

**TÜRKİYE *NANNOSPALAX*'LARININ (MAMMALIA: RODENTIA) SİSMİK
İLETİŞİM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Faruk ÇOLAK

**Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

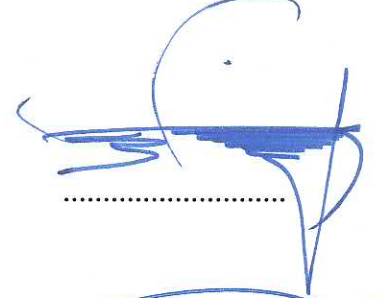
ZONGULDAK

Mart 2015

KABUL:

Faruk ÇOLAK tarafından hazırlanan "TÜRKİYE NANNOSPALAX'LARININ (MAMMALIA: RODENTIA) SİSMİK İLETİŞİM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/03/2015

Başkan: Prof. Dr. Ercüment ÇOLAK
Ankara Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Nuri YİĞİT
Ankara Üniversitesi



Üye : Prof. Dr. Mustafa SÖZEN
Bülent Ecevit Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Ferhat MATUR
Bülent Ecevit Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Cemal Can BİLGİN
Orta Doğu Teknik Üniversitesi



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./.../2015



Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Faruk ÇOLAK

ÖZET

Doktora Tezi

TÜRKİYE *NANNOSPALAX*'LARININ (MAMMALIA: RODENTIA) SİSMİK İLETİŞİM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Faruk ÇOLAK

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ferhat MATUR

Mart 2015, 85 sayfa

Nannospalax bireyleri birbirleri ile iletişim ve yönlerini bulmak için toprak altındaki yaşamlarında başlarını tünel tavanına vurarak gösterdikleri ritmik vurma hareketi sonucu oluşturdukları sismik sinyalleri kullanırlar. Sismik sinyal yapılarını belirlemek için Trakya bölgesinde yayılış gösteren *N. leucodon*'un $2n = 56$ sitotipi ile Anadolu'da yayılış gösteren *N. xanthodon*'un üç sitotipinden ($2n = 38, 52$ ve 60) örnekler kullanılarak ritmik vurma davranışı incelendi. Ritmik vurma davranışının incelenmesi hem laboratuvarda ses kaydı yöntemi hem de arazi ortamında jeofiziksel yollarla elde edilen kayıtlardan oluşturulan verilere dayanmaktadır. Arazi ortamında yapılan jeofiziksel kayıtlar ile de körfare sismik sinyallerinin genlik, frekans ve hız gibi parametreleri ele alındı. Laboratuvar kayıtlarından elde edilen veriler ile sitotipiler arasındaki sinyal varyasyonu, sitotip içerisindeki NF varyasyonları arasındaki sinyal yapıları, iklim ve toprak tipi varyasyonları arasındaki sinyal yapıları, tekrarlı ölçümler arasındaki sinyal yapıları ve son olarak da sinyal yapılarının saldırganlık davranışı ile ilişkisi incelendi. Arazi ortamına taşınan körfarelerin meydana getirmiş oldukları ritmik vurma davranışları sonucunda oluşan sinyaller 25 ile 50 Hz arasında değişir iken genlikleri ise 5 ile 20 birim arasındadır. Körfarelerin meydana getirdikleri sismik sinyaller

ÖZET (devam ediyor)

bireyden 17 m yarı çapında uzaklığa ulaşip toplamda 907 m² bir alanda etkilidir. Laboratuvarda yapılan kayıtlar ile elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle ulaştığımız sonuçlara göre, sitotip varyasyonları arasında değerlendirilen parametrelerden en belirleyici olanı sinyal hızı olup canlının iki kez başını vurması arasında geçen süre (T_a) $2n = 60$ sitotipinde ortalama 0,70 sn iken $2n = 38$ sitotipinde en yavaştır ve bu değer ortalama 0,110 sn kadardır. $2n = 52$ sitotipinde ise T_a değeri $2n = 38$ sitotipine çok yakın olup 0,115 civarındadır. Diğer taraftan, $2n = 60$ en kısa sinyalleri oluşturmaktadır ve ortalama sinyal uzunluğu (T_u) en fazla 0,424 sn'dir. $2n = 38$ daha uzun sinyaller oluşturur ve bu uzunluk 0,720 sn'ye kadar ulaşır. En uzun sinyalleri oluşturan $2n = 52$ sitotipinde sinyal uzunluğu (T_u) 1,2 sn'dir. Bir sinyalde en fazla tepe bulduran bireyler $2n = 52$ sitotipindedir ve ortalama 10 adet olabilir. $2n = 60$ sitotipinde bu değerler 6 iken $2n = 38$ sitotipinde 4 adettir. Tekrarlı ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda ritmik vurma hareketleri arasında istatistiksel olarak farklılık çıkmadı. Ayrıca iklim ve toprak tipi bakımından farklı ekolojik koşullarda yayılış gösteren Anadolu körfareleri sitotip içerisinde benzer sinyal yapılarını kullanmaktadırlar.

$2n = 52$ ve 60 sitotipleri içerisindeki NF varyasyonları arasında sinyal yapılarının benzer olduğu bulunmuştur. Her iki eşeydeki körfareler aynı ritmik vurma davranışını gösterdiği bulunmuştur. Populasyodaki tüm bireyler ritmik vurma davranışını göstermeyip, saldırgan olanlarda görülmüştür. Siotipler arasında ritmik vurma davranışında farklılıklar bulunur. Körfarelerin, sismik sinyalleri uzak mesafeli iletişimde kullandıklarına dair bu çalışma ile yeni kanıtlar elde edilmiştir. Farklı sitotip varyasyonları arasında belirlenmiş olan ritmik vurma yapıları arasındaki farklılık davranışsal izolasyona işaret etmektedir ve böylelikle körfareler kendi sitotipinden olan bireyleri tanırlar. Sitotipin içerisinde yer alan NF varyasyonları arasında ritmik vurma davranışlarındaki benzerlik davranışsal izolasyonun olmadığını göstermektedir. Körfareler teritoryal amaçlar için sismik sinyalleri kullandığından eşeyler arasında sinyal yapısında farklılıklar bulunmaz. Sismik sinyalleri oluşturmak saldırganlık ile korelasyonlu olup aralarındaki ilişki, davranış sendromu ile açıklanabilir.

Anahtar Kelimeler: *Nannospalax*, Davranış, Davranış sendromu, Sismik haberleşme, Körfare biyolojisi, Üreme izolasyonu, Türleşme, Türkiye

Bilim Kodu: 401.04.04

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

INVESTIGATION OF SEISMIC COMMUNICATION CHARACTERISTICS OF TURKISH *NANNOSPALAX* (MAMMALIA: RODENTIA)

Faruk ÇOLAK

**Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Ferhat MATUR

March 2015, 85 pages

For the communication with each other and orientation during their underground life, *Nannospalax* use seismic signals, which are produced by their head tapping to tunnels. In order to characterize and to investigate the drumming patterns, *N. leucodon* and three cytotypes of *N. xanthodon* ($2n = 38, 52$ and 60) distributed in Thrace and Anatolia were examined, respectively. The investigation of drumming behaviour was based on both laboratory and field observations. The seismic signaling characteristics such as frequency and amplitude were explored by field experiments. On the basis of laboratory recording data, after having examined the drumming behaviour patterns among cytotypes, NF variations in cytotypes, climate and soil types and the signal structures between repeated measurements, the relationship between aggressiveness and drumming behaviour was investigated. *N. leucodon* individuals did not show the drumming behaviour. As a result of field experiments for *N. xanthodon*, it was found that the seismic signalling had frequencies between 25 and 50 Hz, and the amplitude of signals ranged from 5 to 20. The seismic signals produced by blind

ABSTRACT (continued)

mole rats were effective at 17 m semi diameter and at total area of 907 m². According to the results of laboratory recordings, the most distinctive characteristic of drumming signalling was the signal velocity (Ta) which the duration between two tappings during the signal among others (Tu and Ts). While signal velocity of 2n= 60 was at 0.70 second, it was observed at 0.115 and 0.110 seconds for both of 2n = 52 and 38, respectively. On the other hand, 2n = 60 cytotype had the lowest signal duration (Tu) at 0.424 second among all cytotypes. This parameter was at 0.720 second for 2n = 38 and at 1.2 second for 2n = 52, having the peak size in a signal (Ts) as 10. It was observed as 6 for 2n = 60, and as 4 for 2n = 38.

The analysis of repeated measurements did not statistically show any significant differences between the drumming patterns. In addition, it was noticed that similar signals were used by the individuals in cytoype, regardless of different ecologic conditions such as types of soil and change of climate. It was observed that the NF variations which occurs within 2n= 60 and 52 cytotypes, showed similar drumming signalling pattern and the same result was seen for both sexes. All of the individuals in the population concerned did not produce head drumming and some even reacted aggressively. On the other hand, it was seen that the drumming signalling patterns were different among cytotypes.

The new proofs have been obtained by this study regarding the fact that blind mole rats use the seismic signalling for long distance communication. The difference between the seismic signalling patterns among cytoypes indicates behavioral isolation and thus, the individuals recognize their conspecifics. The similarity of drumming patterns among NF variations signifies that there is no behavioral isolation among them. As the blind moles use the seismic signalling for territorial purposes, there is no difference among both of their sexes by means of drumming behaviour. As producing the seismic signalling is correlated with the aggressive behaviour, the relationship between them can be defined with behavioral syndrome.

Keywords: *Nannospalax*, Behavior, Behavioral syndrome, Seismic communication, Mole rat biology, Reproduction isolation, Speciation, Turkey

Science Code: 401.04.04

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında arazi çalışmalarında, laboratuvar çalışmalarında ve tez yazımında ilgi, öneri ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ferhat MATUR'a,

Örnek toplama ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Dr. Murat SEVİNDİK, laboratuvar arkadaşlarım Sercan IRMAK, Ortaç ÇETİNTAŞ, Tuğçe CEYLAN, Uğur KAYIŞ ve Muhsin ÇOĞAL'a,

Lisans ve lisansüstü Öğrencilik dönemimde vermiş olduğu maddi manevi tüm katkıları için sayın hocam Prof. Dr. Mustafa SÖZEN'e,

Tez İzleme Komitesinde bulunan ve tez çalışmaları boyunca verdiği destekler için Prof. Dr. Ercüment ÇOLAK ve Doç. Dr. Cemal Can BİLGİN'e,

İstatistiksel analizler konusunda fikir danıştığım Yrd. Doç. Dr. Füzan KÖKTÜRK'e,

Tez yazımı esnasında göstermiş olduğu ilgi ve yardımlarından dolayı Hüseyin Zekeriya DOĞAN'a,

Tez süresince her zaman yanımda olan sevgili hayat arkadaşım Ece Gülşah ÇOLAK'a,

Bu çalışmam süresince de olduğu gibi hayatıma attığım ilk adımdan itibaren her zaman arkamda olan aileme,

Teşekkür ederim.

Bu tez; Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: BAP 2012-10-06-01).

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 TOPRAK ALTI ORTAMI VE MEMELİLERİN BU ORTAMI KULLANIMI	1
1.2 İLETİŞİM VE TİTREŞİM SİNYALLERİ.....	4
1.2.1 Sinyalleşme.....	4
1.2.2 Titreşim sinyalleri nasıl yayılır?	8
1.2.3 Omurgalılarda Titreşimler nasıl ve niçin oluşturulur?.....	9
1.2.4 Ritmik vurma hareketlerinin değerlendirilmesi.....	10
1.3 KÖRFARELERDE SİSMİK İLETİŞİM	12
1.4 TÜRKİYE KÖRFARELERİ VE SİSMİK İLETİŞİMLERİ	14
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT	19
2.1 ÖRNEK TOPLAMA VE HAYVAN BAKIMI.....	19
2.2 VERİ TOPLAMA VE ANALİZLER.....	20
2.2.1 Veri oluşturma	20
2.2.1.1 Ritmik vurma davranışı bakımından değerlendirme.....	22
2.2.1.2 Jeofiziksel ölçümler	20

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.2 Analizler	24
2.2.2.1 Tekrarlı Ölçümler.....	25
2.2.2.2 Eşeyler Arasındaki Karşılaştırmalar	26
2.2.2.3 NF Varyasyonları Arasındaki Karşılaştırmalar.....	26
2.2.2.4 Ekolojik Özellikler Açısından Yapılan Karşılaştırmalar	27
2.2.2.5 Sitotipler Arası Karşılaştırmalar	28
2.2.2.6 Sismik Aktivite Davranışı Varyasyonunun Gözlemlenmesi	28
2.2.2.7 Sismik Sinyallerin Toprakta Yayılan Enerji Bileşenlerinin Ölçümü (Jeofiziksel Ölçümler)	24
BÖLÜM 3 BULGULAR.....	29
3.1 RİTMİK VURMA DAVRANIŞI SONUÇLARI	29
3.1.1 Tekrarlı Ölçümlere Ait Karşılaştırmalar.....	33
3.1.2 Eşeyler Arasındaki Karşılaştırmalar	34
3.1.3 NF Varyasyonları Arasındaki Karşılaştırmalar	34
3.1.4 Ekolojik Açından Yapılan Karşılaştırma.....	35
3.1.5 Sitotiplerin Karşılaştırılması	36
3.1.6 Sismik Aktivite Varyasyonlarının Test Edilmesi	37
3.2 SİSMİK SİNYALLERİN JEOFİZİKSEL ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	29
BÖLÜM 4 TARTIŞMA.....	41
4.1 RİTMİK VURMA VARYASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SİSMİK SİNYALLERİN UZAK MESAFELİ İLETİŞİMDE KULLANILMASI.....	41
4.1.1 Tekrarlı Ölçümler Arasındaki Karşılaştırmalar	41
4.1.2 Eşeyler Arasındaki Karşılaştırmalar	43
4.1.3 Ekolojik Ve NF Varyasyonları Açılılarından Karşılaştırmalar	43
4.1.4 Uzak Mesafeli İletişim Ve Sismik Sinyaller	41
4.1.5 2n Varyasyonları Arasındaki Sinyal Yapılarının Karşılaştırılması	44
4.1.6 Sismik Aktivite Davranışı Açısından Karşılaştırma.....	46

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR.....	51
EK A: ARAZİ FOTOĞRAFLARI.....	61
EK B: KULLANILAN VERİLER.....	67
EK C: SİSMİK ÖLÇÜMLER ve DENEY DÜZENEKLERİ	77
ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Toprak altında yaşayan kemiriciler.	3
1.2 Sinyalin gönderilmesi ve alınması.	5
1.3 Duyu kanallarının karşılaştırılması	7
1.4 Esnek katılardaki partiküllerin hareketleri	9
1.5 Dipodomys'teki ritmik vurma davranışı ile oluşan sinyallerine ait osilogram.....	11
1.6 Körfare sinyallerinin arazi ve laboratuvar ortamlarında karşılaştırılmaları	12
1.7 Sismik sinyallerin kullanımı.	13
1.8 Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'deki iklim tipleri.	17
2.1 Örnek alınan lokaliteler.....	20
2.2 Jeofiziksel incelemelerde kullanılan parametreler.	21
2.3 Sismik enerji bileşenlerine ait kayıt işlemlerinde kullanılan düzeneğin şeması.	21
2.4 Kayıt işlemleri esnasındaki algılayıcıların yerleştirilme şeması	21
2.5 Algılayıcıların yerleştirilmesi.....	22
2.6 Ses bileşenlerine ait kayıt işlemlerini şematize edilmesi	23
2.7 Körfarelerden kaydedilen sinyallerin gösterimi.	23
2.8 NF karşılaştırmaları için örnek alınan tüm lokaliteler..	26
2.9 Örnek alınan lokaliteler ve iklimsel özellikleri.....	27
3.1 Yüksek ve Düşük genlikli sinyal örnekleri	29
3.2 Jeofonlara ulaşan enerji.....	30
3.3 Körfareler tarafından plastik tünellerde oluşturulan sinyaller.....	31
3.4 Sitotiplerin Çok boyutlu ölçekleme analizi sonucu.....	37
3.5 Temel bileşenler analizi sonucunda karakterlerin ve bireylerin durumu	39
4.1 Batı Türkiye'deki Körfarelerin kromozomal evrimi.....	48
A.1 $2n = 60$, $NF = 74$ sitotipi örneklerinin habitatu.....	63
A.2 Lokalite fotoğrafı 2.....	64
A.3 Lokalite fotoğrafı 3.....	65
A.4 Örnek yakalamak için açılmış bir körfare yuvası.....	66
C.1 554 numaralı örneğe ait sinyal özellikleri	79

