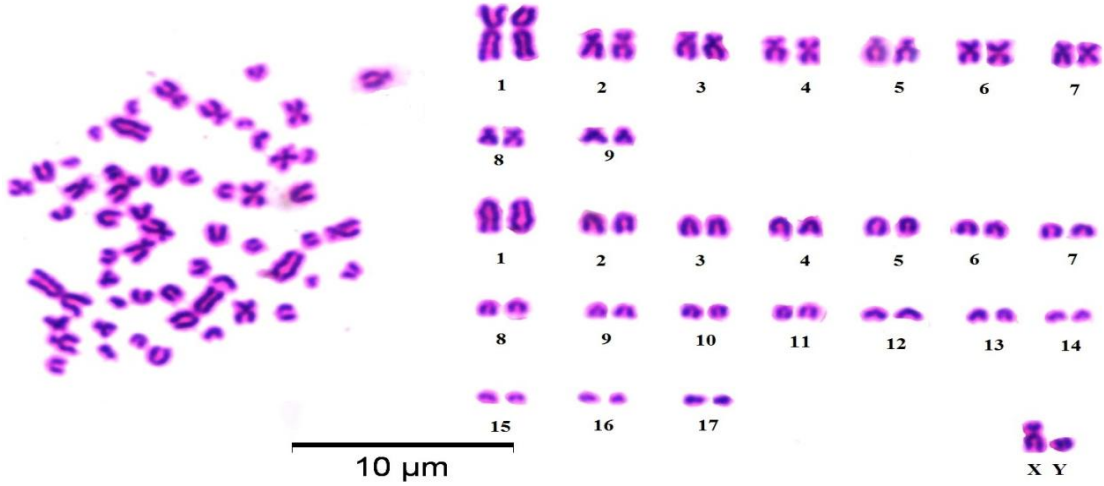
Adana (Lok 20: Tufanbeyli-Gezbeli Geçidi) ve Kırıkkale (Sulakyurt) popülasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 54$  NF = 74 NFa = 70 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik, Y kromozom ise akrosentrik olarak belirlenmiştir. Otozomal kromozomlardan 9 çifti metasentrik/submetasentrik, 17 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.8.).

#### 4.1.9 $2n = 54$ NF = 74 doğu kromozomal soy (*Nannospalax xanthodon*)

Tunceli (Lok 66: Pertek yolu-Elmakaşı), Bingöl (Lok 68: Yolçatı), Muş (Lok 69: Bozbulut Köyü), Bitlis (Lok 70: Rahva) ve Elazığ (Lok 71: Karabük) populasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 54$  NF = 74 NFa = 70 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik olarak belirlenmiştir. Otozomal kromozomlardan 9 çifti metasentrik/submetasentrik, 17 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.9.).



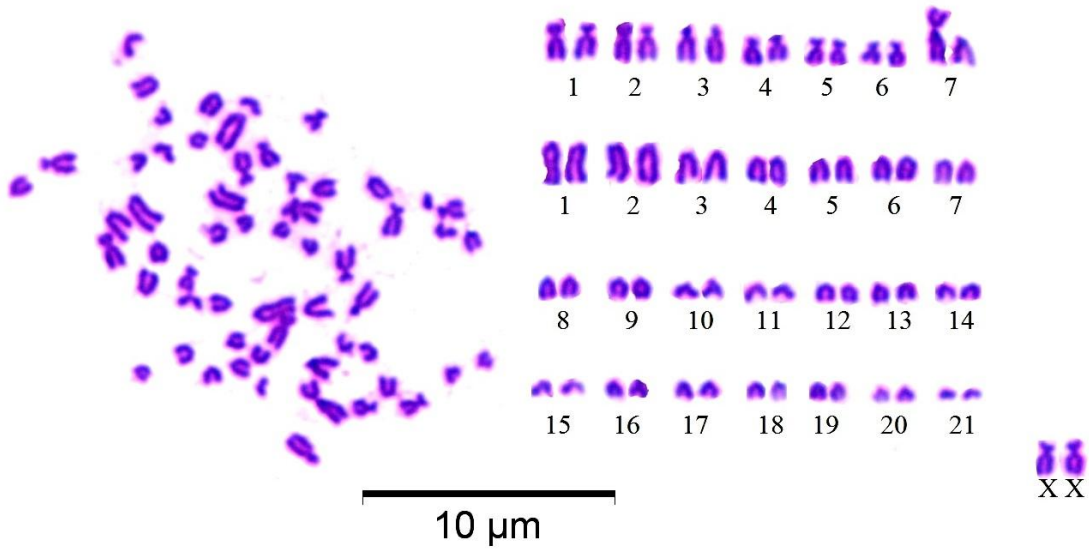
Şekil 4.8. Kırıkkale (Sulakyurt) populasyonundan bir dişi (244 ♂) örneğin karyotipi



Şekil 4.9. Bitlis (Lok 70: Rahva) populasyonundan bir dişi (77 ♀) örneğin karyotipi

#### 4.1.10 $2n = 58$ NF = 73 kromozomal soy (*Nannospalax xanthodon*)

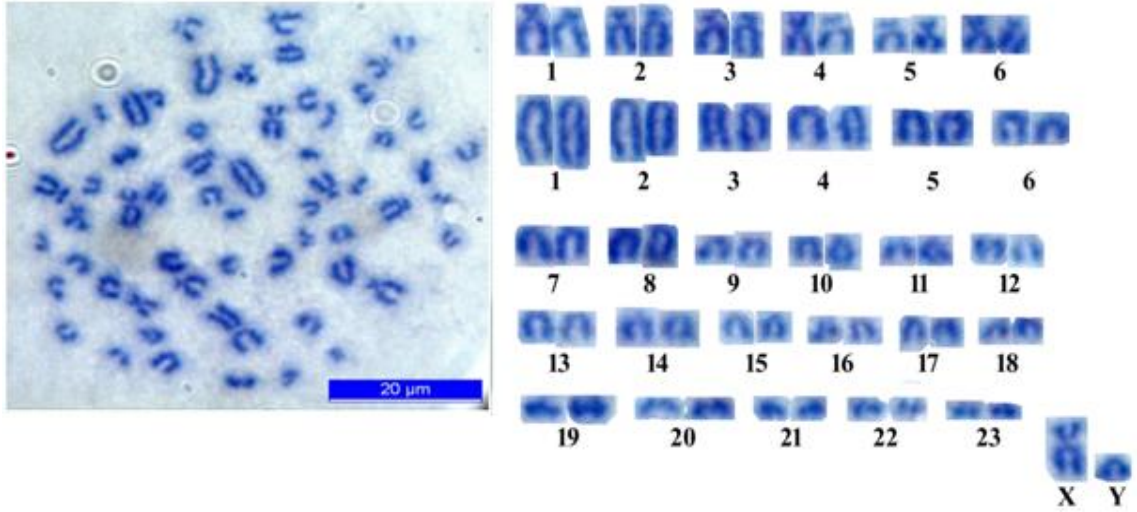
Niğde (Lok 24: Çamardı, Lok 25: Bor, Lok 26: Ulukışla) ve Adana (Lok 27: Pozantı-Alpu) populasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n=58$  NF=73 NFa=69 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu metasentrik olarak belirlendi. Otozomal kromozomlardan 6 çifti metasentrik / telosentrik ve 20 çift ise akrosentrik olarak belirlenmiştir. Otozomal kromozom çiftlerinden 7. çift heteromorfik yapı göstermektedir. 7. otozomal çift bir submetasentrik ve bir akrosentrik kromozoma sahiptir (Şekil 4.10.).



Şekil 4.10. Niğde (Lok 25: Bor) populasyonundan bir dişi (56 ♀) örneğinin karyotipi

#### 4.1.11 $2n = 60$ NF = 74 kromozomal soy (*Nannospalax xanthodon*)

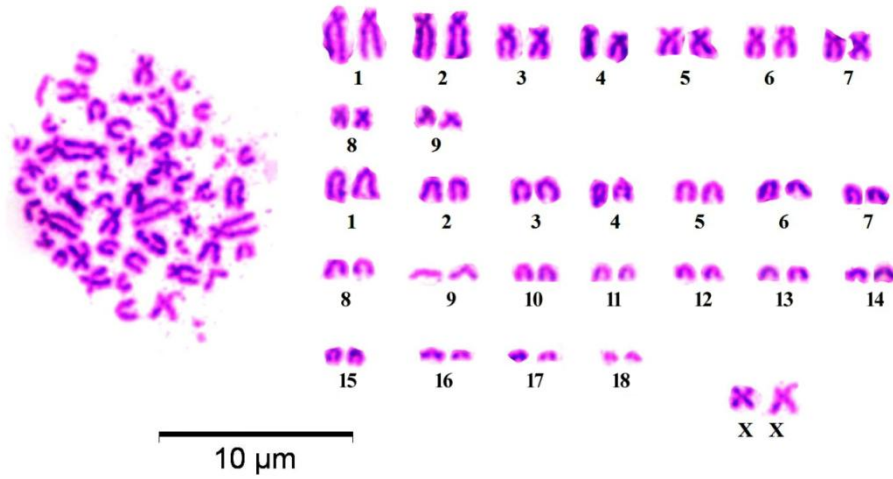
Adana (Lok 31: Feke), Maraş (Lok 32: Göksun), Kastamonu (Lok 30: Küre) ve Aksaray (Lok 29: Şereflikoçhisar) populasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 60$  NF = 74 NFa = 70 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik. Y kromozomu küçük akrosentrik olarak belirlenmiştir. Otozomal kromozomlardan 6 çifti metasentrik/submetasentrik, 23 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. Adana (Lok 31: Feke) popülasyonundan bir erkek (192 ♂) örneğın karyotipi

#### 4.1.12 $2n = 56$ NF = 76 kromozomal soy (*Nannospalax leucodon*)

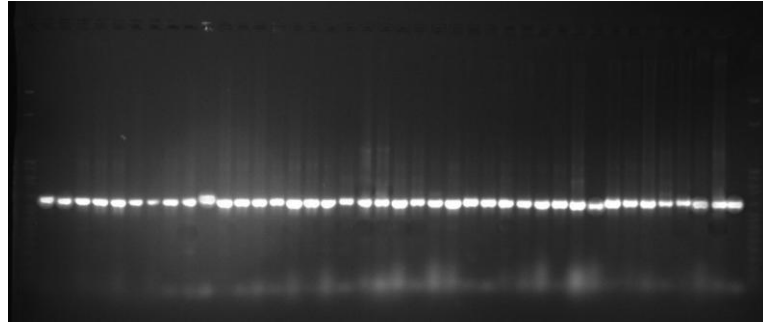
Kırklareli (Lok 54: Malkara, Lok 53: Hayrabolu) popülasyonlarından elde edilen körfare örnekleri karyolojik olarak analiz edilerek  $2n = 56$  NF = 76 NFa = 72 karyotip değeri belirlendi. X kromozomu submetasentrik. Otozomal kromozomlardan 9 çifti metasentrik/submetasentrik, 18 çifti ise akrosentrik olarak belirlendi (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Kırklareli (Lok 54: Malkara) popülasyonundan bir dişi (240 ♀) örneğın karyotipi