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
C.2 907 numaralı örneğe ait sinyal özellikleri	79
C.3 $2n = 52$ (601 numaralı örnek), Uzun yapıda sürekli bir sinyal.....	80
C.4 532 numaralı örneğe ait sinyal özellikleri	80
C.5 Jeofonların yerleşim düzeni 1.....	81
C.6 Yerleşim düzeni 1'e göre jeofonlara gelen enerji	81
C.7 Jeofonların yerleşim düzeni 2.....	82
C.8 Yerleşim düzeni 2'ye göre jeofonlara gelen enerji.	82
C.9 Jeofonların yerleşim düzeni 3.....	83
C.10 Yerleşim düzeni 3'e göre jeofonlara gelen enerji	83
C.11 Ses kayıt şeması.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Örnek sayıları ve lokaliteler	19
3.1 Sinyal karakterleri	30
3.2 Ölçü alınan lokalitelere ilişkin ilk 50 cm kalınlıktaki toprağın özellikleri	31
3.3 Aktivite durumları	32
3.4 Sinyal hızı (Ta) değişkeninin tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçları	33
3.5 Her bir sitedeki eşeylerin Ta, Ts ve Tu karakterleri bakımından karşılaştırılması.....	34
3.6 NF varyasyonlarının Ta, Ts ve Tu karakterleri bakımından karşılaştırılması.....	34
3.7 İklim ve toprak özellikleri karşılaştırılmasında kullanılan örnekler	35
3.8 Ekolojik özelliklerin karşılaştırma sonuçları.....	35
3.9 Sitotiplerin Varyans analizi bakımından karşılaştırılması	37
3.10 Varyasyona katkısı olan karakterlerin fonksiyonlara katkısı.	38
3.11 Bileşenler üzerindeki yükler.....	38
B.1 Çok boyutlu ölçekleme analizinde kullanılan veriler.	69
B.2 Sismik aktivite ve saldırganlık ilişkisi için kullanılan veri.....	70
B.3 NF varyasyonları ve ekolojik özelliklerinin karşılaştırılması.....	72
B.4 $2n = 60$ için ölçülebilir değişkenlerin ortalamaları.....	73
B.5 $2n = 38$ için ölçülebilir değişkenlerin ortalamaları.....	74
B.6 $2n = 52$ için ölçülebilir değişkenlerin ortalamaları.....	75

EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
EK A ARAZİ FOTOĞRAFLARI	61
EK B KULLANILAN VERİLER	67
EK C SİSMİK ÖLÇÜMLER ve DENEY DÜZENEKLERİ	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- γ : Ortam yoğunluğu
 V_p : Sinyalin ortamdaki hızı

KISALTMALAR

- 2n : Diploid kromozom sayısı
Hz : Hertz
NF : Kromozomların temel kol sayısı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üreme stratejilerinden iletişim sistemlerine kadar birçok alanda, kendilerine özgü evrimsel adaptasyonlar gösteren toprak altı memelileri, yaşam alanlarının en büyük kısıtlaması sayılabilecek görme yetilerindeki eksikliği ortadan kaldıran ve diğer toprak üstü türlerine göre alışılmadık sayılabilecek, oldukça ilginç duyu sistemleri ile donatılmışlardır (Nevo 1979). Toprak altı yaşam şekline adapte olan türlerdeki iletişim yöntemleri, bilim insanlarında merak uyandırıp, onları yeni hipotezler ile yeni cevaplar aramaya itmektedir. en önemli organ olan göz evrimsel olarak indirgenmiş ve görme özelliğini yitirdiğinde bireyler nasıl davranmaktadırlar? Toprak altında renk, koku, ses veya kimyasal iletişim gibi, toprak üstünde yaşayan canlıların kullandıkları iletişim kanallarının hiç birisi geçerli olamayacağından, böyle bir durumda diğer duyu kanalları ve duyu organları bu eksikliği telafi edebilirler mi? Toprak altı yaşam şekline uyum göstermiş canlıların, kendilerine özgü geliştirmiş oldukları iletişim kanalları sayesinde, yaşamış oldukları karanlık tünellerde toprak üstündeki türler kadar birbirlerinden haberdar, predatörlere karşı onlardan daha az tehlike altındadırlar. Toprak altı türlerinin kullanmış oldukları substrat kaynaklı titreşimler, toprak üstündeki türlerde kullanılan görme, işitme, koku ve dokunma ile aynı bağlamda kullanılmaktadırlar (Hill 2009).

1.1. TOPRAK ALTI ORTAMI VE MEMELİLERİN BU ORTAMI KULLANIMI

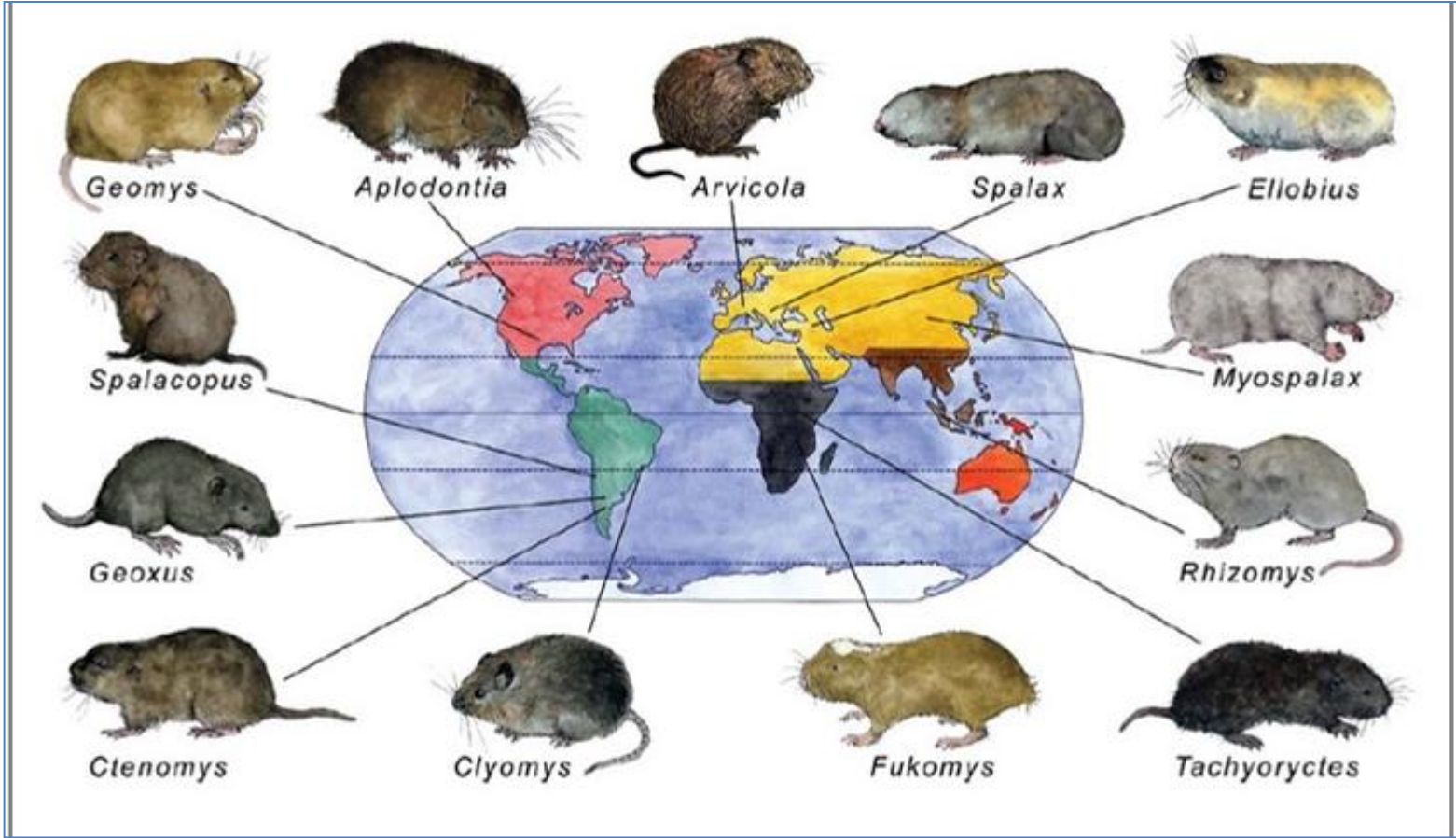
Tüm yer küre, her organizasyon seviyesinde (genetik, biyokimyasal, anatomik, davranışsal) toprak altı ortamının kendine özgü yapısı sayesinde popülasyonların, türlerin ve komünitelerin benzer, fakat coğrafik olarak uzak çevrelerde, konvergent evrim ile şekillendiği mükemmel bir tiyatrodur (Nevo 1979). Herbivor türler, tünellerini çoğunlukla besin arama amaçlı olarak genişletirken, toprak altında yaşayan memelilerden olan kazıcılar (Şekil 1.1) toprak yüzeyine, kazara çıktıkları zamanlar hariç tutulmak kaydıyla, çıkmazlar (Nevo 1979).

Toprak altı ortamı, karanlık, mikroklimatik olarak durağan, oksijen açısından fakir, toprak üstündeki türlerin kullandığı duyu özelliklerinin çoğundan yoksun iken, ortamın

karbondioksit düzeyi yüksektir. Toprak altındaki tüneller, avcılardan ve aşırı iklimsel etkilerden koruma sağlamakla birlikte, toprak altında tünel kazma işlemi oldukça zahmetlidir. Tüm bu çetin koşulları barındıran yaşam alanlarında, üretkenlik oldukça düşük ve besin kaynaklarının yeri çoğunlukla tahmin edilemez özellikte olmakla beraber, bu yaşam alanları bazen parçalı bir şekilde dağılım gösterir (Begall et al. 2007).

Toprak altındaki yaşam için hayati önem taşıyan tünellerin kullanımı, bu tünellerin sadece sığınma amaçlı olarak kullanıldığı düşünüldüğünde bile toprak altı canlılarına oldukça üstünlük sağlar; çünkü toprak altındaki tüneller toprak üstüne göre daha makuldür. Örneğin toprak altı sıcaklığındaki değişme, toprak üstündeki değişime göre daha az olup (Kenagy 1973, Kay and Whitford 1978), 30 cm derinlikte ise günlük sıcaklık dalgalanmaları hemen hemen kaybolmakta (Reichman and Smith 1990) ve böylelikle toprağın izolasyon özelliği aşırı sıcak ve soğuk günlerde burada yaşayan canlılara üstünlük sağlamaktadır. Karmaşık ve uzun toprak altı tünellerini kazmak, harcanan metabolik enerji açısından oldukça maliyetli iken, Amerikan yer sincaplarının (*Thomomys*) kazmak için kullandıkları enerji, aynı mesafede yapılacak olan yürüyüş ile harcanan enerjinin 360 ile 3400 katı kadardır (Vleck 1979, 1981).

Toprak altında yaşam şekline adapte olan memeli taksonları Eutheria'dan herbivor yaşam şekli gösteren Rodentia (Şekil 1.1), böcekçil olan Insectivora ile Marsupialia'dan böcekçil olan *Notoryctes*'tir (Nevo 1979). Dünya üzerindeki akraba olmayan memeli gruplarının, toprak altı yaşama konvergent evrimi ve yayılışı Senozoyik'teki dağ oluşumları, geniş deniz çekilmeleri ve iklimsel değişikliklerle beraber açık düzlük habitatların evrimiyle ilişkili görünmektedir (Webb 1966, 1977). Orta Senozoyikten geç Senozoyik'e kadar artış gösteren kuraklık döngüleri, ormanlık alanlardan orman dışı biyomların, savanalardan steplere, çayırılıklara ve çöllere dönüşmesine neden olurken, yeni açık düzlükler, bu çevrelerdeki faunaya hızlı bir adaptasyon ve çeşitlenme fırsatı sunmuştur. Bu yeni çevreleri kullanan fauna, büyük sıçrayıcı herbivorlar (at, deve ve geviş getirenler), küçük yerleşik memeliler (su sıçanları, Geomyid türleri ve körfareler) ve İnsektivorlardır (köstebekler). Kazıcılık (Fossoriality) ve sıçrayıcılık, açık düzlük biyotasına adaptasyon sonucunda, Paleosen'in sonlarında ortaya çıkmıştır (Webb 1977). Ancak kemiricilerdeki muazzam miktardaki açık düzlük alanlara olan adaptasyon, sadece Miyosende evrimleşir (Nevo 1979).



Şekil 1.1 Toprak altında yaşayan kemiriciler (Begall et al. 2007).

Pliyosen-Pleyistosen döneminde, iklim koşullarının kurak hale gelmesi ile ormanlık alanlardaki azalma, çayırlıkların, step alanların ve çöllerin büyümesi olayları gerçekleşmiştir. Artan kuraklık ile büyük toynaklıların yok olmalarını, küçükten orta büyüklüğe kadar olan ve kuraklığa dayanıklı küçük memelilerin hayatta kalma savaşında başarılı olmaları izledi. Meydana gelen bu değişim, küçük memelilerden Pliyosendeki Critacidlerin ve Pleyistosendeki Spalacidler ile Ctenomyidlerin adaptif yayılışı ile sonuçlandı (Nevo 1979). Tünellerde yaşam şekli başlangıçta Eosen-Oligosende Cylirodontidae, Tsaganomyinae ve Bathyergidae familyalarında ortaya çıkarken, birbirinden bağımsız biçimde Miyosen ve Pliyosende, ikinci olarak Mylagulidae ile Geomyidae familyalarında ve üçüncü olarak da Spalacidae'de ortaya çıktı (Nevo 1979).

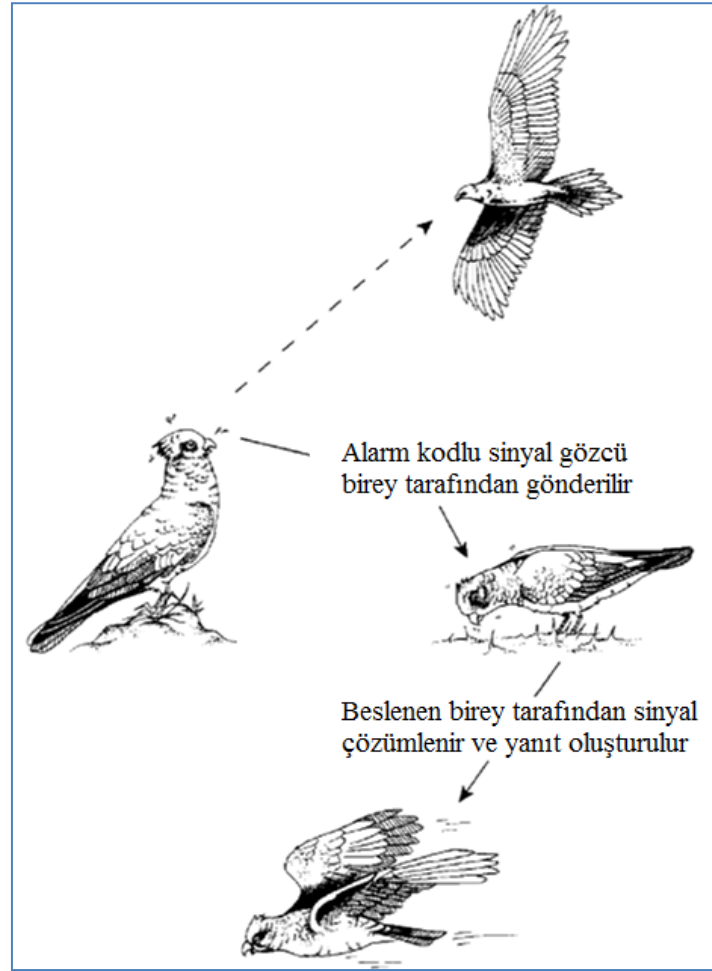
1.2 İLETİŞİM VE TİTREŞİM SİNYALLERİ

Kuşkusuz ki, canlılar arasında kullanılan iletişim sinyalleri, diğer bireyin davranışını değiştiren ve bu amaçla evrimleşmiş hareket veya yapılarıdır. Sinyal yapısının evrimleşmesinin yanında, buna bağlı olarak sinyali alan bireyin de davranışı evrimleşir (Davies et al. 2012). Dişi bireyleri cezp etmek için erkek bireylerde görülen kürk renklenmesi, erkek geyiklerin rakip bireyleri püskürtmek için çıkartmış oldukları kükreme benzeri sesler veya yeni doğmuş yavru bireylerin ebevyenlerinden yardım isteme sesleri iletişim sinyali olarak değerlendirilecek özelliklerdir. Bunların yanında, populasyon seviyesinde bakterilerin birlikte hareketini düzenleyen kimyasal salınım veya parlak renkli tırtılların avcılarını zehirli oldukları konusunda renkleriyle uyarması esnasında verilen görsel veya işitsel mesajların her biri özel bir sinyal olarak değerlendirilmelidir (Shapiro 1998, Reby and McComb 2003, Stevens et al. 2007).

1.2.1 Sinyalleşme

İletişim, bir bireyin bir takım tanımlayıcı sinyal göndermesi ve diğer bir bireyin de bu sinyali alarak sinyalin anlamını yorumlamasını gerektirir (Şekil 1.2). Kabaca bir tabirle, bir hayvanın sinyali alındığında davranışının değişeceği ve iletişimin en azından bir hayvan tarafından sinyalin alınıp yorumlandığında gerçekleşeceği söylenebilir. İletişim, genel olarak bir diğer bireyin davranışını, hiçbir fiziksel güç ve enerji harcamadan değiştirme yoludur (Rogers and Kaplan 2000). İçerik bakımından beş temel gruba ayrılan iletişim sinyallerinin birincisi **temas** sinyalleridir ve bu sinyaller sosyal gruplar içerisinde besin arama esnasında, bireyler arası

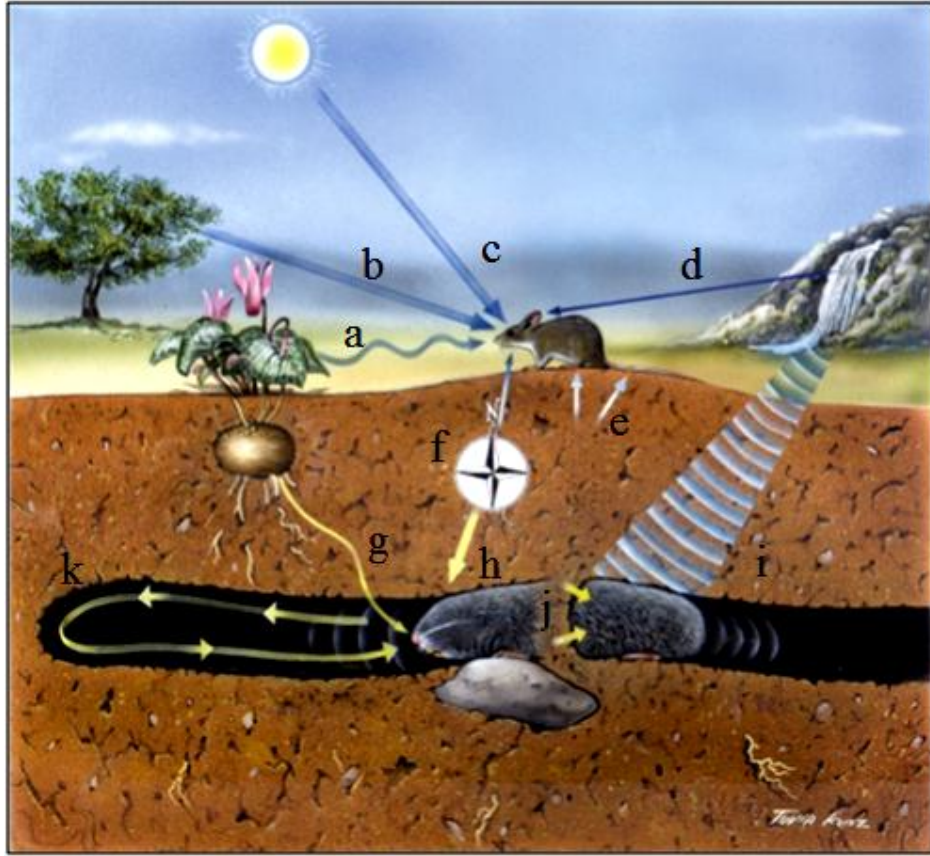
mesafeyi koordine etmede kullanılır. İletişim sinyal türlerinden ikincisi **saldırıcılık ve teritoryal** sinyalleri olup belirli bir alanın sahiplenilmiş olduğunu, bu alanın sınırları ve alan sahibinin kimliğini gösteren sinyallerdir. İletişim sinyallerinin üçüncüsü ise **çığlık** sinyalleridir ve bu sinyaller bir predatör veya baskın hayvan tarafından saldırıya uğrayan hayvan tarafından meydana getirilebilir. Bir sonraki sinyal türü ise **çiftleşme** sinyalleridir. Bu sinyaller, eşyelerin yer ve çiftleşmeye hazır olup olmadıkları bilgisini verir. İletişim sinyallerinin sonuncusu ise **uyarı** sinyalleridir. Bu sinyaller bir predatörün veya diğer tehlikenin varlığını belirtmede kullanılmaktadırlar (Bradbury and Vehrencamp 1998).



Şekil 1.2 Sinyalin gönderilmesi ve alınması. Sol taraftaki Kakadu papağanı havadaki kartalı görünce öterek uyarıcı kodlu bir sinyal gönderir. Bu sinyal, hava yolu ile yayılır ve yan taraftaki diğer papağan tarafından alınır. Sinyali alan birey mesajı hızlıca ayırt edip çözümler ve uçar. Bu esnada aynı mesajı alan yırtıcı, sinyali gönderen bireyi fark edip saldırıya geçebilir. Bir bireyin uyarıcı sinyaller göndermesi risklidir (Rogers and Kaplan 2000).

İletişim kanalları (Şekil 1.3), kimyasal, titreşim, görsel ve elektriksel olarak, yayılma şekilleri bakımından birbirinden ayrılırlar (Bradbury and Vehrencamp 1998). Titreşimler, hava (ses sinyalleri) veya toprak aracılığıyla (sismik sinyaller) ile iletilir. Katı ortamlarda sismik sinyaller uzak mesafelere yayılırlar (Narins et al. 1992, Randall and Lewis 1997, O'Connell-Rodwell et al. 2001). Toprak altı çevresi duyu yolları açısından kendine özgüdür. Tünellerin duvarları, kısa ses sinyallerinin (yüksek frekanslı seslerin) bozulup iletilmemesine yol açar ve bu yüzden bu dalgalar uzun (düşük frekanslı) dalgalardan daha fazla absorbe olurlar. 440 Hz' den daha düşük olan ses frekanslarının, tünel duvarlarından yansımaları nedeni ile yayılmaları daha zayıftır (Heth et al. 1986). Hava ile yayılan titreşimler kulak ile alınır. Kulak ile alınan frekans aralıkları, kulağın morfolojisi ile sınırlı olup, aynı zamanda düşük frekanslı olanlar (500 kHz) toprak altı ortamında daha iyi yayılır. Bu nedenle toprak altı ortamını kullanan canlılar düşük frekansları duymak için evrimleşmişlerdir (Heth et al. 1986, Brückmann and Burda 1997). Ses sinyallerinin iletişimde kısıtlı miktarda kullanıldığı (Heth et al. 1986, Nevo et al. 1987) kapalı tüneller içerisinde yaşayan toprak altı canlıları için, birçok davranışsal kanıt, sismik sinyalleşme kanallarının bu canlıların, çevrelerinde olup biteni anlamak için kullandığına işaret etmektedir (Eisenberg 1963, Kenagy 1973, Dewsbury et al. 1978, Howe 1978, Randall 1984, Ward and Randall 1987, Bennett and Jarvis 1988). Toprak altında yaşayan memelilerin (Şekil 1.3) çoğunluğu, toprak zemin sayesinde çevrelerine sismik sinyalleri gönderip alırlar ve bu yöntem oldukça ekonomik ve etkilidir (Rado et al. 1987, Narins et al. 1992, Randall 1993, 1994).

Toprak yolu ile yayılan sismik sinyaller ise canlılarda somatosensör sistemi veya kemik yolu iletimi ile alınırlar. Kulak morfolojisindeki özelleşmiş yapıların adaptasyonu, çok düşük sinyallerin alınmasını sağlar (Nevo et al. 1991, Begall et al. 2007). Genellikle memelilerin iç kulağına ulaşan rotadaki sinyal iletimi, kemik yolu ile iletim olarak adlandırılan bir yöntemdir. Bu yol, kafatası kemikleri ile iç kulağa ulaşan doğrudan bir rotadır. Bu rotanın kullanıldığı körfareler, çevrelerinde meydana gelen sismik sinyalleri, tünel zeminine dayadıkları alt çenelerinden orta kulaktaki örs kemiğine ulaşan bir sistem ile algılamaktadırlar (Rado et al. 1987, Rado et al. 1989). Kimchi et al. (2005) ise körfarelerin sinyallerinin kemik iletimi ile değil de somatosensör sistem ile alındığını savunmaktadır. Yılanlarda ise, toprak zeminde yayılan titreşim sinyalleri, mandibulanın yere temas etmesi sayesinde algılanabilmektedir. Sinyallerin mandibuladan üzengi kemiğine, oradan da iç kulağa iletiildiği raporlarda yer almaktadır (Young 2010). Sürüngenlerin birçoğunun vücudu zemin ile temas etmektedir ve bu hayvanlardaki titreşim sinyallerini algılama yöntemlerinden biri de derideki



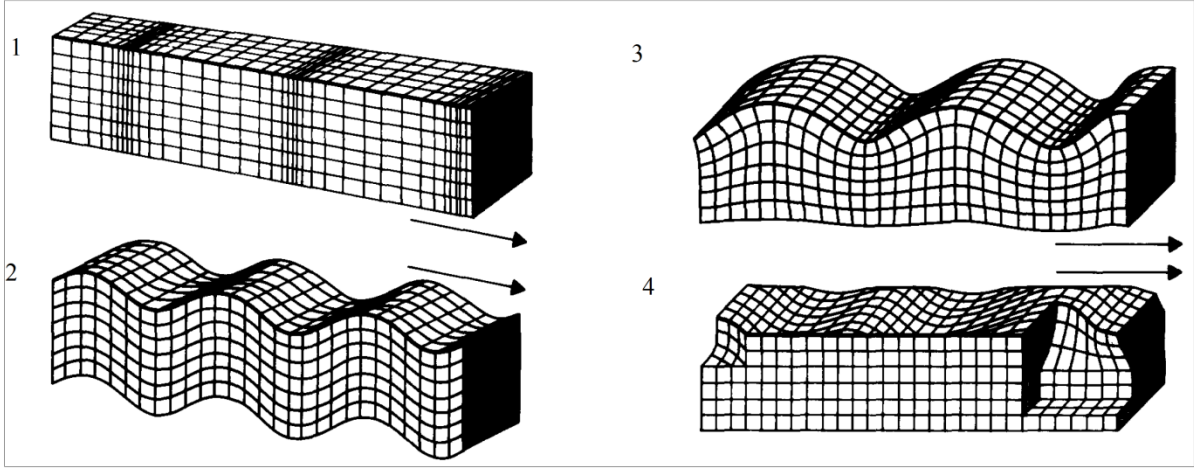
Şekil 1.3 Duyu kanallarının karşılaştırılması toprak üstü türlerinin kullandığı duyu kanalları: a) koku işaretleri, b) yer işaretleri, c) görsel işaretler, d) hava kaynaklı işaretler, e) vücut yüzeyi tarafından algılanan işaretler (kuyruk, ayaklar), f) doğal jeomanyetik alan işaretleri. Toprak altı memelileri ise, g) lokal koku ipuçları, h) doğal jeomanyetik alan ipuçları, i) sismik işaretler (örneğin şaleden gelen), j) tüm vücut yüzeyi ile algılanan işaretler, k) yakın mesafede etkili olan tünel içerisindeki hava akımı da dahil olmak üzere altı çeşittir. Çizgilerin kalınlığı canlı için bu kanalların önemini göstermekle beraber daha kalın olanlar daha önemli anlamındadır (Kimchi and Terkel 2002).

mekanoreseptörler olabilmektedir (Proske 1969). Eklem ve ligamentler gibi iskelet elemanları ile bağlantılı olan mekanoreseptörler, titreşimlerin zeminden iç kulağa iletildikleri bir başka yoldur (Hunt 1961, Gregory et al. 1986). Basınç reseptörleri olan lamellat hücre demetlerine sahip pasini cisimciklerinin, titreşimleri ayaklardan bacak ve omuzlara, oradan da iç kulak boşluğuna iletebiliyor oldukları bazı plasentalı memeliler için tahmin edilmektedir (Hunt 1961, Bouley 2007). Küçük kanguruların da (*Thylogale billarierii*) ayaklarında, pasini cisimciklerine benzer yapılar bulunmaktadır (Gregory et al. 1986). Fillerin de ayakları muhtemel olarak zemindeki titreşimleri algılamaya yarayan pasini cisimcikleri açısından zengindir (Bouley 2007). Bununla birlikte, Asya fillerinin gövdeleri de benzer amaçlar için kullanıldığı düşünülen pasini ve meisner cisimcikleri bakımından oldukça zengindir

(Rasmussen and Munger 1996). Toprak altı memelilerinde iletişim amaçlı kullanılan titreşimler, alternatif bir haberleşme yolu olmasının (Reichman and Smith 1990) yanında, birçok memelideki sismik iletişim, farklı şekillerde birbirinden bağımsız olarak ortaya çıkmış, önemli ve çeşitli bir iletişim davranışı olup, ortaya çıkmış olan her bir sismik iletişim metodunun evrimsel yolu bilinmemektedir (Randall 2014).

1.2.2 Titreşim sinyalleri nasıl yayılır?

Bir ortam üzerinde (su, toprak, bitki) oluşturulan titreşimler, hız, dalganın yayılma yönü ve titreşimlerin yayılma esnasındaki enerji kaybı gibi değişkenler bakımından ortam özelliğine göre farklılıklar göstermektedir (Drosopoulos and Claridge 2005). Örneğin; kum zemin ortamında, Rayleigh dalgaları düşük hızlarda olsa bile az miktarda enerji kaybı ile yayılabilir (Brownell and van Hemmen 2001), bitkilerde de Bending dalgaları yine düşük hızlarda yayılabilme özelliği gösterirler (Miles et al. 2001). Su yüzeyinde ise titreşimler çok yavaş hızlarda olsalar bile yine de yayılabilirler. Enerji kaybı su ortamında, bitki ve toprak zemindeki kayıptan daha az miktarda gerçekleşir (Huber and Markl 1983). Şekil 1.4'te gösterilen esnek katılardaki dalga tipleri canlıların sismik iletişimleri esnasında kullandıkları dalga tiplerini özetler ve 4 şekilde incelenebilir (Aicher and Tautz 1990): **1) Partiküllerin hareket vektörleri Sıkışma, boyuna veya P dalgalarında** yayılma dalgaya paraleldir (Şekil 1.4'deki 1 ile gösterilen bölüm). **2) Kayma, dikey veya S dalgaları:** Partiküllere ait hareket vektörleri, dalganın yayılmasına dik yöndedir (Şekil 1.4.'deki 2 ile gösterilen bölüm). **3) Yüzey dalgaları:** Bu dalgalar, bir katı içerisindeki iki ortam veya katmanın sınırları boyunca enerji transferi olduğunda görülür (Şekil 1.4.'deki 3 ile gösterilen bölüm.) **4) L dalgaları:** Eğer partikül hareketleri, yüzeydeki bir düzlem içinde, vektöre veya yayılma hızına dik ise bu tür dalgalara da love dalgaları denir. (Şekil 1.4'teki 4 ile gösterilen bölüm). Aicher and Tautz (1990), O'Connell et al. (1997) ve Lewis and Narins (1985) Rayleigh dalgalarının sinyal iletiminde kullanıldıklarını bildirmişlerdir (Şekil 1.4, 3 numaralı kısım).