#### 4.2 Mitokondriyal DNA 16S rRNA Bölgesinin PCR Yöntemiyle Çoğaltılması

Mitokondriyal DNA 16S rRNA bölgesinin PCR yöntemiyle çoğaltılması işleminde bu bölgeye özgü tasarlanmış primer setleri kullanılmıştır. PCR sonucunda elde edilen DNA'lar analiz için % 2'lik agaroz jele aktarılarak yürütülmüştür. Elektroforez sonucunda Et-Br ile boyanan DNA örneklerinin jel görüntüleme sistemiyle elde edilen görüntüsü ve çalışılan mtDNA bölgelerinin büyüklükleri Şekil 4.13.'de görülmektedir. Böylece primerler ile çoğaltılan DNA'nın uzunluğu (bp) elektroforez ile belirlenmiştir. Elektroforez sonucunda çalışılan mtDNA'nın 16S rRNA bölgesinin yaklaşık 560 bp uzunluğunda olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13. 16S rRNA bölgesinin PCR ile çoğaltılma sonuçları

#### 4.3 16S rRNA Bölgesi Filogenetik Analiz Sonuçları

Bu tez çalışmasında toplam 93 körfare örneğinden elde edilen mtDNA 16S rRNA gen bölgesinin 560 bp uzunluğundaki bölgesinin dizi analizi sonuçları filogenetik analizlere tabi tutulmuştur. Çalışılan örneklerden 72 tanesi *N. xanthodon*, 15 tanesi *N. ehrenbergi* ve 6 tanesi *N. leucodon* türüne aittir. Bu örneklerin dışında GenBank'tan temin edilen 2 İsrail körfare örneği ve diğer cinse (*Spalax*) ait 4 körfare örneği filogenetik analizlerde dış grup olarak kullanılmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan 93 örneğin 16S rRNA gen bölgesinin 560 bp uzunluğundaki bölgenin DNA dizisinin nükleotit kompozisyonu Adenin ve Timin bakımından zengin olup % 30.90 Adenin, % 24.78 Timin / Urasil, % 20.92 sitozin ve 23.40 Guanin şeklinde sıralanmaktadır. DNA nokta mutasyonları transisyon ve transversiyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Transisyon nükleotit değişimleri pürinlerin pürinlere veya pirimidinlerin pirimidinlere değişimidir. Yani T ↔ C veya A ↔ G değişimleri transisyon değişimleridir. Transversiyon nükleotit



değişimleri pürinlerin primidine veya primidinin pürine değişimini ifade eder. Transversiyon değişimleri ise,  $T \leftrightarrow A$ ,  $T \leftrightarrow G$  veya  $C \leftrightarrow A$ ,  $C \leftrightarrow G$  bazları arasındaki değişimlerdir. DNA'daki mutasyonların büyük çoğunluğunun transisyon tipi nükleotit değişimlerinden kaynaklandığı bilinmektedir. İki tip nükleotit değişim mekanizmasında özellikle nükleotit bazlarının biyokimyasal yapısı ve komplementer baz çiftlerinin kimyasal özellikleriyle ilişkilidir. Çalışılan DNA dizisinin transisyon / transversiyon oranının belirlenmesi nükleotitlerin yer değişim mekanizmalarının anlaşılmasında, çalışılan dizilerin filogenetik yapılarının kurulmasında, diziler arasında genetik mesafe analizlerinin hesaplanmasında ve doğal seleksiyonun gücü ve tipinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir indekstir. Genetik farklılığın düşük seviyelerinde transisyon / transversiyon oranı oldukça yüksek değerler gösterirken genetik farklılığın yüksek seviyelerinde transisyon / transversiyon oranı düşük değerler göstermektedir. Bizim çalışmamızda tüm örneklerde 528 pozisyonda nükleotit değişimi meydana gelmiştir. Transisyon / transversiyon oranı pürinler (Adenin ve Guanin) için  $k_1 = 2.048$ , pirimidinler (Timin, Urasil, Sitozin) için  $k_2 = 7.071$  olarak belirlenmiştir. Toplam transisyon / transversiyon oranı ise  $R = [A*G* k_1 + T*C* k_2] / [(A+G) * (T*C)]$  formülü ile hesaplanarak  $R = 2.172$  değerini göstermiştir. Tüm nükleotitlerin yer değişimi oranları Çizelge 4.1.'de görülmektedir.

**Çizelge 4.1.** Nükleotitler arasındaki transisyon ve transversiyon değişim oranları (Koyu yazılan sayılar transisyon değişimlerini, italik yazılanlar transversiyon değişim oranlarını göstermektedir)

	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>G</b>
<b>A</b>	-	3.83	3.62	<b>6.63</b>
<b>T</b>	4.78	-	<b>25.58</b>	3.23
<b>C</b>	4.78	<b>27.09</b>	-	3.23
<b>G</b>	<b>9.79</b>	3.83	3.62	-

Tez çalışmasında analiz edilen 93 körfarenin 16S rRNA gen bölgesinin DNA dizisi 90 örnekte farklı nükleotit pozisyonlarına sahiptir ve 93 örnek 90 haplotip içermektedir.  $2n = 36$  kromozomal soy içinde 6251 Aydın (Koçarlı) ve 6218 Aydın (Ortaklar)'dan alınan iki körfare örneği ortak bir haplotipte,  $2n = 40$  kromozomal soy içinde yer alan 6203 Konya (Yeşildağ) ve 6262 Isparta (Yenişarbademli)'dan alınan iki körfare örneği ortak bir haplotipte ve  $2n = 58$  kromozomal soya ait 35 Niğde (Çamardı) ve  $2n = 60$  kromozomal soya ait 4271 Ankara (Polatlı) körfare örneği ise ortak bir haplotipte

birleşmiştir. Kromozomal soy ve tür bazında haplotip sayıları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

16S rRNA gen bölgesi dizilerinden elde edilen 90 haplotip arasındaki filogenetik ilişkileri ortaya koyabilmek için Neighbour Joining (NJ) ve Maksimum Likelihood (ML) filogenetik analizler yapılmıştır. Her iki filogenetik analizde de çalışılan kromozomal soylara ait haplotipler kendi kromozomal soyları içinde gruplanmıştır. Fakat İç Anadolu'da yaygın yayılım gösteren  $2n = 52G$ ,  $2n = 56$ ,  $2n = 58$  ve  $2n = 60$  kromozomal soylara ait haplotipler bu dört kromozomal soy içinde karışık olarak gruplanmıştır. İç Anadolu'ya özgü bu kromozomal soylar ise hem batısındaki ( $2n = 36$ ,  $38$ ), hem doğusundaki ( $2n = 44$ ,  $48$ ,  $50$  ve  $54$ ) hem de kuzeyindeki  $2n = 52K$  ve güneydeki  $2n = 40$  kromozomal soylardan ayrı olarak kümelenmiştir. Genel ağaç topolojilerine bakıldığında kromozomal soylara ait haplotipler coğrafi konumlarına uygun bir şekilde kümelenmiş olsalar da, özellikle  $2n = 54$  (İç Anadolu) populasyonları, Doğu Anadolu populasyonlarına oldukça yakın; Doğu Anadolu'da bulunan  $2n = 54$  (*N. tuncelicus*) populasyonları ise batı kromozomal soylarına daha yakın kümelenmiştir. Kromozom sayıları aynı olmasına karşın farklı coğrafi alanlarda bulunan  $2n = 54$  (İç Anadolu) ve  $2n = 54$  (Doğu Anadolu) kromozom soyları birbirlerinden farklı bulunmuştur (Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.).

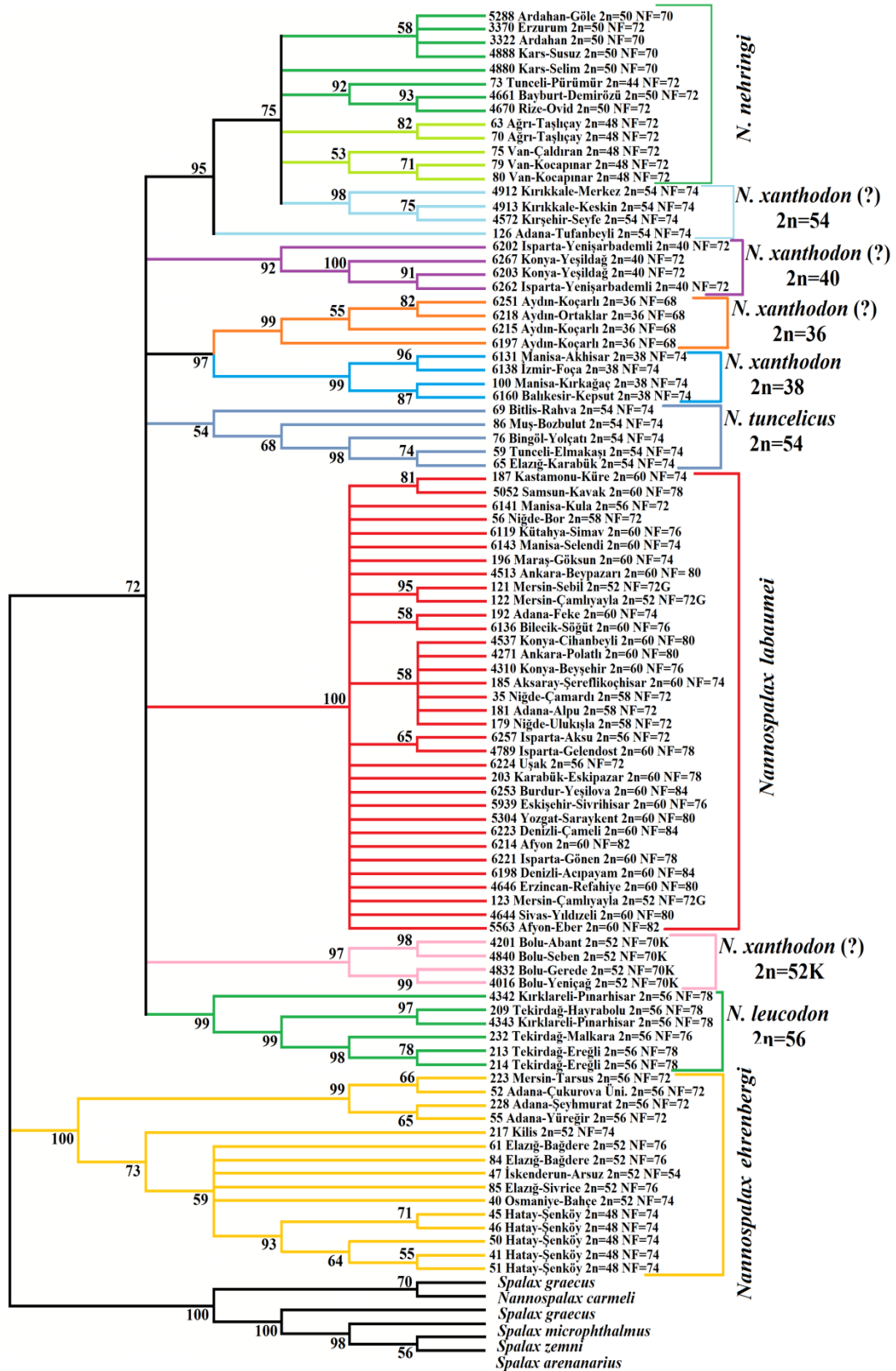
**Çizelge 4.2.** 16S rRNA bölgesine göre elde edilen haplotipler ve bu haplotiplerin tür ve kromozomal soylardaki dağılımı