1.4 Esnek katılardaki partiküllerin hareketleri (Aicher and Tautz 1990).

1.2.3 Omurgalılarda Titreşimler nasıl ve niçin oluşturulur?

Ritmik vurma hareketleri, canlının ayakları ile bir zemine veya cisme art arda vurması olarak tanımlanmaktadır (Barrows 2001). Titreşime duyarlı olan çok sayıda omurgalı türü (Hartline 1971) vücutlarının bir kısmını sert bir substrata ritmik bir şekilde vurarak titreşimler meydana getirirler (Narins et al. 1992, Randall 1993, 1994). Hayvanlar oluşturmuş oldukları titreşimleri, bulabildikleri ortamlar ile yayarlar ki bu ortam çoğunlukla topraktır. Karasal omurgalıların kullanmış oldukları titreşimlerin yayılmasında kullandıkları ortam olan toprak, kumdan kile kadar değişik özelliklerde olabilmektedir. Ortamın özelliğine göre sinyal hızı ve tipi değişebilmektedir (Hill 2008).

Genel olarak memeliler ön ve arka ayaklarını ya da başlarını bir substrata vurarak titreşim oluşturabilmektedirler. Buradaki substrat, genellikle toprak olup, dağ gorillerinde olduğu gibi bazen hayvanın vücudunu vurmuş olduğu bölüm ağaç gövdeleri de olabilir (Randall 2001, 2010).

Toprak altı yaşamına uyum sağlamış Bathyergidae familyasında yer alan körfareler tüneller içinde kendi türdeşleri ile iletişim kurmak amacıyla ayakları ile ritmik vurma hareketi yaparlar (Mason and Narins 2001). Kanguru sıçanları (*Dipodomys microps*), *D. deserti*, *D. spectabilis*, bazı Meriam Gerbilleri (*Meriones tristrami*), Mongol gerbilleri (*Meriones unguiculatus*) ve Odun sıçanları (*Neotoma albigula*), *N. mexicana*, *N. stephensi* ile Bathyergidae familyasından *Georchus capensis* arka ayakları ile yere vurarak ritmik vurma hareketleri oluştururlar (Eisenberg 1963, Kenagy 1973, 1976, Dewsbury et al. 1978, Howe

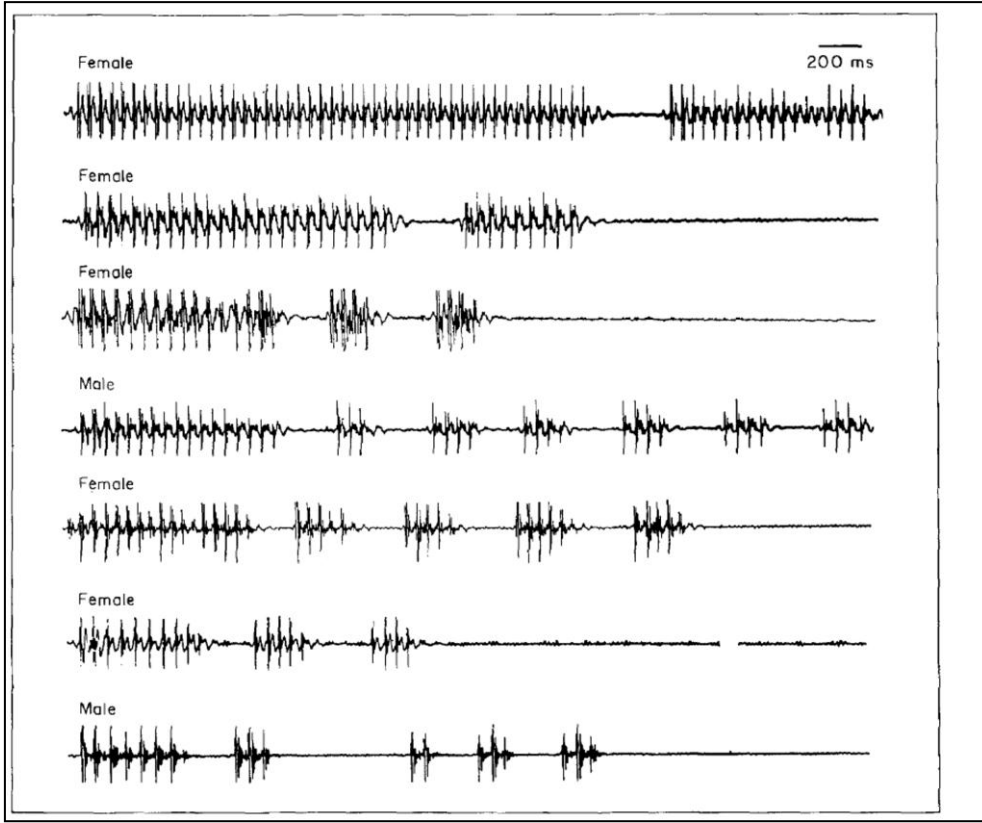
1978, Randall and Stevens 1987, Ward and Randall 1987, Bennett and Jarvis 1988). Büyük keseliler ise arka ayaklarını bir veya birkaç kez yere vurarak titreşim sinyalleri oluştururlar (Rose et al. 2006).

Microtus pyraneicus ise dişlerle ritmik vurma hareketleri yapılmaktadır (Giannoni et al. 1997). Titreşim oluşturma düzeni, birkaç kez ayaklardan birini yere vurma şeklinde olabilirken seri bir şekilde tekrarlayan vuruşlar şeklinde de olabilir. Toynaklılar gibi daha büyük memelilerde ise sadece ayağı bir kez yere vurma hareketi görülür. Bu canlılar kaldırmış oldukları ön ayaklarını ani bir şekilde bir veya birkaç kez yere vururlar (Caro et al. 2004). Rhyzomyidae'deki *Tachyoryctes* (Hrouzková et al. 2013) ve Spalacidae'deki *Nannospalax ehrenbergi* (Heth et al. 1987, Rado et al. 1987) başını tünel duvarlarına vurarak titreşim oluştururlar.

Bathyergidae familyasından Afrika körfaresindeki (*Georychus capensis*) ayaklarını yere ritimli bir şekilde vurarak meydana getirdiği ritmik vurma davranışının sebebinin tünelin bir sahibinin olduğunu diğer bireylere duyurmak, eşey ve üreme koşulu ile ilgili bilgi vermek amaçlı olduğu önerilmiştir (Bennett and Jarvis 1988). Ayak ile oluşturulan ritmik vurma hareketleri, bayrak kuyruklu kanguru ratlarında tür içi iletişim ve predatörlere karşı savunma amacıyla kullanılmaktadır (Randall 1984, Randall and Stevens 1987, Ward and Randall 1987). Soliter bir canlı olan *Bathyergus*, sismik sinyalleri teritoryal amaçlı olarak kullanmaktadır (Jarvis and Bennett 1991). Sosyal bir tür olan *Fucomys damarensis* ise sismik sinyalleşmeyi eşeyssel davranışları koordine etmede kullanırken, *F. mechowii* sismik sinyalleşmeyi saldırganlık göstergesi olarak kullanır (Jarvis and Bennett 1991). İsrail körfareleri de bu sinyalleşmeyi teritoryal amaçlı olarak kullanılmaktadırlar (Heth et al. 1987, Rado et al. 1987).

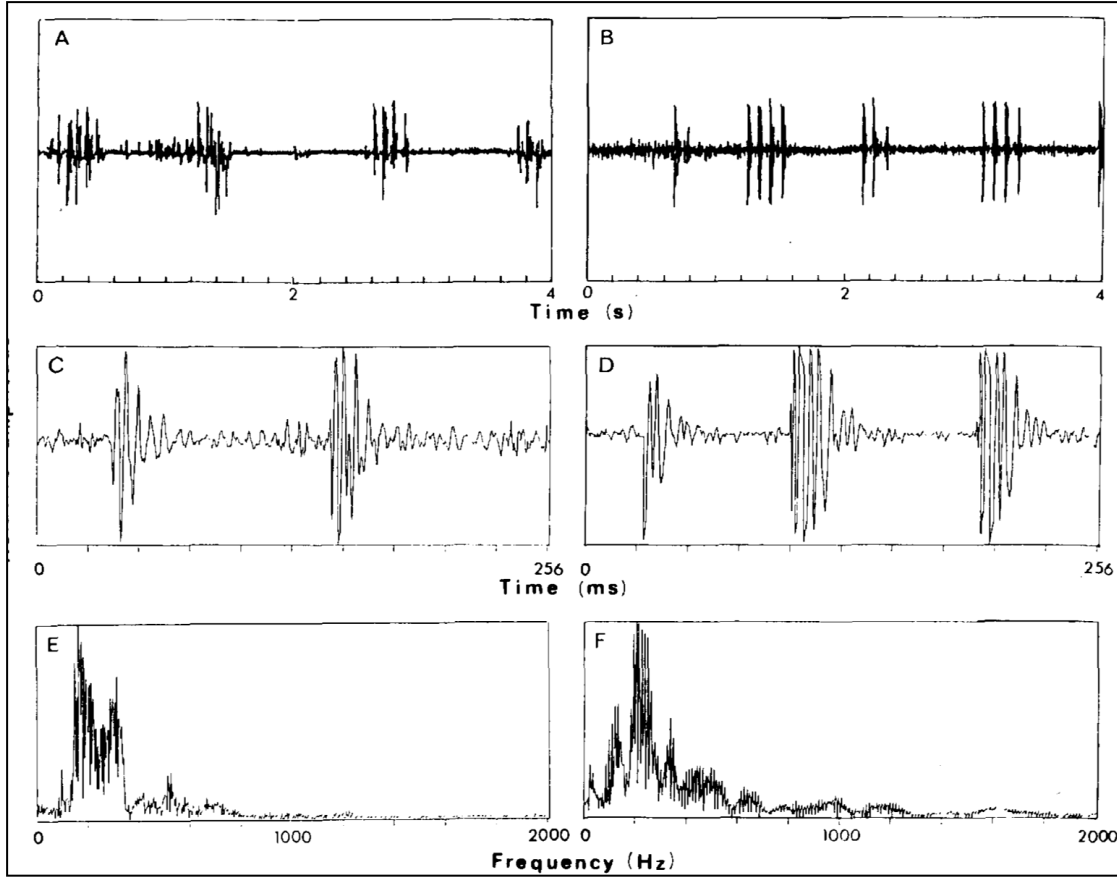
1.2.4 Ritmik vurma hareketlerinin değerlendirilmesi

Laboratuvar ortamında ritmik vurma davranışını gösteren bireylerden elde edilen ses kayıtları, bireyler, popülasyonlar veya türler arasındaki sismik sinyal yapılarının karşılaştırılmalarında (Şekil 1.5 ve 1.6) kullanışlı bir yöntemdir (Heth et al. 1987, Randall 1989, Heth et al. 1991).



Şekil 1.5 Dipodomys'teki (Kanguru sıçanı) ritmik vurma davranışı ile oluşan sinyallerine ait osilogram (Randall 1989). Şekilde ses kayıtlarından elde edilen, yedi bireye ait ritmik vurma örüntüsü verilmiştir. Aynı lokaliteden,, birbirlerine komşu olan bireylerin yularının uzaklıkları 2 ile 42m arasında değişkenlik göstermektedir ve bu şekil ile birbirlerine komşu olan bireylerin kendilerine özgü ritmik vurma örüntüsü birbirleri ile karşılaştırılmıştır (Randall 1989).

Ses kayıtlarının analiz edilmesi ile sinyallerin uzunluğu ve sıklığı gibi bilgiler, veri olarak kullanılırken, sesin frekansı veya gücü, analizlere katılmayıp sinyaller yalnızca şekilsel olarak değerlendirilirler. Diğer taraftan, jeofonlar ile elde edilen kayıtlar ile de canlının ritmik vurma hareketleri sonucunda toprakta meydana getirmiş olduğu titreşimlere ait frekans, genlik ve şiddet gibi sinyal özellikleri belirlenir (Heth et al. 1987, Rado et al. 1987, Kimchi and Terkel 2002, 2003, Kimchi et al. 2005). Örneğin, kemancı yengeci, 350 Hz sismik sinyaller üretir ve sinyallerin kumdaki hızı 12 m/s büyüklüğündedir (Aicher and Tautz 1990). Amfibilerde 20-70 Hz bandında sismik sinyaller meydana getirilir (Lewis et al. 2001). Körfareler ise 300 Hz altında sinyaller meydana getirmektedir (Heth et al. 1987, Rado et al. 1987, Bronchti et al. 1989).



Şekil 1.6 Körfare sinyallerinin arazi ve laboratuvar ortamlarında karşılaştırılmaları (Rado et al. 1987). Sol taraftaki sütunda doğal ortamdaki sinyal kayıtları yer alırken (A,C,E) sağ tarafta ise laboratuvar çalışmalarında mikروفon ve jeofonlar ile elde edilen kayıtlar bulunmaktadır. A ve B bölmesinde, bir bireye ait sinyallerin, mikروفon ile kaydedilerek elde edilen osilogramı yer almaktadır. C ve D, jeofonlar ile alınan sinyallerin zaman aralığını göstermektedir. E ve F ise Sismik sinyallerin spektrum yoğunluğunu göstermektedir (Rado et al. 1987).

Canlının ritmik vurma davranışı mevsimsel, eşeyssel veya türe özgü olması açısından varyasyonlu olabilirler (Randall 1989, Heth et al. 1991, Mason and Narins 2001) veya saldırgan karşılaşmalar esnasında ortaya çıkabilir (Randall and Stevens 1987, Giannoni et al. 1997).

1.3 KÖRFARELERDE SİSMİK İLETİŞİM

Körfareler, toprak üstündeki türler ile karşılaştırıldığında, sismik sinyalleşme ile ilgili çalışmaların yapıldığı ilk toprak altı organizmasıdır (Rado et al. 1987). Yine aynı çalışma ile, körfarelerin, sismik sinyallerini meydana getirmeleri açısından hem arazi hem de laboratuvar

çalışmaları esnasındaki elde edilen kayıtlar karşılaştırıldığında benzer davrandıkları tespit edilmiştir.



Şekil 1.7 Sismik sinyallerin kullanımı. Körfarelerde, hayvanın başı ile oluşturmuş olduğu 4/s aralıklı sismik sinyaller, tür içi uzun mesafeli iletişim ve yön tayini amaçlı kullanılmaktadır. İki körfare arasındaki sismik iletişimde gönderici birey, başını tünel duvarına vurarak sinyal oluştururken alıcı birey ise tünel tabanına dayadığı alt çenesi ile titreşimleri duymaktadır (Sol üst). Aynı zamanda körfareler, başları ile oluşturmuş oldukları sismik sinyallerden kendilerine geri yansıyan titreşimleri kullanarak çeşitli engellerin yerlerini ve çeşitlerini belirlemekle beraber (Sağ alt), derinliği de algılayarak tünel kazma esnasında yüzeye olan mesafeyi korurlar (Sağ üst) (Kimchi and Terkel 2002).

Körfareler (*Nannospalax ehrenbergi*) uzun mesafelerde iletişim için titreşimi (Şekil 1.7) kullanmaktadırlar (Rado et al. 1987, Nevo 1991). *N. ehrenbergi* yüksek derecede soliterdir, saldırgan ve çiftleşme döneminin dışında, nadiren birbirlerinin tünellerinde bulunurlar . *Nannospalax* ritmik vurma hareketleri sonucunda oluşan sinyallerin ses bileşenlerini kısa mesafelerden duyabilmektedir fakat bu körfareler çoğunlukla titreşime karşılık vermektedirler (Nevo 1961). Titreşim enerjisinin çoğunluğu 300 Hz'in altında yoğunlaşmakla beraber ana frekans aralığı 100 Hz civarındadır (Heth et al. 1987, Rado et al. 1987, Bronchti et al. 1989). İsrail körfareleri ile yapılan laboratuvar koşullarındaki çalışmalarda 40 mm çapındaki tünellerde bireyler karşılaştırılmıştır (Rado et al. 1987). Bu karşılaştırmalarda iki birey

birbirlerine tünel içerisinde yaklaştırılarak veya bir başka hayvana ait titreşim kaydı dinletilerek hayvanın titreşim yapmaya başlaması sağlanmıştır. *N. xanthodon* da bireylerin plastik tünel içerisinde karşılaştırması yoluyla kayıtlar alınmıştır (Çolak et al. 2010). İsrail körfarelerinde, sismik iletişim sinyallerinin, 4 türde farklı yapı ve özellikler gösterdiği saptanmıştır (Nevo et al. 1991). Ayrıca, Rado et al. (1987), laboratuvar koşullarındaki ve doğadaki bireyler ile deneyi gerçekleştiren araştırmacıların parmaklarıyla hayvana yakın bir zemine vurduğunda veya elleriyle hayvana ait ritmik vurma hareketlerini taklit ettiklerinde körfarelerin bu etkilere ritmik vurma hareketi ile tepki verdiğini göstermiştir.

1.4 TÜRKİYE KÖRFARELERİ VE SİSMİK İLETİŞİMLERİ

Körfareler tarım alanlarına verdiği zararlar nedeniyle insanlar tarafından iyi tanınan bir türdür ve tamamen toprak altında yaşarlar. Genel görünüşü silindirik ve köstebeğimsi bir (Yiğit et al 2006) yapıdadır. Ancak köstebeklerde, ön üyelerle toprak kazılırken körfarelerde bu işlem dişlerle yapılır (Nowak 1999, Yiğit et al. 2006). Uzun bir vücut ve çok kısa ayaklar tünellerde süren bir toprak altı yaşamına adaptasyonu göstermektedir (Harrison and Bates 1991, Nowak 1999, Yiğit et al. 2006). Göz açıklıkları, kuyrukları ve kulak kepçeleri olmayıp deniz seviyesinden 2900m yüksekliğe kadar kazılmaya uygun her çeşit toprak alanlarda yaşarlar (Sözen 2005, Yiğit et al. 2006). Ormanlık ve bataklık alanlardan uzak durmaktadırlar (Sözen 2005). Çiftçilerin mücadelesi, sulama faaliyetleri ve su taşkınlarıyla körfare sayısı, özellikle tarım alanlarında gittikçe azalmaktadır. Öte yandan erozyon bazı alanlarda bu canlıların yaşam alanlarını tahrip etmekte, bazı alanlardaki yapılaşmalar yine bu canlıların yaşam alanlarını sınırlamaktadır (Yiğit et al. 2006, Sözen 2005).

Spalacidae familyasına ait olan körfareler Güneydoğu Avrupa, Anadolu, Kafkasya, Transkafkasya, Ukrayna, Ermenistan, Suriye, Filistin, İsrail, Irak, Ürdün ve Kuzey Afrika'da yayılış göstermektedir (Topachevskii 1969, Corbet 1978, Savic and Nevo 1989). Türkiye'de yayılış gösteren *Nannospalax*'ın taksonomisini aydınlatmaya yönelik çalışmalar esnasında sadece morfolojik özelliklerin değerlendirilmesi sonucunda üç morfolojik türün varlığı saptanmış (Kryštufek and Vohrářk 2009, Kıvanç 1988) ve daha sonraki çalışmalarda ise mitokondri DNA yaklaşımları ile de dört farklı kladın (*vasvarii*, *leucodon*, *xanthodon* ve *ehrenbergi*) olduğu bulunmuştur (Hadid et al. 2012). Diğer taraftan en son yapılan taksonomik değerlendirmeye göre de Anadolu'da beş farklı klad (*leucodon*, *labaumai*, *xanthodon*, *nehringi* ve *ehrenbergi*) olduğu önerilmiştir (Kankılıç and Gürpınar 2014). *N.*

leucodon Trakya'da, *N. nehringi* Güneydoğu Anadolu hariç Anadolu'nun orta ve doğu kısımlarında ve *N. ehrenbergi* başlıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesinin doğusunda yayılış göstermektedir. *N. labaumai* ise İç Anadolu'da yayılış göstermektedir. Bu kladlardan *N. xanthodon*'un dünyadaki yayılışı büyük ölçüde Türkiye ile sınırlıdır (Sözen et al. 2006). *N. leucodon*'un yayılışı ise sadece Trakya bölgesindedir (Wilson and Reeder 1993, Nowak 1999, Yiğit et al. 2006, Kankilic and Gürpınar 2014). *Nannospalax*'ın yayılış gösterdiği alanlar içinde karyolojik olarak en fazla çeşitlilik gösteren alan Türkiye'dir ve şu zamana kadar tek başına 30'dan fazla sitotip içermektedir (Sözen et al. 2006, Yiğit et al. 2006, Kandemir et al. 2012, Matur et al. 2013, Sözen et al. 2013, Arslan and Zima 2014). Türkiye'deki bu sitotipler alel içerikleri ve genetik mesafe bakımından oldukça farklıdır ve ayrı taksonlar veya iyi biyolojik türler olarak görünmektedirler (Nevo et al. 1995). Nevo et al. (2001) İsrail körfarelerinin her bir sitotipinin ayrı iyi biyolojik türler olduğu savunmaktadır. Sitokrom *b* dizilerinin çalışılmasının yanında morfolojik çalışmalar da Türkiye körfareleri için her bir sitotipin ayrı filogenetik ağaçlarda ayrı dallarda yer almaktadır (Kandemir et al., 2012; Kryštufek et al., 2012, Kankılıç and Gürpınar 2014). Türkiye'deki körfarelerin taksonomilerinin aydınlatılması için morfolojik ve moleküler çalışmalar devam ederken elde edilen verilere davranışsal açıdan bir yaklaşım günümüze kadar değerlendirilmemiştir. Bu çalışma ile, iletişim davranışı için kullanılan sismik sinyaller sinyalleri farklı sitotipler arasında değerlendirilerek davranışsal izolasyonun olup olmadığı test edilecek, aynı zamanda körfare sismik sinyallerinin değişiminden sorumlu faktörlerin kromozomal düzenlemelerin yanında ekolojik faktörlerin de olup olmadığı irdelenecektir.

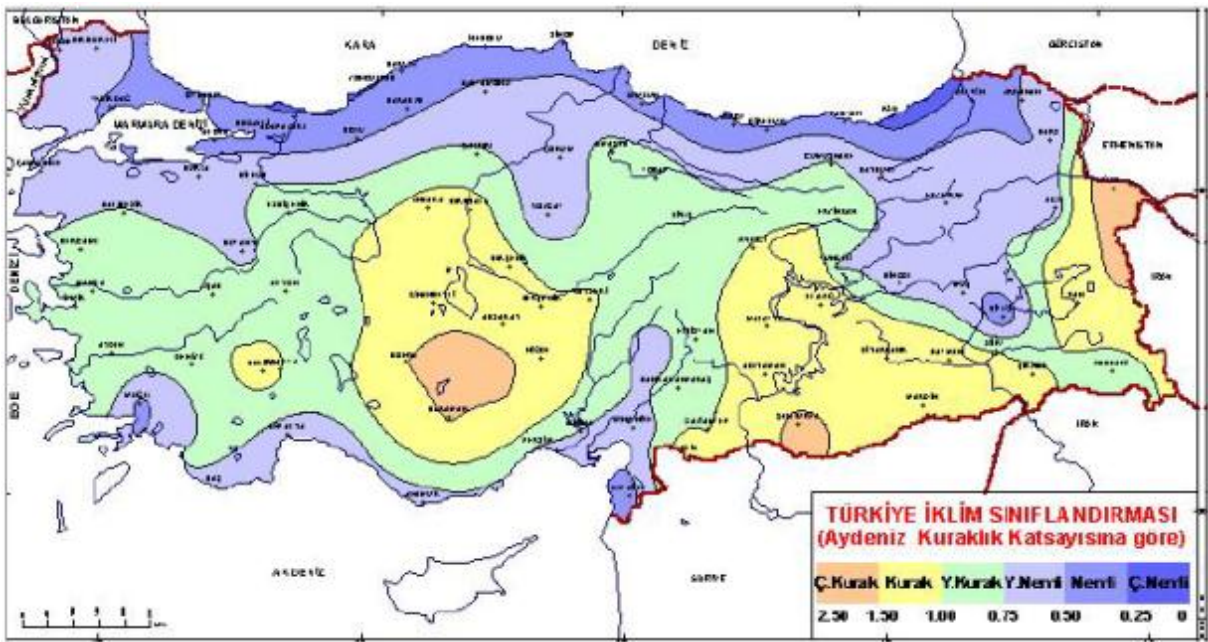
Duyu sistemlerinin, filogenetik olarak taksonlar arasında ele alınması, iletişim sistemlerindeki evrimin anlaşılması açısından oldukça kullanışlıdır (Chittka 1996, Briscoe 1998, Oakley and Cunningham 2002). Örneğin, arılardaki UV renklere olan duyarlılığın evrimi ile ilgili olarak, görsel sinyallerin alınmasından sorumlu olan gözün, ontogenisi hakkındaki detaylı bilgi omurgasız taksonları arasındaki filogenetik bir karşılaştırma ile mümkün olmuştur (Chittka 1996). Diğer taraftan *Papilio*'daki iki türün (*P. aegaeus*, *P. glaucus*), ışık hassasiyetleri farklı spektrumlar arasında birbirinden farklı olarak değişebilmektedir (Briscoe 1998). Eklembacaklıların petek göz yapısının kökeninin anlaşılmasında yine filogenetik metodlar kullanılmıştır (Oakley and Cunningham 2002). Allopatrik türleşme gösteren 3 kanguru sıçanında (*Dipodomys ingens*, *D. deserti*, *D. spectabilis*), ayaklar ile yapılan ritmik vurma hareketleri ile oluşan sinyaller yapısal olarak farklılıklar göstermektedir (Randall 1997). İsrail körfarelerinde ise farklı sitotiplerdeki ritmik vurma hareketleri esnasında meydana getirilen

sismik sinyaller açısından farklılıklar bulunmaktadır (Nevo et al. 1991). Ritmik vurma davranışını iletişimde kullanan omurgalılardan olan küçük memelilerin laboratuvar ortamında meydana getirdikleri ritmik vurma davranışları esnasında elde edilen ses kayıtları bireylerin sismik sinyal yapılarının karşılaştırılmalarında kullanışlı bir yöntemdir (Heth et al. 1987, Randall 1989, Heth et al. 1991). Bu yöntem ile eşeyler, populasyonlar hatta türler arasında iletişim sinyallerinin farklılıklar taşıyıp taşımadığı ortaya çıkartılabilmektedir. Türkiye'deki *Nannospalax*'ların sismik sinyalleşme özellikleri bu yöntem kullanılarak önce sabit karakter olup olmadığı incelenecek daha sonra da sinyal karakterlerinin eşeyler arasında farklı olup olmadığı test edilecektir.

Bir sonraki test edilecek hipotez ise sinyalleşmenin kromozomal varyasyon ile bağlantılı olup olmadığıdır ve bu testler esnasında filogenetik bir yaklaşım ele alınacaktır. Böylelikle sitotipler arasında sinyal yapısı ele alınarak, sitotip farklılaşmasının sismik sinyalizasyona katkısı araştırılacaktır. Tür içi varyasyonları anlamak önemlidir çünkü bu evrimin ham materyalidir (Mather 1998). Karyolojik analizlerin sonucu $2n = 60$ sitotipinin Türkiye'deki körfarelerin atası olduğuna işaret etmektedir (Matur et al. 2013). Bu sitotip, yayılış alanı en geniş olan sitotiptir. Sözü edilen sitotipin çok sayıda NF varyasyonu bulunmaktadır ve bunlar NF 74, 76, 78,80 ve 82 olmak üzere 5 farklı tiptedir (Matur and Sözen 2005, Sözen et al. 2006, Yiğit et al. 2006, Kryštufek et al. 2012, Matur et al. 2013). Anadolu körfarelerinin iletişim sinyallerinin evriminin araştırılmasında, atasal olan $2n = 60$ sitotipinin çalışılması daha açıklayıcı olacaktır. Bu nedenle de diğer sitotiplerin evriminde atasal olan bir sitotipteki varyasyonları anlamak diğer sitotiplerdeki varyasyonu açıklama sürecinde bir köşe taşıdır. Sitotipler arasında ve daha sonra da sitotip içerisindeki NF varyasyonları arasında yapılacak değerlendirmeler ile kromozomal varyasyonun sinyalizasyon değişimine etkisi olup olmadığı aydınlatılacaktır.

Farklı toprak çevresel koşullar sinyalleri değişik biçimde ileticeği için sinyal yayılımında çevrenin rolü önemlidir (Elias et al. 2004, Hebets 2008, Hill 2008, Elias et al. 2010). Sinyalizasyon değişimine etki edecek aday faktörlerden biri de ekolojidir. Habitat, sinyal iletim özelliklerindeki farklılıklar nedeni ile sinyal özellikleri ve tercihler açısından ayırıcı seleksiyona neden olabilir (Rosenzweig 1987, Marchetti 1993, Endler and Basolo 1998, Boughman 2002). Rosenzweig (1987) türleşme ve adaptasyon sürecinde habitat seçiminin önemine vurgu yapmaktadır. Belirli bir çevreye özelleşme, türleşmeyi artırır ve teorik olarak türleşmeye neden olan coğrafik gradientler ile izolasyon birlikte davranışsal genetik

fenotiplerin parapatrik dağılışında özelleşmeye neden olur (Nevo 1991). (Levins 1962), mekansal heterojenliğin habitata özel canlılar ürettiği sonucuna varmıştır. Orr and Smith (1998), türleşme ve adaptasyon süreçlerinde habitat seçiminin temel önem taşıdığını belirtmiştir. Türkiye'de yayılış gösteren körfarelerin habitatları da sitotip çeşitliliğinde olduğu gibi heterojen bir yapıdadır. Örneğin toprak tipleri balçık ve kumlu özellikler arasında değişirken iklim tipi ise nemliden kurak iklime kadar dereceli olarak değişmektedir (Şekil 1.8, Aydeniz iklim sınıflandırması). Türkiye *Nannospalax*'larının toprak tipi ve iklim tipi açısından farklı habitatlarda yayılış gösteren bireylere ait sinyaller ekolojinin körfare sinyalizasyonuna bir katkısı olup olmadığının aydınlatılması için kullanılacaktır.



Şekil 1.8 Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'deki iklim tipleri (Sensoy 2008).

Sismik sinyalleşmeleri kullanan omurgalı ve omurgasız canlılarda, sismik algılayıcılar ile canlının zemin üzerinde veya bulunmuş olduğu ortam üzerinde meydana getirmiş olduğu titreşimler genlik, frekans ve güç gibi özellikler açısından değerlendirilirler (Randall 2001, Kimchi et al. 2005, Hill 2009, Randall 2010). Örneğin, kemancı yengeci 350 Hz sismik sinyaller üretir ve sinyallerin kumdaki hızı 12 m/s büyüklüğündedir (Aicher and Tautz 1990). Amfibilerde 20-70 Hz bandında sismik sinyaller meydana getirilir (Lewis et al. 2001). İsrail körfareleri ile yapılan çalışmalarda ise sismik sinyallerin 300 Hz altında olduğu saptanmıştır (Heth et al. 1987, Rado et al. 1987, Bronchti et al. 1989). Bu çalışma ile ilk defa, Türkiye

körfarelerine ait sismik sinyallerin frekans, genlik ve hız gibi özelliklerinin yanında körfare sinyallerinin ulaşılmış olduğu mesafe de jeofiziksel yöntemler kullanılarak incelenecektir..