Kromozomal soy	Haplotip Sayısı	Tür	Haplotipler
2n = 36 NF = 68	3	<i>N. xanthodon</i>	Hap6197, Hap6251, Hap6215
2n = 38 NF = 74	4	<i>N. xanthodon</i>	Hap6131, Hap100, Hap6160, Hap6138
2n = 40 NF = 72	3	<i>N. xanthodon</i>	Hap6203, Hap6267, Hap6202
2n = 52 NF = 70	4	<i>N. xanthodon</i>	Hap4832, Hap4840, Hap4016, Hap4201
<b>TOPLAM</b>	<b>14</b>		
2n = 52 NF = 72	3	<i>N. labaumei</i>	Hap121, Hap122, Hap123
2n = 54 NF = 74	4	<i>N. labaumei</i>	Hap4913, Hap4912, Hap4572, Hap126
2n = 56 NF = 72	3	<i>N. labaumei</i>	Hap6257, Hap6141, Hap6224
2n = 58 NF = 72	4	<i>N. labaumei</i>	Hap35, Hap56, Hap179, Hap181
2n = 60 NF = 74	5	<i>N. labaumei</i>	Hap6143, Hap185, Hap187, Hap192, Hap196
2n = 60 NF = 76	4	<i>N. labaumei</i>	Hap6136, Hap6119, Hap5939, Hap4310
2n = 60 NF = 78	4	<i>N. labaumei</i>	Hap203, Hap5052, Hap4789, Hap6221
2n = 60 NF = 80	5	<i>N. labaumei</i>	Hap4646, Hap4644, Hap5304, Hap4537, Hap4513,
2n = 60 NF = 82	2	<i>N. labaumei</i>	Hap6214, Hap5563
2n = 60 NF = 84	3	<i>N. labaumei</i>	Hap6253, Hap6198, Hap6223
<b>TOPLAM</b>	<b>37</b>		
2n = 56 NF = 78	5	<i>N. leucodon</i>	Hap4342, Hap4343, Hap209, Hap213, Hap214
2n = 56 NF = 76	1	<i>N. leucodon</i>	Hap232
<b>TOPLAM</b>	<b>6</b>		
2n = 44 NF = 72	1	<i>N. nehringi</i>	Hap73
2n = 48 NF = 72	5	<i>N. nehringi</i>	Hap63, Hap70, Hap75, Hap79, Hap80
2n = 50 NF = 70	4	<i>N. nehringi</i>	Hap4888, Hap4880, Hap5288, Hap3322
2n = 50 NF = 72	3	<i>N. nehringi</i>	Hap4661, Hap4670, Hap3370
<b>TOPLAM</b>	<b>13</b>		
2n = 54 NF = 74	4	<i>N. tuncelicus</i>	Hap76, Hap86, Hap59, Hap69
<b>TOPLAM</b>	<b>4</b>		
2n = 48 NF = 74	5	<i>N. ehrenbergi</i>	Hap41, Hap45, Hap46, Hap50, Hap51
2n = 52 NF = 74	3	<i>N. ehrenbergi</i>	Hap47, Hap40, Hap217
2n = 52 NF = 76	3	<i>N. ehrenbergi</i>	Hap61, Hap84, Hap85
2n = 56 NF = 72	4	<i>N. ehrenbergi</i>	Hap223, Hap228, Hap55, Hap52
<b>TOPLAM</b>	<b>15</b>		

Tür bazında bakıldığında filogenetik analizler Güney Doğu Anadolu popülasyonlarını bir grup içinde (*N. ehrenbergi*), Trakya popülasyonlarını ise ayrı bir grup içinde (*N. leucodon*) kümelemiş olup bu türleri birbirlerinden ve diğer popülasyonlardan ayırmıştır. Bu bölgeler haricinde Anadolu'nun tamamında bulunduğu kabul edilen *N. xanthodon* türü ise oldukça polimorfik bir yapı sergilemiştir. *N. xanthodon* türü içindeki popülasyonlar diploid kromozom sayıları ve coğrafi konumları bakımından hem birbirlerinden hem de diğer türlere ait popülasyonlardan ayrılmışlardır. İç Anadolu bölgesinde yayılış gösteren kromozomal soylar (2n = 52G, 56, 58 ve 60) ortak bir dalda kümelenirken, Batı Anadolu'da yayılış gösteren kromozomal soylar (2n = 36, 38, 40)

ayrı dallarda, Doğu Anadolu’da yayılış gösteren kromozomal soylar ise ( $2n = 44, 48, 52$ ) ayrı dalda kümelenmişlerdir (Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.).

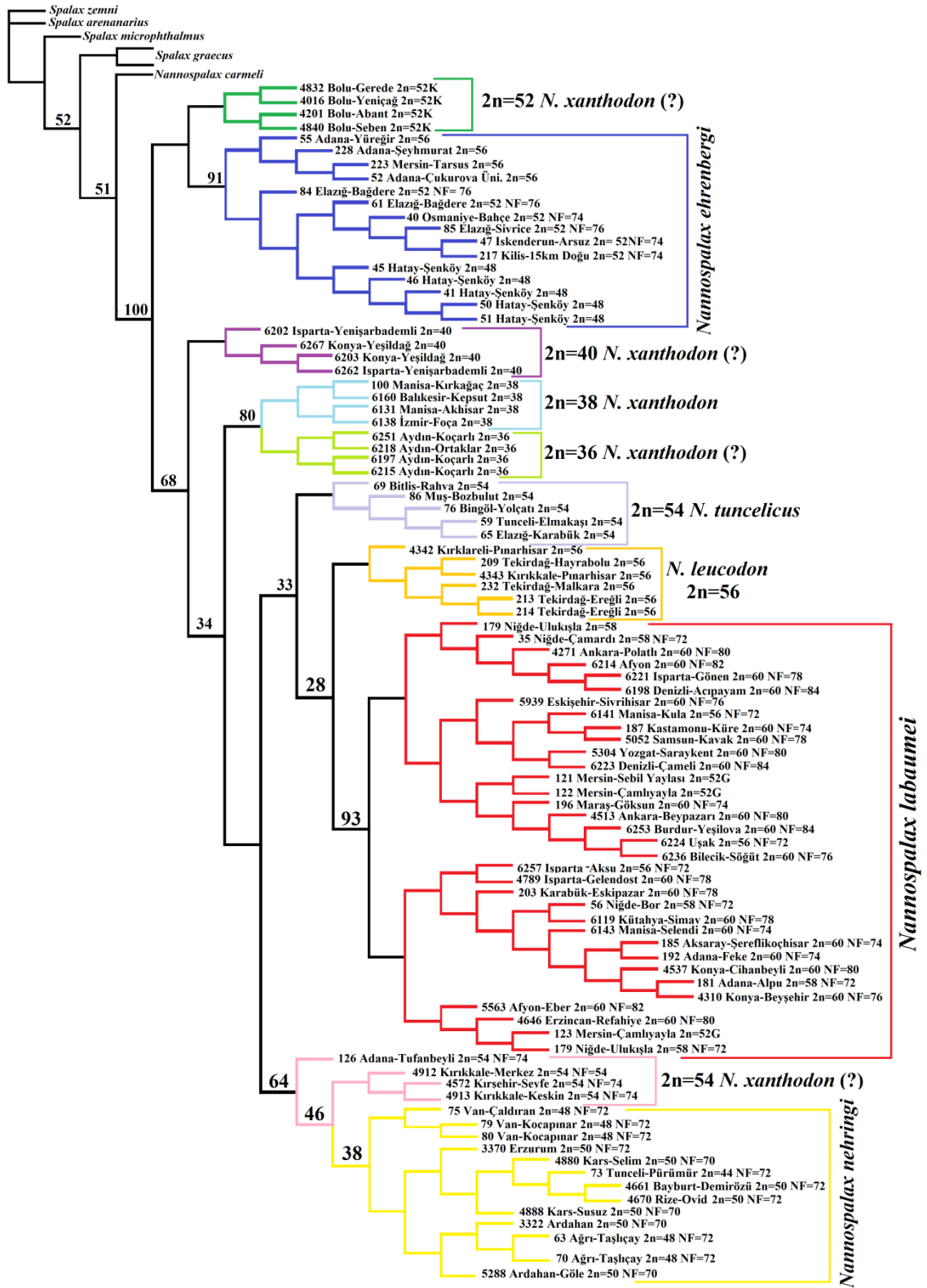
Kimura-2-parametresi model alınarak oluşturulan N.J analizi sonucunda *N. ehrenbergi* türü, diğer kromozomal soy ve türlerden % 72 bootstrap değeriyle iki ayrı dalda kümelenmiştir. Diğer alt dalda *N. leucodon* türü ve *N. xanthodon* türünün tüm kromozom soylarına ait bireyler ayrı gruplar içinde kümelenerek ayrı bir dalda gruplar oluşturmuştur. Bu ana dal içinde *N. leucodon* türü bireyleri % 99 güvenirlikle ayrı bir dalda kümelenmiştir. *N.xanthodon* türünün sinonimi olarak kabul edilen Doğu Anadolu kromozomal soylarını ( $2n = 44, 48, 50$ ) içine alan *N. nehringi* türü % 95 güvenirlikle bir dalda,  $2n = 54$  diploid kromozom değerine sahip olan *N. tuncelicus* % 54 güvenirlikle bir dalda, yüksek kromozom sayılarına sahip olan İç Anadolu kromozomal soylarını içeren *N. labaumei* % 100 güvenirlikle ayrı bir dalda kümelenmiştir. Bu durum bu türlerin birbirlerinin sinonimi olmadığını göstermektedir. Bu türlerin haricinde *N. xanthodon* içinde sınıflandırılan diğer kromozomal soylar ( $2n = 36, 38, 40, 52K$ ) aynı ana daldan % 90’nın üzerinde bootstrap değerleriyle ayrı ayrı dallarda kümelenmişlerdir. Bu durum *N. xanthodon* içindeki bu kromozomal soyların ayrı tür seviyesinde farklılığa sahip olduğunu göstermektedir. *N. xanthodon*’un topotip örneklerini içeren  $2n = 38$  kromozomal soy diğer kromozomal soylardan % 97 güvenirlikle ayrı bir dalda kümelenmiştir. Diğer *N. xanthodon* kromozomal soylarından farklı olarak İç Anadolu’da Kızılırmak Havzası içinde yayılış gösteren  $2n = 54$  kromozomal formu *N. nehringi* populasyonları ile birlikte kümelenmiştir fakat bu alt daldan % 98 güvenirlikle ayrı bir grup oluşturmuştur (Şekil 4.14.).



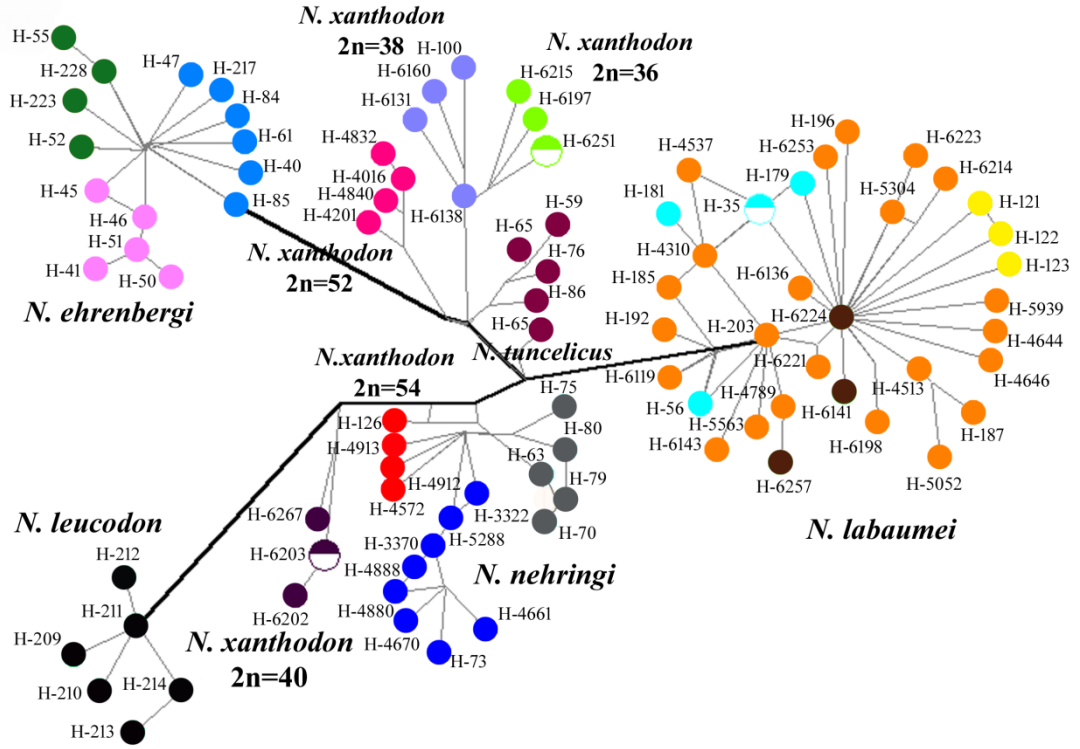
Şekil 4.14. Kimura-2-parametresi (K2P) model alınarak oluşturulan Neighbour Joining ağacı (% 50'nin altındaki bootstrap değerleri çöktürülmüştür)

M.L ağacı oluşturulurken en uygun model olarak GTR seçilerek, kullanılmıştır. Bu analiz sonucu ortaya çıkan filogenetik ağacın yapısı N.J ağacın sonuçları ile örtüşmektedir. M.L ağacında da *N. ehrenbergi* türü ve diğer populasyonlar % 100 güvenilirlikteki bootstrap değeriyle birbirlerinden ayrılmışlardır. Fakat N.J ağacından farklı olarak *N. xanthodon* türüne ait 2n = 52K kromozomal soy örnekleri *N. ehrenbergi* türüne yakın dalda kümelenmiştir. Diğer üst dalda % 68 güvenilirlikle 2n = 40 kromozomal soy, % 34 güvenilirlikle 2n = 38 ve 2n = 36 kromozomal soy örnekleri ayrı dallarda kümelenmiştir. 2n = 54 *N. tuncelicus* örnekleri *N. leucodon* türüne yakın; *N. xanthodon* 2n = 54 kromozomal soy, *N. ehrenbergi* türü populasyonlarına daha yakın kümelenmiştir. N.J ağacında olduğu gibi *N. labaumei* türü içindeki kromozomal soylar yüksek bootstrap değeriyle diğer tür ve kromozomal soy populasyonlarından ayrılmıştır (Şekil 4.15.)

Toplam 93 örnekten elde edilen dizi analizi verilerine göre oluşturulan Median-Joining ağacı filogenetik analizler sonucu ortaya çıkan kümelenmeleri ve bu kümeler arasındaki ilişkileri desteklemiştir. Diğer filogenetik ağaçlarda olduğu gibi Network Median-Joining ağacında da *N. ehrenbergi* ve *N. leucodon* tartışmasız bir şekilde diğer tür ve kromozomal soylardan farklı bölgelerde gruplar oluşturmuştur. Diğer filogenetik analizlerde olduğu gibi İç Anadolu'da yayılış gösteren 2n = 52G, 56, 58 ve 60 kromozom sayılarına sahip olan populasyonlara ait haplotipler beraber ayrı bir grup oluşturarak *N. xanthodon*'un diğer populasyonlarından çok bariz bir şekilde ayrılmıştır. Filogenetik analizlerde belirlendiği gibi *N. xanthodon* türü birbirinden oldukça farklı genetik kompozisyona sahip populasyonların birleştiği bir tür halindedir ve bu tür içindeki gruplaşmalar kromozom soylar ile direkt ilişkilidir. Her bir kromozomal soya ait haplotipler kendi grubunda kümelenmiştir. Fakat her bir kromozomal soyun oluşturduğu bu haplotip grupları hem *N. xanthodon*'un topotip örneklerini içine alan 2n = 38 kromozomal soydan hem de diğer kromozomal soylardan oldukça farklı bulunmuştur. Bu nedenle *N. xanthodon* türünün şuan ki taksonomik durumu ve yayılış alanı filogenetik analizlerde destek bulmamıştır. Filogenetik analizler daha önce Anadolu'dan tanımlanan fakat son çalışmalarda *N. xanthodon* türünün sinonimi olarak kabul edilen türlerin geçerliliklerini desteklemektedir (Şekil 4.16.).



Şekil 4.15. GTR model alınarak oluşturulan Maximum Likelihood ağacı (% 50'nin altındaki bootstrap değerleri çöktürülmüştür)



Şekil 4.16. 16S rRNA bölgesinin DNA dizi analizi verileri kullanılarak oluşturulan Network-Median-Joining ağacı

#### 4.4 16S rRNA Bölgesi Genetik Çeşitlilik Analizleri

Populasyon içindeki en yüksek haplotip sayısı İç Anadolu’da geniş yayılış gösteren  $2n = 60$  kromozomal soy içinde (23 haplotip) gözlenmiştir. Kromozomal soylar içinde çalışılan örneklerin hepsi ayrı nükleotit dizisine sahip olduğu için tüm kromozomal soylarda haplotip çeşitliliği  $H = 1.000$  değerini göstermektedir. Sadece  $2n = 36$  (Aydın) ve  $2n = 54$  (Kırıkkale) populasyonlarında ikişer örnek ortak nükleotit dizisi içerdiklerinden dolayı, bu kromozomal soyların haplotip çeşitlilik değerleri  $H = 0.8333$  olarak hesaplanmıştır. Kromozomal soylar içinde nükleotit çeşitliliği en fazla  $2n = 56$  (*N.tuncelicus*) ( $\pi = 0.026$ ) ve  $2n = 40$  (*N. xanthonodon*) ( $\pi = 0.021$ ) kromozomal soylarında belirlenmiştir. En düşük nükleotit çeşitlilik ise  $2n = 48$  (*N.ehrenbergi*) kromozomal soyda gözlenmiştir ( $\pi = 0.0046$ ). Çalışılan türler arasında haplotip çeşitliliği en düşük *N. xanthonodon* türünde ( $H = 0.9917$ ) belirlenmiştir. Türler arasında nükleotit çeşitliliği en fazla *N. xanthonodon* türünde ( $\pi = 0.042$ ), en az *N. nehringi* türünde ( $\pi = 0.013$ ) gözlenmiştir (Çizelge 4.3.).



**Çizelge 4.3.** Çalışılan populasyonların genetik çeşitlilik değerleri

Kromozom Soylara Göre			Türlere Göre	
<i>Nannospalax xanthadon</i>				
<b>2n</b>	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )
<b>2n = 36</b>	<b>0.8333 +/- 0.2224</b>	0.007440 +/- 0.005444	<b>0.9917 +/- 0.0254</b>	<b>0.042545 +/- 0.021999</b>
<b>2n = 38</b>	1.0000 +/- 0.1768	0.009524 +/- 0.006775		
<b>2n = 40</b>	1.0000 +/- 0.1768	<b>0.021429 +/- 0.014347</b>		
<b>2n = 52</b>	1.0000 +/- 0.1768	0.015476 +/- 0.010565		
<i>Nannospalax labaumei</i>				
<b>2n</b>	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )
<b>2n = 54</b>	<b>0.8333 +/- 0.2224</b>	0.016369 +/- 0.011133	1.0000 +/- 0.0060	0.022226 +/- 0.011372
<b>2n = 56</b>	1.0000 +/- 0.1768	0.013095 +/- 0.010169		
<b>2n = 58</b>	1.0000 +/- 0.1768	0.008333 +/- 0.006015		
<b>2n = 60</b>	1.0000 +/- 0.1768	0.012584 +/- 0.006803		
<i>Nannospalax leucodon</i>				
<b>2n</b>	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )
<b>2n = 56</b>	1.0000 +/- 0.0962	0.016548 +/- 0.010090	1.0000 +/- 0.0962	0.016548 +/- 0.010090
<i>Nannospalax nehringi</i>				
<b>2n</b>	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )
<b>2n = 48</b>	1.0000 +/- 0.1265	0.012143 +/- 0.007908	1.0000 +/- 0.0302	<b>0.013805 +/- 0.007684</b>
<b>2n = 50</b>	1.0000 +/- 0.0625	0.011097 +/- 0.006648		
<i>Nannospalax tuncelicus</i>				
<b>2n</b>	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )
<b>2n = 54</b>	1.0000 +/- 0.1265	<b>0.026071 +/- 0.016174</b>	1.0000 +/- 0.1265	0.026071 +/- 0.016174
<i>Nannospalax ehrenbergi</i>				
<b>2n</b>	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )	Haplotip Çeş. (H)	Nükleotit Çeşitliliği ( $\pi$ )
<b>2n= 48</b>	1.0000 +/- 0.1265	<b>0.004643 +/- 0.003421</b>	1.0000 +/- 0.0243	0.026752 +/- 0.014135
<b>2n= 52</b>	1.0000 +/- 0.0962	0.019167 +/- 0.011578		
<b>2n= 56</b>	1.0000 +/- 0.1768	0.009226 +/- 0.006586		

## BÖLÜM V

### TARTIŞMA

#### 5.1 Türkiye *Nannospalax* cinsinin taksonomik durumu

Körfareler üzerine yapılan en güncel çalışmalarda Türkiye’de *Nannospalax* cinsine ait sadece üç türün bulunduğu (*N. leucodon*, *N. ehrenbergi* ve *N. xanthodon*) kabul edilmektedir. Daha önce Anadolu’dan kafatası özellikleri dikkate alınarak tanımlanmış olan *N. nehringi*, *N. labaumei*, *N. vasvari* türleri *N. xanthodon* türünün sinonimi olarak kabul edilmiştir. İlk olarak İzmir’den *N. xanthodon* türü 1840 yılında tanımlandığı için öncelik kuralı nedeniyle Anadolu körfareleri için *N. xanthodon* tür ismi kullanılmıştır. Fakat böyle bir sınıflandırma yapılırken araştırmacılar Anadolu’dan tanımlanmış olan bu türlere ait örneklerin karyolojik, morfolojik ve genetik özelliklerini incelemeyen, türlerin ilk tanımlandığı zamanki ayırıcı karakterlerine bakarak karar vermişlerdir. *N. xanthodon* türünün günümüzdeki yayılış sınırlarındaki Kars (Kazkoparan)’dan 1898 yılında *N. nehringi* Satunin, Eskişehir (Porsuk Nehri civarı)’den 1919 yılında *N. labaumei* Metschie ve Malatya’dan 1941 yılında *N. vasvarii* Szunyoghy türleri tanımlanmıştır. Son yıllarda bu türlerin topotip örnekleri üzerine yapılan karyolojik çalışmalar sonucunda *N. xanthodon* türünün diploid kromozom değerinin  $2n = 38$  *N. labaumei* türünün diploid kromozom değerinin  $2n = 60$  *N. nehringi* topotip örneklerinin diploid kromozom değerinin  $2n = 48$  *N. vasvari* türünün diploid kromozom değerinin  $2n = 60$  olduğu belirlenmiştir. Sadece Malatya ve Eskişehir’den tanımlanmış olan türler (*N. vasvarii* ve *N. labaumei*) aynı diploid kromozom değerine sahiptir. Hadid vd., 2012 çalışmasında daha önce Szunyoghy (1941) tarafından Malatya’dan tanımlanan *N. vasvarii* türünü İç Anadolu ve Toroslardaki geçerli tür olarak kullanarak,  $2n = 60$ , 62 kromozomal soyları bu tür içinde değerlendirmiştir (Coşkun vd. 2010; Coşkun ve Kaya, 2012; Ivanitskaya vd., 1997; Kankılıç vd., 2009; Kryštufek ve Vohralik, 2009, Kryštufek vd., 2012; Matur ve Sözen, 2005; Nevo vd., 1995; Nevo vd., 1994; Savic ve Soldatovic, 1979; Yüksel, 1984; Gülkaç ve Yüksel, 1989).