Son olarak da sismik sinyalleşmenin tüm bireyler tarafından gerçekleştirilen bir karakter olup olmadığı sorusuna cevap aranacaktır. Çünkü bazı davranışlar açısından, popülasyon içerisinde yer alan bireysel farklılıklar, hayvan mizacı kavramı ile açıklanmaktadır ve bir başka davranış ile de korelasyonlu olabilirler (Gosling 2001). Ritmik vurma davranışı ile saldırganlık davranışı birlikte İsrail körfarelerinin biyolojisini şekillendiren güçler olduğu öne sürülmüştür (Nevo 1986, Heth et al. 1987). Her ne kadar İsrail körfareleri ile yapılan çalışmalarda saldırganlık davranışı esnasında ritmik vurma davranışlarının da gözlemlendiği öne sürülse (Nevo 1986a)'de bu iki davranışa ait ilişkinin irdelendiği bir çalışma yoktur ve

Türkiye'deki körfareler için geçerliliği olup olmadığı bilinmemektedir. Ayrıca Popülasyon içindeki tüm bireylerin sismik sinyalleri oluşturmak açısından bireysel varyasyon gösterip göstermediği diğer bir deyişle tüm bireylerin ritmik vuruş davranışı gösterip göstermediği bilinmemektedir. Bu nedenle de sinyalizasyon kayıtlarının yapıldığı laboratuvar çalışmaları esnasında hayvana ait davranışlar gözlemlenerek bir davranış veri seti oluşturulmuş ve sismik sinyal oluşturan bireyler karakterize edilmişleridir.

Bu çalışmada körfarelere ait sismik sinyallerin değerlendirilmesi için iki farklı yaklaşım ele alınacaktır. İlki körfarelerin ürettikleri sinyallerin laboratuvar arazide kayıtları alınarak sinyal yapılarının fiziksel özelliklerini incelemek. Diğeri ise ritmik vurma davranışı sonucunda meydana gelen sismik sinyallerin laboratuvar ortamında mikrofonlar ile kaydedilmesi yoluyla elde edilen verilerin değerlendirilmesini içermektedir. Elde edilen verilerden, üretilen sinyallerin her zaman aynı nitelikte olup olmadığı, bir popülasyonda bireyler arasında fark olup olmadığı, eşeyssel farklılık gösterip göstermediği, bu sinyallere ekolojik faktörlerin etki edip etmediği, körfarelerin ayırımında kullanılan NF ve 2n gibi varyasyonların sismik sinyal farklılaşmasında da ayırıcı özellikler gösterip göstermediği dolayısıyla türleşmeye katkı sağlayıp sağlamadığı test edilecektir. Ayrıca ritmik vurma davranışının saldırganlık ile ilişkili olup olmadığı incelenecektir.

BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1 ÖRNEK TOPLAMA VE HAYVAN BAKIMI

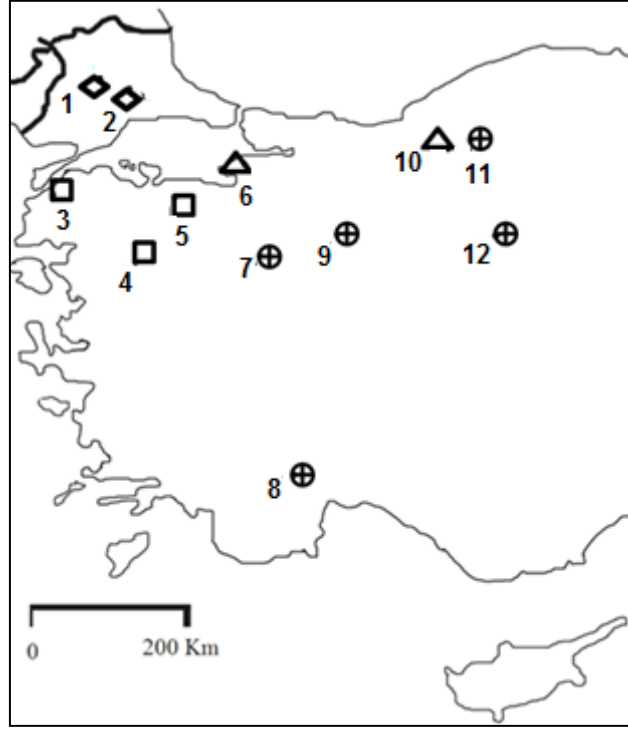
Bu çalışmada *Nannospalax xanthodon* türü için Türkiye'nin Kuzeybatısında yayılış gösteren 2n = 38, 52 ve 60 (NF = 74, 78 ve 80) sitotiplerinin yanında *N. leucodon*'dan ise 2n = 56 (NF = 78) sitotipinden örnekler çalışılmıştır. *N.xanthodon* örnekleme lokaliteleri 2n = 38 için Balıkesir, Bursa ve Çanakkale illerinden yapılırken, 2n = 52 örnekleri Bolu ve Yalova illerinden toplanmış olup, 2n = 60 için ise Eskişehir (NF = 78), Bolu (NF = 78), Ankara (NF = 80), Kütahya (NF = 80) ve Antalya'dır. *N. leucodon* için ise Kırklareli ilinden alınan örnekler incelenmiştir (Çizelge 2.1 ve Şekil 2.1).

Çizelge 2.1 Örnek sayıları ve lokaliteler.

<i>Nannospalax xanthodon</i>				
Lokalite no	2n	NF	Örnek sayısı	Lokalite
1	38	74	5	Karacabey
2			19	Bigadiç
3			12	Çanakkale
4	52	72	28	Gerede
5		74	5	Yalova
6	60	74	6	Korkuteli
7		78	27	Gerede, kapaklı
8			16	İnönü
9		80	9	Gölbaşı
10			8	Tavşanlı
Toplam			125	
<i>Nannospalax leucodon</i>				
11	56	78	14	Babaeski
12			8	Lüleburgaz
Toplam			22	

Çalışmada kullanılan örnekler yetişkin bireyler olup 2012 ve 2013 yılları içerisinde, tarım için kullanılmayan boş alanlardan yapılmıştır (Çizelge 2.1). Araziden yakalanan hayvanlar taşıma kafesleri ile laboratuvardaki her birey için ayrı kullanılan kafeslerine taşınarak her bir hayvan

için ayrı kafes tahsis edilmiştir (40 × 25 × 20 cm). Bu kafesler hayvanın doğal ortamını sağlayabilmesi için kafes tabanına bir ucu kafes duvarından dışarıya doğru çıkan plastik tüneller bulundurulur. Kafes ortamının kuru kalması için ortama talaş ilave edilirken beslenme için ise havuç, marul, kereviz, elma, buğday, mısır ve lahana gibi besinler günlük olarak ilave verilmiştir. Hayvanların laboratuvarında kaldığı süre boyunca sıcaklık sabit değerler arasında tutulurken (25-27 °C) özel bir ışıklandırma rejimi uygulanmamıştır.



Şekil 2.1 Örnek alınan lokaliteler. 1) Karacabey, 2) Bigadiç, 3) Çanakkale, 4) Yalova, 5) Gerede, 6) Korkuteli, 7) Gerede, Kapaklı, 8) İnönü, 9) Gölbaşı, 10) Tavşanlı, 11) Babaeski, 12) Lüleburgaz (□, 2n = 38, ▲ 2n = 52, ⊕ 2n = 60, ◆ *N. leucodon* 2n = 56).

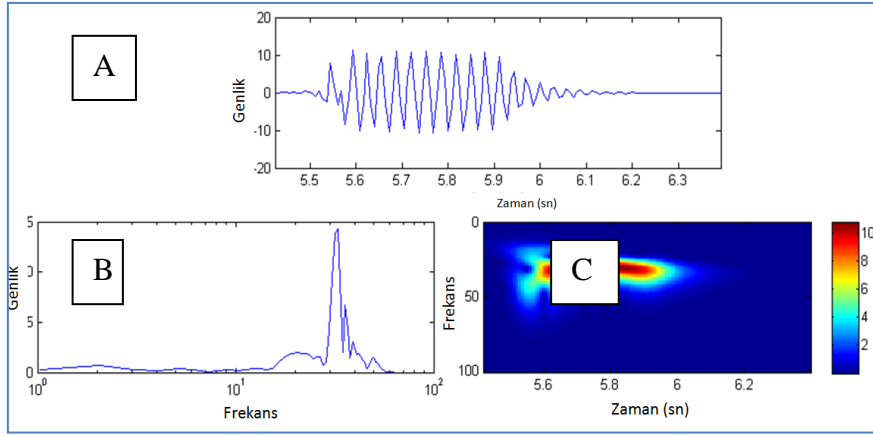
2.2 VERİ TOPLAMA VE ANALİZLER

2.2.1 Veri oluşturma

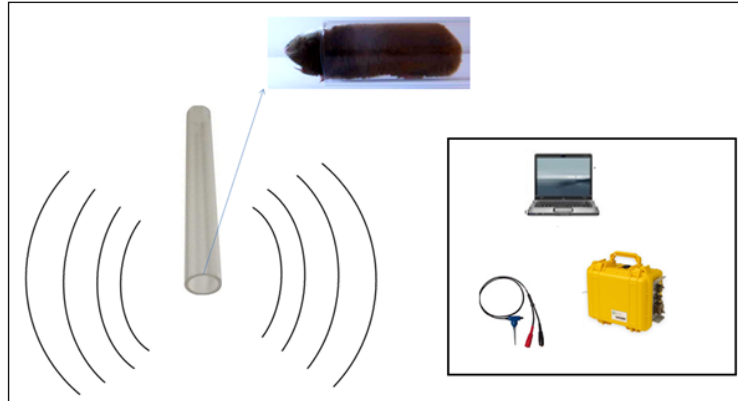
2.2.1.1 Jeofiziksel ölçümler

Çalışma esnasında sismik sinyallerin yapılarını incelemek için ele alınan ilk yaklaşım (Şekil 2.2, 2.3,2.4,2.5) arazi ortamındaki yapay plastik tünellerde laboratuvardan arazi ortamına

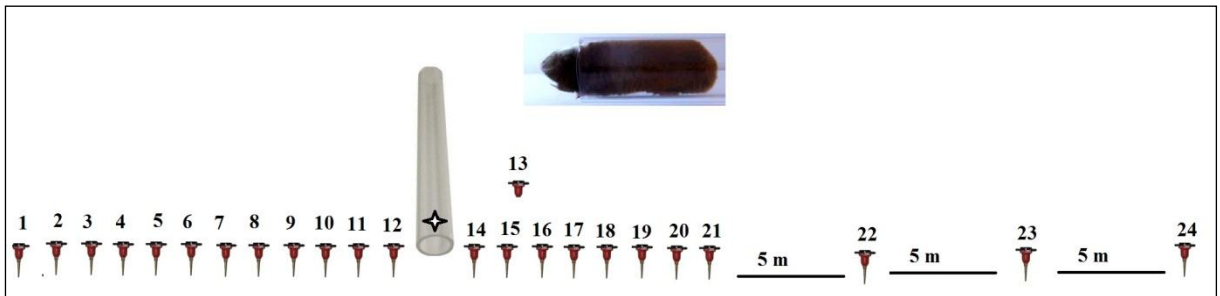
taşınan körfarenin jeofiziksel ölçüm yöntemleri ile hayvanın oluşturmuş olduğu sinyallere ait enerji, hız ve genlik gibi özelliklerin ölçümlerinin elde edilmesi ile gerçekleştirildi (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Jeofiziksel incelemelerde kullanılan parametreler. Sismik sinyallerin toprakta yayılan enerji bileşenlerine ait özellikler: A) Sinyal uzunluğu, B) Genlik Frekans grafiği ve C) Genlik-Enerji-Frekans grafiği.



Şekil 2.3.Sismik enerji bileşenlerine ait kayıt işlemlerinde kullanılan düzeneğin şeması.



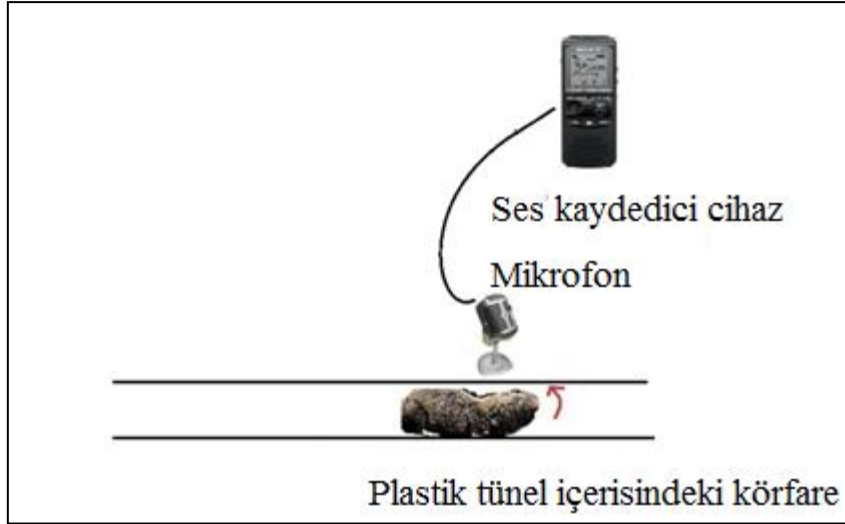
Şekil 2.4 Kayıt işlemleri esnasındaki algılayıcıların yerleştirilme şeması.



Şekil 2.5 Algılayıcıların yerleştirilmesi. 1) Deneyin yapıldığı plastik tünelin yerleştirilmesi, 2) 13 Numaralı algılayıcının plastik tünel üzerindeki konumu ve 3) 24 Algılayıcının tamamının görünümü (En son uçlardaki algılayıcılar arasındaki mesafe toplam olarak 17m).

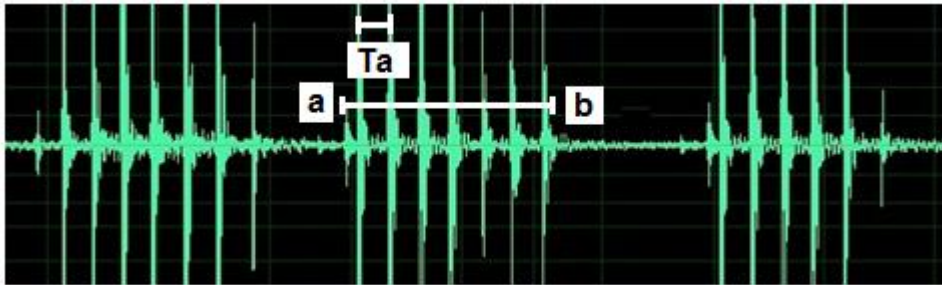
2.2.1.2 Ritmik vurma davranışı bakımından değerlendirme

Arazi ortamından yakalanan hayvanların laboratuvara taşınmasının ardından, literatürde belirtilen 1 hafta kadar süren alışma evresi tamamlanınca (Zuri and Terkel 1998) deneyler başladı. Hayvanların stres içerisinde iken çıkartmış oldukları sismik sinyal hızları daha da artacağından (Randall 1991, Randall and Matocq 1997), strese neden olacak etkiler en aza indirildi. Örneğin, hayvana ait tünel içerisine bir başka hayvan konulmaması, her hayvanın sadece kendi ortamında kayıt alınması veya hayvanların ritmik vurma davranışını başlatmaları için ise bir başka hayvanın kullanılmaması, ortamda bulunan diğer bir bireyden doğan stresi ortadan kaldırmaya yönelik önlemlerdir. Laboratuvar çalışmaları esnasında iki farklı veri seti oluşturuldu. Bunlardan birincisi laboratuvar ortamındaki körfarelerin yapay tüneller içerisinde ritmik vurma davranışını meydana getirmeleri için tetiklenmesi sonucunda oluşan sinyaller ses kaydedici ile kaydedilip (Şekil 2.6) daha sonra da ses işleme programları vasıtası ile değerlendirilmesi şeklindedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.6 Ses bileşenlerine ait kayıt işlemlerini şematize edilmesi.