Elimizde bulunan Eskişehir ve Malatya örneklerinin kafatası özellikleri incelendiğinde bu türlerin kafatası karakterlerinde hiçbir farklılığa rastlanmamış ve bu tez çalışmasında da bu popülasyonları genetik olarak birbirlerinden oldukça farklı buldukları için birbirlerinin sinonimi olarak kabul edilmişlerdir. Öncelik kuralı nedeniyle de İç

Anadolu körfare populasyonları için geçerli tür ismi olarak *N. labaumei* kabul edilmiştir. Eskişehir, Malatya  $2n = 60$  ve İç Anadolu'nun diğer kesimlerinden alınan  $2n = 56, 58, 60$  kromozom değerine sahip örnekler (*N. labaumei*); İzmir, Balıkesir ve Bursa'dan  $2n = 38$  kromozom değerine sahip örnekler (*N. xanthodon*) ve Iğdır, Van'dan alınan  $2n = 48$  ve diğer Doğu Anadolu'da yayılış gösteren kromozomal soy ( $2n = 50$ ) örnekleri (*N. nehringi*), pek çok çalışmada kafatası morfolojileri bakımından karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalarda körfarelerin tür ayrımında kullanılan ayırıcı karakterler ve kafatası ölçüleri analiz edilmiştir. Bu çalışmalarda Ege bölgesinde yayılış gösteren  $2n = 38$  diploid kromozom değerine sahip olan populasyonların molarlarının  $M^{1,2,3}$  ve  $M_{1,2,3}$  sırayla 2 (3), 2, 2 ve 2, 2, 1 değerleri göstermesi, fallus açıklıklarının iki lateral bir dorsal lob içermesi, nasal kemiğin uzunluğunun sagittal uzunluktan daha büyük olması ve kafatasından alınan ölçülerin ortalama değerlerinin daha küçük olmasıyla diğer populasyonlardan ayrıldığı belirtilmiştir. Diğer taraftan İç Anadolu'da yayılış gösteren kromozomal soyların ( $2n = 52G, 56, 58$  ve  $60$ ) morfolojik olarak homojen bir yapıda olduğu ve  $M^{1,2,3}$  ve  $M_{2,3}$  molar dişlerin tek köklü olması, nasal kemiklerin sagittal crest uzunluğundan daha kısa olması, fallus açıklığının sadece iki lateral lob içermesi ve karakteristik bakulum şekli bakımından diğer populasyondan çok rahat ayrıldığı vurgulanmıştır. Aynı çalışmalarda Doğu Anadolu'da yayılış gösteren populasyonlar ( $2n = 48, 50$ ) morfolojik açıdan incelenmiş ve tüm körfare örneklerinde  $M^{1,2,3}$  molarların 3 köklü olduğu, damağın arkasındaki platinum'un arkaya doğru diken şeklinde bir çıkıntıya sahip olduğu ve kafatası ölçüleri bakımından oldukça büyük kafatasına sahip olmaları bakımından diğer populasyonlardan ayrıldığı belirtilmiştir. (Kankılıç vd., 2006, 2009; Kıvanç, 1988)

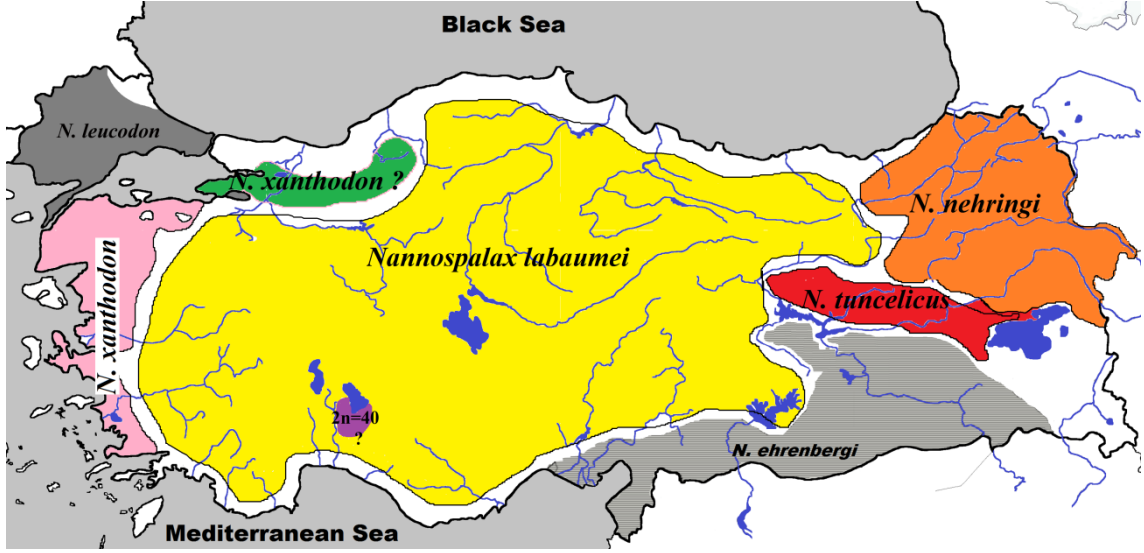
Bu tez çalışmasında 16S rRNA gen bölgesinden elde edilen DNA dizileri filogenetik analizlere tabi tutulmuş ve N.J ve M.L ağaçları, Trakya'da *N. leucodon* türünün, Güney Doğu Anadolu'da *N. ehrenbergi* türünün tartışmasız geçerli türler olduğunu kanıtlamıştır. Morfolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlara uygun olarak, bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar da *N. xanthodon* türünün Anadolu'nun geri kalan kesimlerinde bulunan hakim tür olduğunu kabul eden varsayımı reddetmektedir. *N. xanthodon* türü Ege bölgesinde geniş bir yayılış gösteren  $2n = 38$  kromozomal soy örneklerini içermektedir. Ege bölgesindeki körfare örnekleri hem İç Anadolu'daki körfare populasyonlarından hem de Doğu Anadolu'da bulunan körfare populasyonlarından genetik açıdan oldukça farklı bulunmuştur. Türler arasında yapılan Kimura - 2 - Parametresi mesafe değerleri de İç Anadolu'daki *N. labaumei*, Doğu

Anadolu'daki *N. nehringi* türlerinin, *N. xanthodon* türünün sinonimleri olmadığını, ayrı türler olarak değerlendirilmeleri gerektiğini göstermektedir. *N. labau mei* ve *N. nehringi* türleri arasındaki ve bu türlerin diğer türler arasındaki divergens değerleri 0.043 - 0.089 arasında değişen yüksek değerler göstermektedir (Çizelge 5.1.). Körfareler üzerine yapılan diğer çalışmalarda yapılan filogenetik analizlerde de İç Anadolu körfareleri (2n = 52, 56, 58, 60) farklı dallarda kümelenmiş ve ayrı bir monofiletik grup oluşturmuştur. Bu nedenle İç Anadolu körfare popülasyonları Hadid vd., (2012) tarafından ayrı bir clade (*vasvarii*) olarak tanımlanmıştır (Hadid vd., 2012; Kandemir vd., 2012 ; Kankılıç vd., 2006, 2009; Kıvanç, 1988; Kryštufek vd., 2012).

**Çizelge 5.1.** 16S rRNA bölgesine ait türler arasında hesaplanan Kimura-2-Parametresi mesafe matrisi (Bold) ve standart hataları (italik)

	1	2	3	4	5	6
1. <i>N. xanthodon</i>	-	0.008	0.009	0.007	0.007	0.011
2. <i>N. labau mei</i>	<b>0.054</b>	-	0.010	0.009	0.008	0.013
3. <i>N. leucodon</i>	<b>0.057</b>	<b>0.057</b>	-	0.009	0.009	0.012
4. <i>N. nehringi</i>	<b>0.043</b>	<b>0.049</b>	<b>0.048</b>	-	0.008	0.012
5. <i>N. tuncelicus</i>	<b>0.049</b>	<b>0.051</b>	<b>0.055</b>	<b>0.046</b>	-	0.012
6. <i>N. ehrenbergi</i>	<b>0.080</b>	<b>0.089</b>	<b>0.082</b>	<b>0.078</b>	<b>0.083</b>	-

Bu tez çalışması sonucunda Coşkun (1996a) tarafından Gaziantep (Sarigüllük)'ten tanımlanan *N. tuncelicus* türü 0.046-0.055 arasında Kimura - 2 - Parametresi mesafe değeri göstermektedir. Filogenetik ağaçlarda ise *N. tuncelicus* coğrafi olarak yakın komşusu olan *N. nehringi* türünden oldukça farklı dalda kümelenmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar bu türün geçerli bir tür olduğunu göstermektedir. Bu durumda Türkiye'de 6 körfare türü (*N. leucodon*, *N. ehrenbergi*, *N. xanthodon*, *N. nehringi*, *N. labau mei* ve *N. tuncelicus*) bulunmaktadır. Bu türlerin yayılış alanları Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Türkiye’deki körfare türlerinin coğrafi yayılışları

Kandemir vd. (2012) tarafından Türkiye körfare türleri ve kromozomal soylarının sitokrom b bölgesinin sekans analizi incelenmiş ve yapılan filogenetik analizler sonrasında Türkiye’nin batısında bulunan kromozomal formların ( $2n = 36, 38$ ) ayrı bir monofiletik grup oluşturularak diğer populasyonlardan ayrıldığı ileri sürülmüştür. Ayrıca çalışılan kromozomal soyların oldukça yüksek genetik farklılıklara sahip olmaları nedeniyle mevcut türlerin haricinde yeni türlerin eklenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Özellikle *N. ehrenbergi* ve *N. xanthodon* için tanımlanan kromozomal soyların kendi aralarında parafiletik gruplar oluşturduğu belirtilmiştir.

Diğer bir çalışmada Türkiye’den  $2n = 40, 58$  ve  $60$  kromozomal soylara ait populasyonların sitokrom b bölgelerinin filogenetik analizlerini çalışan Arslan vd., (2010b) çalışılan üç kromozomal soyun tür seviyesinde genetik farklılığa sahip olduğunu belirlemiştir.