Kayıt alınması SONY IC Recorder ICD-PX330 ses kaydedici ile gerçekleştirildi. Elde edilen ses kayıt dosyalarından, Audacity isimli açık kaynak kodlu ses analizi programı ile sinyallerin ölçümü yapıldı. Literatürdeki körfare çalışmalarında (Heth et al 1987; 1991, Rado et al. 1987) kullanılan değişkenler de göz önüne alınıp, istatistiksel analizler için veriler hazırlandı. Ölçümü yapılan değişkenler şunlardır; Sinyaldeki **Tepe sayısı (Ts)**: Bir sinyaldeki tüm tepelerin sayısı, **Tepe arası mesafe (Ta)**: Canlının başını iki kez vurma süresi arasındaki mesafe ve **Sinyal süresi (Tu)**: Sinyalin başlamasından bitimine kadar geçen süre. Burada sinyal kavramı canlının tünel duvarına vurmaya başlayıp hareketi bitirinceye kadar olan süre için kullanılmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Körfarelerden kaydedilen sinyallerin gösterimi. Üstteki sonogramda bir sinyal kavramı için a ile c arasındaki süre kastedilmiştir ve Körfare bireylerinin ritmik vurma hareketine başlayıp bitirmesi arasında süreyi kapsar. Sinyalin içindeki her bir tepe bireyin kafasını vurmasını göstermekle birlikte ardışık iki vuruş arasında geçen süre Ta olarak gösterilmiştir. Bir sinyal kümesinden elde edilecek ölçüler sırasıyla; Tu: bir sinyalin süresi (a noktası ile b noktası arasında geçen süre), Ts: Bir sinyaldeki tepe sayısı (a noktası ile b noktası arasındaki tepe sayısı) ve Ta: iki tepe arasındaki mesafe.

İkinci tip veri seti ise hayvanın ritmik vurma davranışı ile ilgili ölçülebilen ve gözlenebilen karakterlerin dışında deney esnasındaki genel davranışı da gözlemlenerek oluşturulmuştur. Bu veri seti sayesinde ise ritmik vurma hareketi ile saldırganlık arasında bir ilişkinin olup olmadığı aranmıştır. Gözlenen karakterler şunlardır 1) **Donma:** Ritmik vurma hareketleri esnasında hayvan hiçbir hareket göstermeyip çenesini borunun tabanına sabitler ve bir müddet tepki vermeden dinleme yapar, 2) **Saldırma:** Hayvan plastik tünel içerisinde sabit durmaz ve sürekli olarak ileri veya geri hareket eder, 3) **Hırıltı:** Hayvanın gırtlığından çıkartmış olduğu hırıltı benzeri ses, 4) **Cıyıklama:** Hayvanın yine gırtlığından çıkarttığı fakat daha ince olan bir sestir, 5) **Kaçma:** Sismik sinyal ede etmek amacıyla hayvanın uyarılmasından sonra hayvanın saldırma, dinleme veya bir başka hareket göstermeyip tüneli terk etmesi, 6) **Isırma:** Tünelin ucuna yakın bir mesafeye hayvan içerideyken bırakılan sünger veya yumuşak bir bez bir materyali ısırıp ısırılmaması. 7) **İtme:** Tünelin içerisine uzatılan strafor gibi yumuşak materyalin hayvan tarafından tünel dışına atılması, 8) **Kazıma:** Hayvanın dişleri ile plastik tünelin zeminini kazması, 9) **Aktivite:** Hayvanın ritmik vurma davranışını gösterip göstermemesi, 10) **Gıcırdatma;** Hayvanın dişlerini birbirine sürtme davranışı. 11) **Ağırlık,** Hayvanın ağırlığı. Deney süreci haftada 2 veya 3 kez tekrarlanmakla birlikte toplamda 15 tekrar 2 ay süre içerisinde tamamlanmıştır. Deney sonrasında, laboratuvar ortamına alışan hayvanlar geri araziye bırakılmayıp ötenazi uygulanmıştır (Leary et al. 2013). Davranış çalışmalarında veri oluşturmak için yaygın olarak kullanılan “1-0” kodlama yöntemi art arda tekrarlanan gözlemleri gerektiren çalışmalarda toplam değerler oluşturmak için kullanılır ve toplam değerler parametrik olmayan analiz yöntemleri ile analiz edilir (Altmann 1974). Ritmik vurma hareketini oluşturmaları amacıyla bireyleri aktive etme işlemi esnasında sünger veya strafor gibi yumuşak bir materyal hayvanın plastik tüneline sürtülerek yapılmıştır. Bu sayede, hayvan kendini herhangi bir başka hayvana karşı savunmak zorunda kalmayıp sadece kendi teritoryumunu belirtmek için ritmik vurma davranışına başlamıştır.

2.2.2 Analizler

2.2.2.1 Sismik Sinyallerin Toprakta Yayılan Enerji Bileşenlerinin Ölçümü (Jeofiziksel Ölçümler)

Jeofiziksel ölçümler ile sinyalin iletiminde ve soğurulmasında etkili olan çevre faktörlerinin etkisini belirlemek amacı ile farklı ortamlardaki sinyal hızı hesaplanarak farklı yoğunluktaki

kumlu ve balçık topraklarda sinyal iletimi açısından değerlendirildi. Balçık ve kumlu toprak tipinde yapılan kayıtlar ile toprak özelliklerine göre sinyalizasyondaki değişim yorumlandı.

Yapay plastik tüneller toprak ile kapatılıp, tünellerin her iki tarafına 25 cm aralıklar ile yerleştirilen sismik algılayıcılar (Şekil 2.4, 2.5 ve 2.6) ile körfare sinyalleri 7 farklı bireyden kaydedildi. Toprakta sismik sinyallerin ölçümü esnasında Geometrics-Geode 24 kanallı 4,5 Hz düşey algılayıcılar kullanıldı. 8ms ve 0.25ms olmak üzere iki farklı örnekleme aralığında 524 s, 16 saniye ve 60 saniyelik kayıtlar alındı. Ortama ilişkin değerlendirmeler esnasında 24 kanal verisi kullanıldı. Ölçümler esnasında jeofonların arasındaki mesafeler açısından farklı düzenlerde serilip sinyalin hangi mesafelerde etkili olduğu incelenmiştir. Çalışmanın sonundaki Ek açıklamalar bölümünde tüm jeofon serim şekilleri gösterilmiştir.

2.2.2.2 Tekrarlı Ölçümler

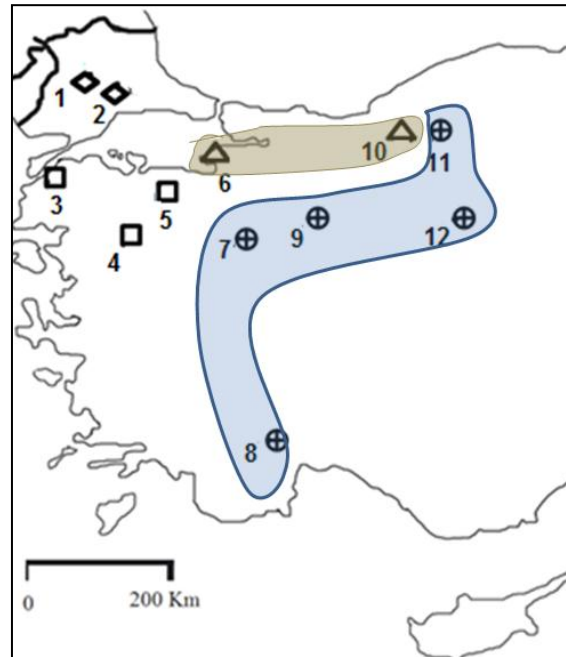
Tekrarlı ölçümler için kayıt süreci ise Kasım ve Nisan ayları arasındaki üreme döneminde ve bu belirtilen dönem haricindeki kalan zaman aralıklarında rastgele olarak yapılan tekrarlı ölçümleri kapsar. Kayıtlar her dönem için en az iki defa olmak üzere sekiz tekrara kadar çıkabilmektedir. Üreme dönemi ve üreme dışı dönemler araziden yakalanan örneklerin testis şişkinlikleri veya süt bezlerinin belirgin olup olmaması dikkate alınarak değerlendirilmiştir. En erken, Kasım ayının ilk haftasında yakalan bireylerdeki testislerin şişkinliği göz önünde bulundurularak ve Nisan ayının sonlarında yakalanan dişi bireylerdeki süt bezlerinin aktif olması durumundan yola çıkılarak üreme dönemleri tahmini olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda (Sözen 2005)'e göre ölçümleri kapsayan tarih aralığının körfare üreme sezonu verileri ile örtüştüğü de teyit edilmiştir. Tekrarlı ölçümler ile körfarelerin üreme dönemi içi ve dışı olduğu göz önünde bulundurularak farklı mevsimlerde kaydedilen sismik sinyallerin kullanılmasıyla dönemler arasında fark olup olmadığı test edildi. Böylelikle ritmik vurma davranışının üreme döneminde kur yapma amaçlı olarak yapılıp yapılmadığının ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. Test işlemleri esnasında parametrik test varsayımlarını sağlayan Ta değişkeni için Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi kullanılırken (SPSS 1990), parametrik test varsayımlarını sağlamayan Ts ve Tu değişkenleri için ise Friedman test kullanılmıştır (SPSS 13).

2.2.2.3 Eşeyler Arasındaki Karşılaştırmalar

Her sitotipe ait örnekler eşeyler arasındaki sismik sinyal yapılarının karşılaştırılmasında sismik sinyallerin ses bileşenleri Ta, Ts ve Tu değişkenleri açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Böylece eşeyler arasındaki sinyalleşme yapılarında varyasyonların olup olmadığı test edildi (t-test, SPSS 13).

2.2.2.4 NF Varyasyonları Arasındaki Karşılaştırmalar

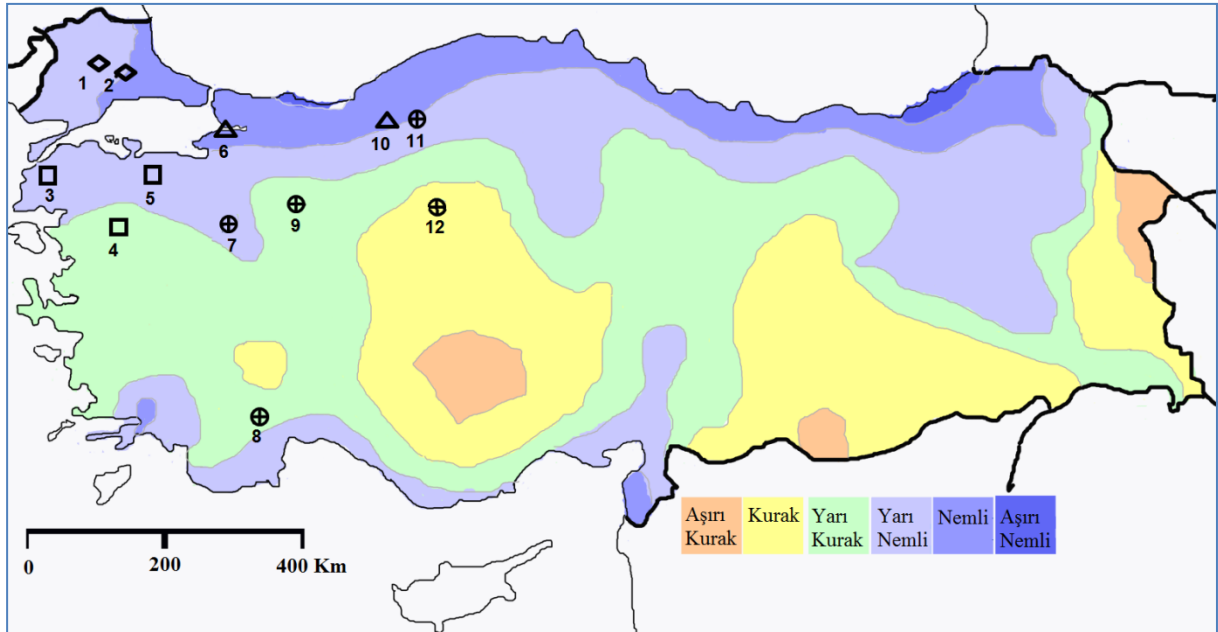
Örnekleme NF = 78 için Gerede 23 km Doğu ve Oklubal İnönü lokaliteleri, NF = 80 için Gölbaşı, ve Tavşanlı lokaliteleri, NF = 74 için ise Antalya, Korkuteli lokalitelerinden olmak üzere toplamda 69 örnek kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 2.1, Şekil 2.8). 2n = 60 sitotipi için Ta, Ts ve Tu değişkenleri üç farklı NF varyasyonu (NF = 74, 78, 80) arasında varyans analizi ile değerlendirildi (SPSS 131). 2n = 52 sitotipinden ise NF = 74 Yalova örnekleri ile NF = 72 Gerede örnekleri t-test analizi ile Ta, Ts ve Tu değişkenleri bakımından karşılaştırılmışlardır.



Şekil 2.8 NF karşılaştırmaları için örnek alınan tüm lokaliteler. Altı ve on numaralı lokaliteler 2n = 52 sitotipine ait olup altı numaralı lokalite NF = 74 ve on numaralı lokalite ise NF = 72'dir. Diğer lokalitelerden sekiz numaralı olan NF = 74 iken dokuz ve on bir numaralı olanlar NF = 78'dir. Yedi ve on iki numaralı lokaliteler ise NF = 80 şeklindedir (□, 2n = 38, ▲, 2n = 52, ⊕, 2n = 60, ◆, *N. leucodon* 2n = 56).

2.2.2.5 Ekolojik Özellikler Açısından Yapılan Karşılaştırmalar

2n = 60 sitotipi içerisindeki NF = 80 olan Gölbaşı, Ankara lokalitesi iklimsel olarak kurak bölge içerisinde iken aynı NF değerine sahip olan Tavşanlı, Kütahya lokalitesi ise yarı nemli iklim tipindedir ve iklimsel özelliğin sinyal yapısına etkisini test etmek için kullanılmışlardır. Toprak tipi bakımından da körfare yayılış alanları homojen olmayıp kumlu toprak ve balçık olarak değişmektedir. Balçık toprak olan İnönü, Eskişehir lokalitesi ile kumlu toprak olan Gerede, Bolu lokaliteleri kullanılırken bu iki lokalite NF (NF = 78) ve iklimsel özellik açısından (yarı nemli) aynı özelliktedirler. Bunların dışında, NF = 74 özellikte olan Korkuteli, Antalya lokalitesi sadece NF varyasyonu açısından çalışmaya eklenmiş olmakla birlikte iklimsel açıdan yarı kurak olup, toprak özellikleri açısından ise balçık olup ekolojik değerlendirmelere dahil edilmemiştir (Çizelge 2.1). Toprak tipleri için kullanılan terminoloji (Atalay 2004)'e göre yapılırken iklimsel özellikleri ile ilgili kullanılan kavramlar ise (Sensoy et al. 2008)'e göre kullanılmıştır. İklimsel ve toprak tipi varyasyonların değerlendirilmeleri ikili gruplar arasında t-test (SPSS 13) ile karşılaştırılmıştır



Şekil 2.9 Örnek alınan lokaliteler ve iklimsel özellikleri (Sensoy 2008). 1) Babaeski, 2) Lüleburgaz, 3) Çanakkale, 4) Bigadiç, 5) Karacabey, 6) Yalova, 7) Tavşanlı, 8) Korkuteli, 9) İnönü, 10) Gerede, 11) Gerede, Kapaklı, 12) Gölbaşı (□, 2n = 38, △ 2n = 52, ⊕ 2n = 60, ◇ N. leucodon 2n = 56).