Bu tez çalışmasında 16S rRNA gen bölgesinin filogenetik analizleri Kandemir vd. (2012) ve Arslan vd. (2010) çalışmalarında elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Bu çalışmada da *N. xanthodon* türünün kromozomal soyları parafiletiktir. Fakat bazı kromozomal soylar arasında belirgin genetik farklılıklar gözlenmiş olsa da pek çok kromozom soy birbirlerine çok yakın bulunmuştur. Örneğin İç Anadolu Bölgesinde yayılış gösteren  $2n = 52G, 56, 58$  ve  $60$  kromozomal soylar monofiletik bir grup oluşturmuşlardır. İç Anadolu kromozomal soyları diploid kromozom değerleri

bakımından farklılıklara sahip olsalar da hem morfolojik hem de genetik açıdan özdeş bulunmuştur fakat ayrı tür ve / veya alttür olabilecek seviyede farklılık içermemektedirler. Benzer şekilde Doğu Anadolu Bölgesinde yayılış gösteren  $2n = 48$  ve  $2n = 50$  kromozomal soy örnekleri de ayrı tür olabilecek kadar farklılığa sahip değildir. Bu tez çalışmasında yapılan tüm analizlerde bu iki kromozomal soy ortak bir dalda kümelendi. Fakat özellikle Batı Anadolu Bölgesindeki  $2n = 36$ ,  $2n = 38$  ve  $2n = 40$ , Anadolunun Kuzey Batı'sındaki  $2n = 52K$ , İç Anadolu'da Kızılırmak Havzası'ndaki  $2n = 54$ , Doğu Anadolu Bölgesindeki  $2n = 54$  kromozomal soyları filogenetik analizlerde ayrı dallarda kümelendi ve parafiletik bir yapı sergilemiştir. Bu nedenle bu kromozomal soylar ayrı tür olabilecek derecede farklılığa sahiptir.

## **5.2 Karyolojik Bulguların Tartışılması**

Bu çalışma ile mevcut olan bu kromozomal formlar için yeni yayılış kayıtları verildi ve kromozomal formların yayılış alanları genişletildi. Ayrıca tez çalışmasında Tunceli (Pülümür-Kızılköprü)'den yeni bir körfare kromozom soyun  $2n = 44$  varlığı belirlendi. Böylece *N. ehrenbergi*'nin kromozomal soyları haricinde Anadolu'daki kromozomal soyların sayısı 12 ( $2n = 36, 38, 40, 44, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62$ )'e çıktı.

### **5.2.1 *Nannospalax leucodon* için karyolojik bulguların tartışılması**

*N. leucodon* türü için bu çalışmada Kırklareli (Lok 54: Malkara, Lok 53: Hayrabolu) lokalitelerinden  $2n = 56$  NF = 76 NFa = 72 karyotip değeri belirlendi. Daha önceki çalışmalarda Sözen (2004) tarafından Çanakkale (Eceabat)'den bu kromozom kaydedilmiştir. Trakya'dan bu zamana kadar tanımlanan diploid kromozom değerleri  $2n = 56$  olarak belirlenmiştir. Fakat yapılan karyolojik çalışmalarda kromozom kol sayıları bakımından iki farklı grup belirlenmiştir. Birinci grupta kromozom kol sayısı NF = 76 değerini gösterirken, diğer grup NF = 78 değerini göstermiştir. Bu tez çalışmasında Trakya'dan tanımlanan karyotip NF = 76 kromozom soyuna ait karyotipe benzerlik göstermektedir (Soldatovic ve Savic, 1979; Sözen, 2004; Sözen vd., 2006a).

### 5.2.2 *Nannospalax xanthodon* için karyolojik bulguların tartışılması

$2n = 38$  kromozomal formu bu çalışmada Manisa (Lok 6: Kırkağaç), Gökçeada (Lazkoyu), Bursa (Karacabey) ve Çanakkale (Ezine-Türkmenli) lokalitelerinden kaydedildi. Daha önceki çalışmalarda Giagia vd. (1982) İzmir (Selçuk)'den, Nevo vd. (1995) Balıkesir ve İzmir'den ve Tez vd. (2002) İzmir (Dikili)'den bu kromozomal formu kaydetmişlerdir. Bu karyotip daha önce yapılan çalışmalarda verilen değerlerle uygunluk gösterdi.

### 5.2.3 *Nannospalax labaumei* için karyolojik bulguların tartışılması

$2n = 54$  kromozomal soy bu çalışmada Adana (Lok 20: Tufanbeyli-Gezbeli Geçidi) ve Kırıkkale (Sulakyurt) lokalitelerinden tanımlanmıştır.  $2n = 54$  kromozomal soy önceki çalışmalarda Yozgat (Yüksel ve Gülkaç, 2001), Bolu, Bingöl'den (Nevo vd., 1995) Eflani, Alpagut, Yukarıaktaş, Daday'dan (Sözen, 2004) Taşpınar, Pınarbaşı'ndan (Sözen vd., 2006a), Erbaa'dan (Sözen vd., 2006b) tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen  $2n = 54$  formunun NF değeri ve kromozomların morfolojik yapısı daha önce Kuzey Anadolu'dan elde edilen örneklerle aynıdır. Bu karyotip Adana (Tufanbeyli)'dan ilk kez tanımlanmıştır.

$2n = 58$  NF = 73 kromozomal soy daha önce Ovacık-Tunceli (Coşkun, 2004); Ulukışla-Niğde, Madenköy-Niğde, Ereğli-Konya, Pozantı-Adana (Sözen vd., 2006b), Taşkoprü-Kastamonu'dan Sözen vd. (2006a), Konya (Ereğli)'den Arslan vd. (2011) tarafından verilmiştir. Bu çalışmada Niğde (Lok 24: Çamardı, Lok 25: Bor, Lok 26: Ulukışla) ve Adana (Lok 27: Pozantı-Alpu) lokalitelerden  $2n = 58$  NF = 72 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen karyotip kromozomların kol sayısının NF = 73 değerini göstermesi bakımından diğer çalışmalardan farklı bulunmuştur. Fakat otozomal kromozomlardan bir çiftin heteromorfik karakter göstermesi bakımından Arslan vd. (2011) çalışmasında elde edilen verilere uygun bulunmuştur.

$2n = 60$  NF = 74 kromozomal değeri Adana (Lok 31: Feke), Maraş (Lok 32: Göksun), Kastamonu (Lok 30: Küre) ve Aksaray (Lok 29: Şereflikoçhisar)'dan tanımlanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda bu kromozomal soy Sözen vd. (2000b) Aksaray'dan, Ivanitskaya vd. (1997) ve Nevo vd. (1994) Malatya'dan, Sözen vd. (2006a) Kastamonu,

Sözen vd. (2006b) Antalya ve Maraş'tan, Sözen vd. (2013) Burdur ve Antalya'dan ve Arslan vd. (2011) tarafından Konya'dan tanımlanmıştır. Bu çalışmada belirlenen karyotip daha önceki çalışmalarda verilen sonuçlara uygun bulunmuştur. Bu çalışmada Adana (Feke)'den bu karyotip ilk defa tanımlanmıştır.

#### **5.2.4 *Nannospalax nehringi* için karyolojik bulguların tartışılması**

Bu çalışmada Tunceli (Lok 67: Pülümür-Kırmızı Köprü) lokalitesi için  $2n = 44$   $NF = 72$  kromozom değeri tanımlanmıştır. Bu kromozom soy Türkiye'den ilk kez tanımlanmıştır. Daha önce Tunceli (Pülümür)'den Coşkun vd. (2010) tarafından  $2n = 49$   $NF = 76$  kromozom değeri tanımlanmıştır. Coşkun vd. (2010) 12 çift metasentrik/submetasentrik/subtelosentrik kromozom, 1 tane univalent metasentrik kromozom ve 11 çift akrosentrik kromozom tanımlamıştır. Bu tez çalışmasında tanımlanan  $2n = 44$  diploid kromozom değerine sahip karyotip ile Coşkun vd. (2010) tarafından tanımlanan karyotip incelendiğinde çift kollu otozomların morfolojisi birbirlerine çok benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada belirtilen karyotipte 13 çift metasentrik/submetasentrik/subtelosentrik otozom belirlenmiştir. Fakat  $2n = 44$  kromozomal soyunda akrosentrik sayısı düşük (8 çift) bulunmuştur.

Bu çalışmada Ağrı (Lok 56: Taşlıçay) ve Van (Lok 57: Çaldıran-Gönderme, Lok 58: Kocapınar) popülasyonları için  $2n = 48$   $NF = 72$  kromozom değeri tanımlanmıştır. Bu karyotip daha önce Coşkun (2003) Ağrı (Taşlıçay, Küpkıran) ve Van (Çaldıran)'dan, Coşkun vd. (2009) Van (Erciş) ve Muş (Malazgirt)'dan, Coşkun ve Kaya (2012) Iğdır (Tuzluca)'dan ve Coşkun vd. (2012) tarafından Ağrı (Patnos, Tutak) ve Erzurum (Hınıs)'dan kaydedilmiştir. Bu tez çalışmasında bu karyotip için belirlenen sonuçlar daha önceki çalışmaların sonuçları ile uygun bulunmuştur.

#### **5.2.5 *Nannospalax tuncelicus* için karyolojik bulguların tartışılması**

$54$   $NF = 74$   $NFa = 70$  karyotip Tunceli (Lok 66: Pertek yolu-Elmakaşı), Bingöl (Lok 68: Yolçatı), Muş (Lok 69: Bozbulut Köyü), Bitlis (Lok 70: Rahva) ve Elazığ (Lok 71: Karabük) lokalitelerinden belirlendi. *N. tuncelicus* için ilk karyotip Bingöl (10 km Güney)'den Nevo vd. (1995) tarafından verilmiştir. Daha sonra Coşkun (2004c) Bingöl (Solhan), Elazığ (Kovancılar, Palu, Yeniköy), Tunceli (Nişantaşı, Kocakoç)'tan bu karyotipi kaydetmiştir. Son olarak Bitlis (Hizan, Tatvan, Ahlat) ve Muş (Kumbet,



Bulanık)'tan Coşkun vd. (2009); Tunceli (Hozat)'den Coşkun vd. (2010) bu karyotipi tanımlamıştır.

#### **5.2.6 *Nannospalax ehrenbergi* için karyolojik bulguların tartışılması**

$2n = 48$   $NF = 74$   $NFa = 70$  karyotip Hatay (Lok 72: Şenköy-Çatbaşı)'ndan tanımlanmıştır. Bu karyotip daha önce Hatay (Şenköy-Yayladağ)'dan Coşkun (2004b) ve Coşkun vd. (2006) tarafından tanımlanan karyotip ile benzer bulunmuştur.

$2n = 52$   $NF = 74$   $NFa = 70$  karyotip bu çalışmada Osmaniye (Lok 74: Bahçe-Budacık) ve Hatay (Lok 73: İskenderun-Arsuz) ve Kilis (Lok 75: 15 km Doğu) lokaliteleri için tanımlanmıştır. Bu karyotip daha önce Kilis, Hatay (Kırıkhan, Belen, Arsuz, Kırıkhan, Rayhanlı), Gaziantep (Islahiye, Karkamış, Türkyurdu, Nurdağı) ve Osmaniye (Bahçe, Çona) lokalitelerinden tanımlanan karyotiple benzer bulunmuştur (Coşkun, 1999; Coşkun, 2004b; Coşkun vd., 2006, Sözen vd., 2006b).

$2n = 52$   $NF = 76$   $NFa = 72$  karyotip bu çalışmada Elazığ (Lok 76: Bağdere) ve Elazığ (Lok 77: Sivrice)'den kaydedilmiştir. Bu karyotip daha önce Elazığ'dan Yüksel (1984), Ivanitskaya vd. (1997) ve Coşkun vd. (2006 ve 2010) tarafından verilen karyotipe benzer bulunmuştur.

$2n = 56$   $NF = 72$   $NFa = 68$  karyotip bu çalışmada Adana (Lok 79: Şeyhmurat, Lok 80: Yüreğir, Lok 81: Çukurova Üniversitesi) ve Mersin (Lok 78: Tarsus) lokalitelerinden tanımlanmıştır. Bu karyotip daha önce Adana (Şeyhmurat, Ceylan, Kozan), Mersin (Tarsus), Osmaniye (Kadirli)'den Ivanitskaya vd. (1997), Coşkun vd. (2006), Sözen vd. (2006b) tarafından kaydedilen karyotiple benzer bulundu.

## BÖLÜM VI

### SONUÇLAR

1. Türkiye körfareleri için geçmişte tanımlanmış fakat günümüzde *N. xanthodon* türünün sinonimi olarak kabul edilen *N. labaumei* Metschie (1919) (Eskişehir), *N. tuncelicus* Coşkun (1996) (Tunceli), *N. nehringi* Satunin (1898) (Kars) türlerinin sinonim olamayacak kadar genetik farklılıklara sahip oldukları ve bu türlerin İzmir'den tanımlanan *N. xanthodon* türünden farklı geçerli türler oldukları belirlendi.

2. Bu çalışma sonucunda *N. labaumei* türünün İç Anadolu'da  $2n = 52, 54, 56, 58, 60$  kromozomal soyların yayılış gösterdiği alanlarda, *N. ehrenbergi* türünün Güney Doğu Anadolu bölgesinde, *N. leucodon* türünün Trakya'da, *N. nehringi* türünün Doğu Anadolu'da  $2n = 50$  ve  $48$  kromozomal soyların yayılış gösterdiği alanlarda, *N. tuncelicus*'un Elazığ, Tunceli, Bingöl, Muş, Bitlis illerini içine alan bir alanda  $2n = 54$  kromozomal soyun yayılış gösterdiği alanlarda ve *N. xanthodon* türünün ise Ege Bölgesi'nde  $2n = 36$  ve  $2n = 38$  kromozomal soyların yayılış gösterdiği alanlarda bulunduğu sonucuna varılmıştır.

3. Türkiye'den bu zamana kadar tanımlanan tüm kromozomal soyların ayrı tür olarak değerlendirilmesi varsayımı bu tez çalışmasında reddedilmiş, fakat daha önce *N. xanthodon* için tanımlanan  $2n = 36, 2n = 40, 2n = 52K, 2n = 54$  kromozomal soyların ayrı tür veya alttür seviyesinde farklılıklara sahip oldukları belirlenmiştir. Fakat tür tanımlarının yapılabilmesi için bu kromozomal formların morfolojik, karyolojik ve genetik yapılarının daha detaylı bir şekilde analiz edilmesi gereklidir.

4. Bu tez çalışmasında Türkiye körfareleri için Tunceli (Pülümür-Kırmızı Köprü)'den yeni bir kromozomal soyun varlığı belirlendi. Böylece *N. ehrenbergi* haricinde Anadolu'dan tanımlanan kromozomal soyların sayısı 12'ye ( $2n = 36, 38, 40, 44, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62$ ) ulaşmış oldu.

## KAYNAKLAR

- Arslan, A., Akan, Ş. and Zima, J., "Variation in C-heterochromatin and NOR distribution among chromosomal races of mole rats (Spalacidae) from Central Anatolia, Turkey", *Mamm. Biol.* 76, 28–35, 2011.
- Arslan, E., Gülbahçe, E., Arıkoğlu, H., Arslan, A., Buzan, E.V. and Krystufek B. "Mitochondrial divergence between three cytotypes of the Anatolian mole rat, *Nannospalax xanthodon* (Nordmann, 1849)", *Zoology in the Middle East* 50, 27-34, 2010.
- Ayad, W.G., Hodgkin, T., Jaradot, A. and Rao, V.R., "Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies", *IPGRI Technical Bulletin* 2, 10, 1997.
- Bendelt, H., Froster, P. and Rohl, A. "Median joining network for inferring intraspecific phylogenies", *Molecular Biology and Evolution*, 16, 37–48, 1999.
- Brosius, J., Palmer, M.L., Kennedy, P.J. and Noller, H. F., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 75, 4801, 1978.
- Brown, W.M., George, M. Jr & Wilson, A.C., "Rapid evolution of animal mitochondrial DNA", *Proc Natl Acad Sci USA* 76, 1967-1971, 1979.
- Buckie, A. P. and Smith, R. H., "Rodent pests and their control", *CAB int. Press* 405 pages, London, 1994.
- Carbon, P., Ehresmann, C., Ehresmann, B. and Ebel, J. P. *Eur. J. Biochem.* 100, 399, 1979.
- Catzefflis, F.M., Nevo, E., Ahlquist, J. and Sibley, C.H., "Relationships of the chromosomal species in the Eurasian mole rats of the *Spalax ehrenbergi* group as determined by DNA-DNA hybridization, and an estimate of the spalacid-murid divergence time", *J. Mol. Evol.* 29, 223-232, 1989.

Corbet, G.B. and Hill, J.E., "A world list of mammalian species", Third edition. Natural History Museum Publ., *London / Oxford Univ. Press.*, 1991.

Corbet, G.B., "The Mammals of The Palaearctic region; a taxonomic review", Brit. Mus. Nat. Hist., *London / Oxford Univ. press.*, 1978.

Coşkun, Y., "A New Subspecies of *Spalax nehringi* (Satunin 1898) (Rodentia: Spalacidae) from Turkey", *Saugetirek. Mitt.* 37 (3), 103-109, 1996a.

Coşkun, Y., "*Spalax nehringi nevoi*, a new mole rats from southeast Anatolia, Turkey (Rodentia; Spalacidae)", *Saugetierkd. Mitt* 38, 135–142, 1996b.

Coşkun, Y., "Morphological and Karyological Peculiarities of the species *Spalax ehrenbergi* Nehring 1898, (Spalacidae) from Kilis Province, Turkey", *3<sup>rd</sup> European Congres of Mammalogy*, Jyvaskyla, Finland, May 29- June 3, 1999a.

Coşkun, Y., "A study on the morphology and karyology of *Nannospalax nehringi* (Satunin, 1898) (Rodentia: Spalacidae) from northeast Anatolia, Turkey", *Turk. J. Zool.* 27, 171-176, 2003.

Coşkun, Y., "A new species of mole rat, *Nannospalax munzuri* sp. n., and karyotype of *Nannospalax tuncelicus* (Coşkun, 1996) (Rodentia: Spalacidae) in eastern Anatolia", *Zoology Middle East* 33, 153–162, 2004.

Coşkun, Y., Ulutürk, S. and Yürümez, G., "Chromosomal diversity in mole-rat of the species *Nannospalax ehrenbergi* (Rodentia: Spalacidae) from south Anatolia, Turkey", *Mamm. Biol.* 71, 244–250, 2006.

Coşkun, Y., Kaya, A. and Yürümez, G., "Chromosomal forms of the Mole Rat, *Nannospalax nehringi* (Satunin, 1898), from the Van Lake Basin in Eastern Turkey", *Zoology in the Middle East* 48, 17-24, 2009.

Coşkun, Y., Ulutürk, S. and Kaya, A., "Karyotypes of *Nannospalax* (Palmer 1903) Populations (Rodentia: Spalacidae) from Central Eastern Anatolia, Turkey", *Hystrix It. J. Mamm*, 21, 89-96, 2010.

- Coşkun, Y. ve Kaya, A., ‘‘İğdir Yöresinde Yaşayan Körfare (Nannospalax)’lerin (Rodentia: Spalacidae) Karyolojik Özellikleri’’, *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)*, (In press), 2012.
- Doyle, J.J. and Doyle, J.L. "Isolation of plant DNA from fresh tissue", *Focus* 12(1), 13-15, 1991.
- Ducroz, J. F., Volobouev, V., and Granjon, L. ‘‘An Assessment of the Systematics of Arvicanthine Rodents Using Mitochondrial DNA Sequences: Evolutionary and Biogeographical Implications’’, *Journal of Mammalian Evolution* 8, 3, 2001.
- Ellerman, J.R. and Morrison–Scott, T.C.S., "Checklist of Palaearctic and Indian Mammals, 1758-1946. Second edition, *British Museum (Natural History)*, London, 1-810, 1966.
- Elson, J.L., Andrews, R.M., Chinnery, P.F., Lightowers, R.N., Turnbull, D.M. & Howell, N., "Analysis of European mtDNAs for recombination", *Am J Hum Genet* 68, 145-153, 2001a.
- Excoffier, L. and Lischer, H.E.L., ‘‘Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows’’, *Molecular Ecology Resources* 10, 564-567, 2010.
- Felsenstein, J., ‘‘Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap’’, *Evolution* 39, 783-791, 1985.
- Ford, C.E. and Hamerton, J.L., "A colchicine hypotonic citrate, squash for mammalian chromosomes", *Stain Technol.* 31, 247-251, 1956.
- Freeman S. and Herron, J.C., "Evrimsel Analiz" Çıplak, B., Basıbüyük. H. H., Karaytuğ. S. ve Gündüz. İ. (eds.), *Palme Yayıncılık*, 28-29, 438-449, 1999.
- Giagia, E., Savic, I. and Soldatovic, B., ‘‘Chromosomal forms of the mole rat *Microspalax* from Greece and Turkey’’, *Z. F. Saugetierkunde* 47(4), 231-236, 1982.

- Gromov, I.M. and Baranova, G.I., "Catalogue of Mammals in U.S.S.R. Leningrad" *Nauka*, pp 455 (In Russian), 1981.
- Gülkaç, M. D. ve Yüksel, E., "Malatya yöresi körfareleri (Rodentia; Spalacidae) üzerine sitogenetik bir inceleme", *Doğa Tü. Biyol. D.* 13, 63-71, 1989.
- Hadid, Y., Nemeth, A., Snir, S., Pavlıcek, T., Csorba, G., Kazmer, M., Major, A., Mezhzherin, S., Rusin, M., Coskun, Y. and Nevo, E., "Is Evolution of Blind Mole Rats Determined by Climate Oscillations", *PLoS ONE* 7(1) , 2012.
- Hall, T.A., "BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment, editor and analysis program for Windows 95/98/ NT", *Nucleic Acids Symposium Series* 41, 95–98, 1999.
- Harrison, D. L., "The Mammals of Arabia. Vol. III Lagomorpha Rodentia", *London XVII*, 382-670, 1972.
- Harrison, D.L. and Bates, P.J.J., "Mammals of Arabia", Second Edition. *Harr. Zool. Mus. Pub.*, 1-353, 1991.
- Hertwig, S., De Sa, R.O. and Haas, A., "Phylogenetic Signal and the Utility of 12S and 16S mtDNA in Frog Phylogeny", *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 42, 2-18, 2004.
- Hillis, D.M., "Inferring complex phylogenies", *Nature* 383, 140-141, 1996.
- Hinton, M.A.C., "Three new subspecies of *Spalax monticola*", *Ann. Mag. Hist.* 5, 313-318, 1920.
- Hofmoijer, G. K., and Bruijin, De. H., "The mammals from the Lower Miocene of Aliveri (Island of Evia. Greece). 4; The Spalacidae& Anomalomyidae", *Paleontology Proc.* 185-198, 1985.
- Ivanitskaya, E., Coşkun, Y. and Nevo, E., "Banded karyotypes of mole rats (*Spalax*, Spalacidae, Rodentia) from Turkey: A comparative analysis", *J. Zool. Syst. Evol. Research* 35, 171–177, 1997.

- Jiang, X., Gao, J., Ni, L., Hu, J., Li, K., Sun, F., Xie, J., Bo, X., Gao, C., Xiao, J. and Zhou, Y., "The complete mitochondrial genome of *Microtus fortis calamorum* (Arvicolinae, Rodentia) and its phylogenetic analysis", **Gene** 498, 288 – 295, 2012.
- Kandemir, I., Sözen, M., Matur, M., Kankılıç, T., Martinkova, N., Çolak, F., Ozkurt, Ş., and Çolak, E., "Phylogeny of species and cytotypes of mole rats (Spalacidae) in Turkey inferred from mitochondrial cytochrome b gene sequences", **Folia Zoologica** 61(1), 25-33, 2012.
- Kankılıç, T., Çolak, R., Kankılıç, T. and Çolak, E., "On the Morphology and Karyology of *Spalax leucodon armeniacus* Mehely, 1909, and *Spalax leucodon cilicicus* Mehely, 1909 (Mammalia: Rodentia) in Turkey", **Acta Zoologica Bulgarica** 59(1), 41-46, 2007a.
- Kankılıç, T., Kankılıç, T., Çolak, R., Çolak, E. and Karataş, A., "Karyological comparison of populations of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 superspecies (Rodentia: Spalacidae) in Turkey", **Zoology in the Middle East** 42, 15-24, 2007b.
- Kankılıç, T., Çolak, E. and Kankılıç, Tol., "Macro - Anatomical and Karyological Features of Two Blind Mole Rat Subspecies (Rodentia: Spalacidae) from Turkey", **Anat. Histol. Embryol.** 38, 145–153, 2009.
- Kankılıç, T., Kankılıç, T., Şeker, P.S., Çolak, R., Selvi, E. and Çolak, E., "Contributions to the karyology and distribution areas of cytotypes of *Nannospalax leucodon* (Rodentia: Spalacidae) in Western Anatolia", **Acta Zool. Bulgar** 62(2), 161–167, 2010.
- Kankılıç, Te., Kankılıç, To., Sözen, M. and Çolak, E., "Genetic Diversity and Geographic Variation of Chromosomal races of *Nannospalax xanthodon* (Nordmann, 1840) and *Nannospalax ehrenbergi* (Nehring, 1898) from Turkey, Revealed by RAPD Analysis", **Acta zool. bulg.** 65(1), 45-58, 2013.
- Kardong, K.V., "Vertebrates", Comparative Anatomy, Function, Evolution, Dubuque, Melbourne, **Oxford**, Wm. C. Brown Publishers (Times Mirror International Publishers), 17, 777, 1995.

Kıral, E. ve Benli, O., "Orta Anadolu'nun kemirici türleri ve zarar yaptığı kültür bitkileri", *Bit. Kor. Bült.* 19(4), 191-217, 1979.

Kıvanç, E., "Türkiye *Spalax*'lerinin Coğrafik Varyasyonları", *Ankara 72*, Teksir – Daktilo – Fotokopi. 88 Sayfa., 1988.

Kimura, M.A., "Simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences", *Journal of Molecular Evolution* 16, 111-120, 1980.

Kocher, T.D., Thomas, W.K., Meyer, A., Edwards, S.V., Paabo, S., Villablanca, F.X. and Wilson, A.C., "Dynamics of Mitochondrial DNA Evolution in Animals: Amplification and Sequencing with Conserved Primers", *Proc. Natl. Acad. Sci.* 86, 6196-6200, 1989.

Kryštufek, B. and Vohralík, V., "Mammals of Turkey and Cyprus: Rodentia II: Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Capromyidae, Hystricidae, Castoridae", *Koper, Zložba Annales*, 2009.

Kryštufek B., Ivanitskaya E., Arslan A., Arslan E. & Bužan E.V., "Evolutionary history of mole rats (genus *Nannospalax*) inferred from mitochondrial cytochrome b sequence", *Biol. J. Linn. Soc.* 105, 446–455, 2012.

Lehtonen, M., "Mitochondrial Dna Sequence Variation In Patients With Sensorineural Hearing Impairment And In The Finnish Population", Department of Medical Biochemistry and Molecular Biology and Biocenter Oulu, *University of Oulu*, 2002.

Matur F. & Sözen M., "A karyological study on subterranean mole rats of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia) superspecies around Bilecik province in Turkey", *Zool. Middle East* 36, 5–10, 2005.

Mehely, "(Mammalia: Rodentia) in Turkey", *Acta Zoologica Bulgarica.* 59(1), 41-46, 1909.

Misonne, X., "Mammifères de la Turquie sud-orientale et du nord de la Syrie", *Mammalia* 21, 53-68, 1957.



Mursaloğlu, B., "Türkiye *Spalax*'larında (Mammalia: Rodentia) Sistematik Problemler", **T.B.T.A.K. VI. Bilim Kongresi**, Mat., Fiz. ve Biyo. Bil. Araş. Gr. Biyo. Sek. Teb. 83–92, 1979.

Nehring, A., "Über mehrere neue *Spalax* Arten", **Sitzb. der Gesellsch. Naturf. Freunde Z.**, Berlin., 171-183, 1898.

Nehring, A., "Über *Dipus schlüteri* n sp. und einige andere Nager aus Palastina", **Sitz. Ber. Nat. Fr.**, Berlin, 163-176, 1901.

Nevo, E., Ivanitskaya, E. and Beiles, A., "Adaptive radiation of blind subterranean mole rats: naming and revisiting the four sibling species of the *Spalax ehrenbergi* superspecies in Israel: *Spalax galili* (2n= 52), *S. golani* (2n= 54), *S. carmeli* (2n= 58), and *S. judaei* (2n= 60)", **Backhuys Publishers, Leiden**, The Netherlands, 2001.

Noller, H. F. and Woese, C. R. **Science** 212, 403, 1981.

Nevo, E., "Evolutionary theory and processes of active speciation and adaptive radiation in subterranean mole rats, *Spalax ehrenbergi* superspecies in Israel", **Evol. Biol.** 25, 1-125, 1991.

Nevo, E., Filippucci, M.G., Redi, C., Korol, A. and Beiles, A., "Chromosomal speciation and adaptive radiation of mole rats in Asia Minor correlated with increased ecological stress", **Proc. Natl. Acad. Sci.**, USA. 91, 8160-8164, 1994.

Nevo, E., Filipucci, M.G., Redi, C.D., Simson, S., Heth, G. and Beiles, A., "Karyotype and genetic evolution in speciation of subterranean mole rats of the genus *Spalax* in Turkey", **Evol. J. Linn. Soc.** 54, 203–229, 1995.

Nordmann, A., "Observations sur la Faune Pontique", A. Demidoff Voyage dans la **Russie Meridion.** 3(35), 1840.

Ognev, S.I., "Mammals of the U.S.S.R. and adjacent Countries. Vol. V. Rodents", **Moskova**, 1-662, 1947.

Palumbi, S.P., Martin, A.P., Romano, S., McMillan, W.O., Stice, L., and Grabowski G., "The Simple Fool's Guide to PCR" *Department of Zoology, University of Hawaii*, Honolulu, 1991.

Richards, M. and Macaulay, V., "The mitochondrial tree comes on age", *Am J Hum Genet* 68, 1315-1320, 2001.

Saitou, N. and Imanishi, T., "Relative efficiencies of the Fitch-Margoliash, Maximum Parsimony, Maximum-Likelihood, Minimum-Evolution and Neighbour-Joining methods of phylogenetic tree construction in obtaining the correct tree", *Mol Biol Evol.* 6, 514-525, 1989.

Satunin, K.A., "*Spalax nehringi* nov. ap.", *Zool. Anz. XXI*, 314-315, 1898.

Savic, I.R. and Soldatovic, B., "Distribution range and evolution of chromosomal forms in the Spalacidae of Balkan Peninsula and bordering regions", *J. Biogeography* 6, 363-374, 1979.

Sözen, M.A., "Karyological study on subterranean mole rats of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 superspecies in Turkey", *Zeitschrift für Säugetierkunde* 69, 420-429, 2004.

Sözen, M., Matur, F., Çolak, E., Özkurt, Ş. and Karatas, A., "Some karyological records and a new cytotype for *Spalax* (Mammalia: Rodentia) in Turkey", *Folia Zool.* 55, 247-256, 2006a.

Sözen, M., Sevindik, M. and Matur, F., "Karyological and morphological characteristics of *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia) superspecies around Kastamonu Province, Turkey", *Turkish Journal of Zoology* 30, 205-219, 2006b.

Sözen, M., Yiğit, N. and Çolak, E., "A study on karyotypic evolution of the genus *Spalax* Guldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) in Turkey", *Israel J. Zool.* 46, 239-242, 2000b.

- Suzuki, H., Wakana, S., Yonekawa, H., Moriwaki, K., Sakurai, S. and Nevo, E., "Variations in Ribosomal DNA and Mitochondrial DNA among Chromosomal Species of Subterranean Mole Rats", *Mol. Biol. Evol.* 13(1), 85-92, 1996.
- Szunyoghy, J., "Two new species of mole rats from Asia Minor", *Allattani Kozlemenyek* (in Hungarian with German summary) 38, 78–86, 1941.
- Tez, C., Gündüz, İ . and Kefelioğlu, H., "New data on the distribution of 2n=38 *Spalax leucodon* (Nordman, 1840) cytotype in Turkey", *Israel Jour. of Zoology* 48, 155-159, 2002.
- Topachevskii, W.A., "Fauna U.S.S.R. Spalacidae", *Leningrad; Nauka*, (English translation; U.S Dept. Commerce. Natn. Info. Serv., Springfield, Virginia), 1969.
- Ünay, E., "On fossil Spalacidae. In Bernor, R. L., Fahlbusch, v.s. Mitt man, H.-W. (eds.). The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas", *Columbia Univ. Press*, New York, 246-252, 1996.
- Wahrman, J., Goitein, R. and Nevo, E., "Geographic variation of chromosome forms in *Spalax*, a subterranean mammal of restricted mobility", *Comparative Mammalian Cytogenetics*, 30-48, 1969a.
- Wilson, D.E., and Reeder, D.M., (eds.) "Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Third Edition. *The Johns Hopkins University Press*, Baltimore, 2005.
- Woese, C. R. , Gutell, R. R., Gupta, R. and Noller, H. F. *Microbiol. Rev.*, 47, 621, 1983.
- Yüksel, E., "Cytogenetic study in *Spalax* (Rodentia; Spalacidae) from Turkey", *Communications, C; Biologie.* 2, 1-12, 1984.
- Yüksel, E. and Gülkaç, M.D., "The evolution and phylogenetic relationship in some subspecies and chromosomal forms of *Spalax leucodon*", *Tr. J. of Biology* 14, 59-68, 1990.

## ÖZGEÇMİŞ

Habibe Didem ÇELİKBİLEK 07.01.1989 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk öğretimini (1995-2003) Kayseri Sümer Osman Göksu İlköğretim Okulunda, ortaöğretimini (2003-2006) ise Kayseri Sümer Lisesinde tamamladı. 2007 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nden Haziran 2011’de mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Niğde Üniversitesi Biyoloji Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı.