2.2.2.6 Sitotipler Arası Karşılaştırmalar

2n = 38 örnekleri için örnekleme Bigadiç-Balıkesir lokalitesinden, Karacabey-Bursa ve Çanakkale 2 km doğu lokaliterinden yapılmıştır. 2n = 52 örnekleme ise iki farklı NF varyasyonundan yapılmıştır. Bunlardan NF = 72 olan örnekler Yalova'dan alınırken NF = 74 olan örnekler ise Gerede-Bolu lokalitesinden alınmıştır. Örnek sayıları Çizelge 2.1'de verilmiştir. 2n = 60 sitotipi için örnekleme, sismik sinyal yapılarının aydınlatılması amaçları ile farklı ekolojik koşullar ve farklı kromozomal kol sayıları bulunduran lokalitelerden yapılmıştır (Çizelge 2.1). *N. leucodon* bireyleri açısından yapılan örnekleme Kuleli köyü, Babaeski, Kırklareli lokalitesinden yapılmış olmakla beraber analize Babaeski merkezden alınan örnekler de dahil edilmiştir. Yine bu tür ile ilgili yapılan bir başka örnekleme noktası ise Büyükkarıştıran, Lüleburgaz, Kırklareli lokalitesidir. *N. xanthodon* için karşılaştırmaların yapıldığı 3 farklı sitotipin sismik sinyallerine ait özellikler Laboratuvar koşullarındaki yapılan çalışmalarla, körfarelere ait sismik sinyallerin sadece ses bileşenlerinin kaydedilmesi sonucunda değerlendirilirken davranış karakterleri ise gruplar arasındaki karşılaştırmalarda kullanılmamıştır. Sitotipler arası karşılaştırmalarda Ta, Ts ve Tu değişkenleri bakımından sitotipler arası istatistiksel olarak fark olup olmadığı hem Varyans analizi ile test edilmiş hem de Çok boyutlu ölçekleme analizi ile aynı verilere göre bireylerin iki boyutlu düzlemde birbirlerine göre konumları gösterildi (NTSYSpc).

2.2.2.7 Sismik Aktivite Davranışı Varyasyonunun Gözlemlenmesi

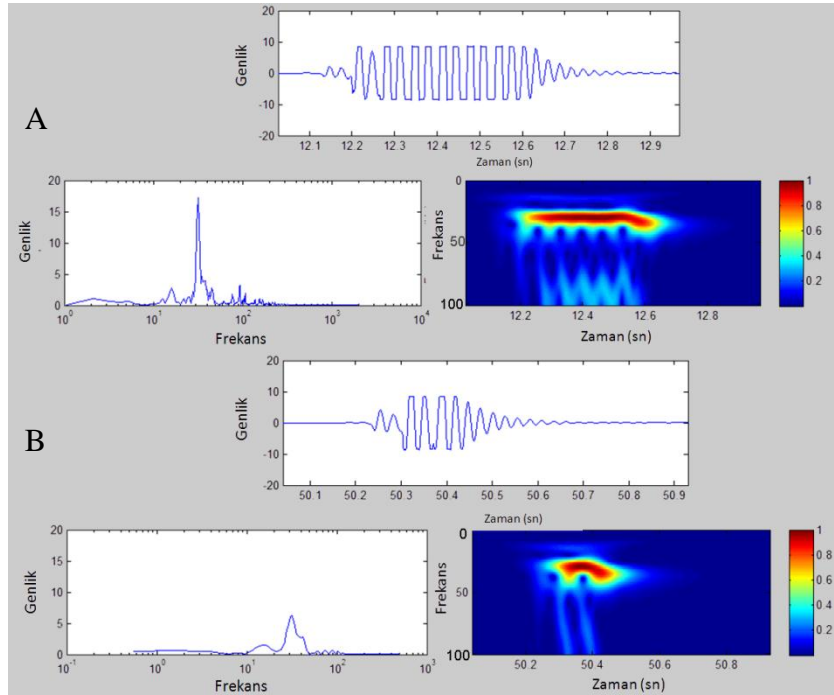
Körfare sismik sinyallerinin ses bileşenlerinin ele alınarak değerlendirilmesi yapılmasının yanında ayrıca davranış varyasyonunun belirlenmesi amacı sismik sinyaller ve saldırganlık ile ilgili davranışlar da gözlemlenmiştir. 2n = 60 sitotipindeki körfarelerin meydana getirdikleri ritmik vurma davranışlarının laboratuvar ortamındaki ses kayıtları esnasında, bu davranışı yalnızca bazı bireylerin gösterip göstermediğini belirlemek amacı ile gözlem verilerine dayanan ayrı bir veri oluşturuldu. Veri oluşturma sürecindeki gözlemler esnasında kaydedilen davranışlardan ısırma, kaçma, ciyıklama, hırıltı, saldırma, donma ve diş gıcırdatmadır. Bu karakterler körfarelerde görülen saldırganlık ile ilgilidir (Nevo et al. 1975). Elde edilen veriler R tabanlı (R Core Team 2012) yazılımı tabanlı çalışan ade4TkGUI paketi ile değerlendirilmiştir (Thioulouse and Dray 2007).

BÖLÜM 3

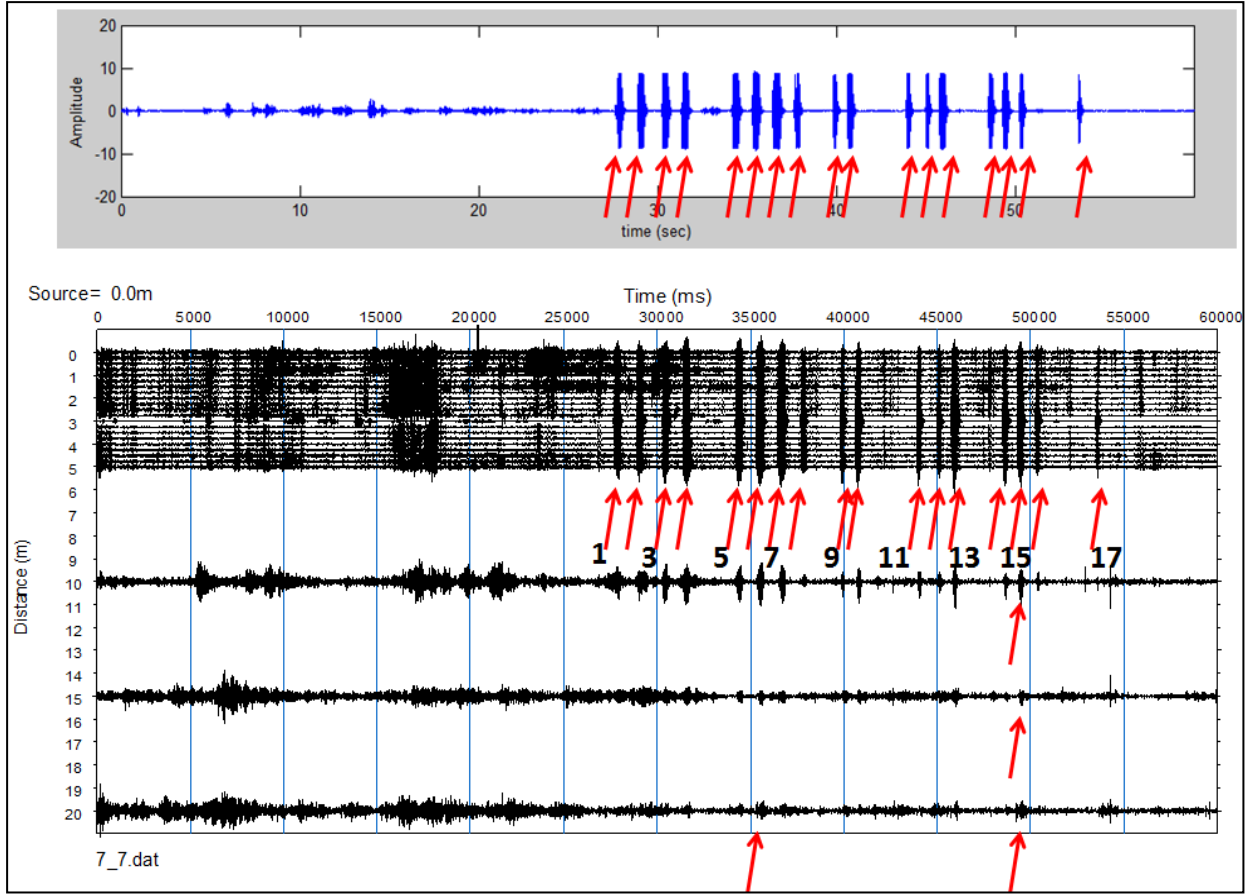
BULGULAR

3.1 SİSMİK SİNYALLERİN JEOFİZİKSEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

Arazi ortamındaki deneysel koşullarda körfarelerin yapmış oldukları ritmik vurma davranışı ile meydana getirmiş oldukları sismik sinyaller, genlik ve uzunluk açısından karakterize edilmişlerdir (Çizelge 3.1). Bazı sinyaller nispeten diğerlerine göre daha uzun iken bazıları ise kısadır. Ayrıca bazıları parçalı yapı gösterirken diğerleri ise düz yapıdadır. Sinyaller, grafikteki şekline göre parçalı veya düz olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.1). Sinyallerin yapısal olarak karakterize edilmesinin yanında sinyale ait genlik, frekans ve güç gibi özellikleri de ölçülmüştür. Sinyallerin genlikleri 5-20 arasında değişirken frekanslar ise 25-50 arasında değişir. Analizde yapılan bireyler içinde en geniş frekans ve genlik bandını 532 numaralı dişi birey göstermiştir (diğer bireyler için de sinyal özellikleri Çizelge 3.1).



Şekil 3.1 Yüksek ve Düşük genlikli sinyal örnekleri. Şekil 3.4'te sinyal kaydedilme süresince algılayıcılara ulaşan sinyallerden A) Yüksek genlikte sinyallerden biri olan 6 numaralı sinyal, B) Düşük genlikte bir sinyal olan 16 numaralı sinyal.

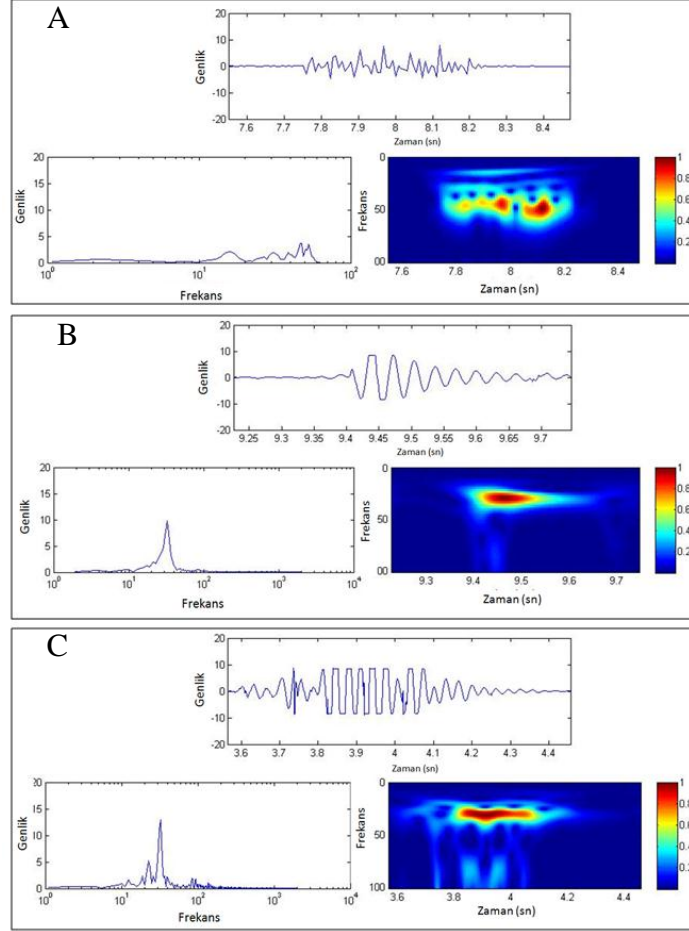


Şekil 3.2 Jeofonlara ulaşan enerji (Örnek no: 532, $2n = 60$, $NF = 78$, dişi, yatay çizgiler üzerindeki her bir sinyalin algılayıcıya ulaştığını göstermektedir). Kırmızı renkli oklar ile körfarenin oluşturduğu her bir sinyal işaret edilmiştir. En altta yer alan üç yatay çizgi körfareye 7, 15 ve 15m uzaklıkta yer alan jeofonları göstermekte olup çizgi üzerindeki ok ile gösterilen kayu noktalar ile jeofonlara ulaşan sismik enerjiyi göstermektedir.

Çizelge 3.1 Sinyal karakterleri.

No	Cinsiyet	$2n$	NF	Frekans (Hz)	Genlik	Ölçüm yeri	Sinyal özelliği
532	Dişi	60	78	25-50	5-20	Gölbaşı	Kısa veya uzun, nadiren parçalı
554	Erkek	60	74	25	7-15	Zonguldak	Düz sinyaller
601	Erkek	52	74	25	13-18	Zonguldak	Düz, nadiren parçalı
602	Erkek	52	74	25	9-17	Zonguldak	Düz, nadiren parçalı
907	Dişi	60	80	25-35	5-17	Zonguldak	Parçalı ve düz
910	Dişi	60	80	25	5-10	Zonguldak	Parçalı ve düz
911	Erkek	60	80	25-30	5-15	Zonguldak	Parçalı ve düz

Sismik sinyallerin ulaştığı mesafeler frekans özelliğinden etkilenmez iken genlik özelliğinden etkilenmektedir. 7 birim genlikli sinyaller kısa mesafelerde sönmekteyken daha yüksek genlikli (15-20) sinyaller ise daha uzak mesafelere ulaşmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.3 Körfareler tarafından plastik tünellerde oluşturulan sinyaller. İki farklı dişi bireye ait sismik sinyallerin özellikleri: A) Parçalı sinyal (532 numaralı örnek $2n = 60$, $NF = 78$), B) Kısa ve düz sinyal (532 numaralı örnek $2n = 60$, $NF = 78$), C) Uzun ve düz sinyal (907 numaralı örnek, $2n = 60$, $NF = 80$, dişi).

Çizelge 3.2 Ölçü alınan lokalitelere ilişkin ilk 50 cm kalınlıktaki toprağın özellikleri.

Lokalite	Toprak tipi	Hız (V_p) (m/s)	Yoğunluk γ (g/cm^3)
Gölbaşı (Ankara)	Balçık	120	1,18
Gerede (Bolu)	Kumlu	140	1,24
Zonguldak (Üniversite)	Balçık	194	1,36

Sinyallerin yayılmış olduğu ortama ait özelliklerden biri olan yoğunluk ve yoğunluğa bağlı olarak da sinyal hızı iki farklı toprak tipinde olan üç farklı lokalitede ölçüldü (Çizelge 3.2). Farklı toprak özelliği taşıyan üç lokalitede yapılan ölçümlerde körfareler tarafından oluşturulan

sismik sinyallere ait hızların 120 ile 194 m/s arasında değişirken ölçüm alınan ortam yoğunlukları ise 1,18 ile 1,36 g/cm³ arasında değiştiği bulunmuştur. Daha yoğun ve balçık toprak özelliğindeki Zonguldak lokalitesinde hız en yüksek değere ulaşmış, yoğunluğu az ve kumlu toprak yapısındaki Gölbaşı lokalitesinde ise en az olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.1).

3.2 RİTMİK VURMA DAVRANIŞI SONUÇLARI

Her üç sitotipten bireylerin ritmik vurma davranışı gösterip göstermeme durumlarına göre sayıları Çizelge 3.3'de verilmiştir. Örneklem sayısı en fazla olan 2n = 60 sitotipi için üç farklı NF varyasyonundan sahip toplam 40 birey ritmik vurma davranışı gösterirken 26 birey ise göstermemiştir . 2n = 52 ve 38 sitotiplerinin her birinden 10 birey ritmik vurma davranışı gösterirken sırası ile 2n = 38 sitotipinden 26 birey, 2n = 52 sitotipinden ise 23 bireyde ritmik vurma davranışı görülmemiştir.

Çizelge 3.3 Aktivite durumları.

<i>Nannospalax xanthodon</i>										
No	2n	NF	Aktivite		Lokalite	İklim Tipi	Toprak Tipi	Karşılaştırmalar		
			Var	Yok				Tekrarlı ölçüm	Toprak tipi	İklim tipi
1	38	74	-	5	Karacabey	Y. nemli	Balçık	1	Kullanılmadı	Kullanılmadı
2			6	13	Bigadiç	Y. kurak	Balçık			
3			4	8	Çanakkale	Y. nemli	Balçık			
4	52	74	4	1	Yalova	Nemli	Balçık	12	8	Kullanılmadı
5		72	6	22	Gerede	Y. nemli	Balçık			
6	60	74	5	1	Korkuteli	Y. kurak	Balçık	12	8	Kullanılmadı
7		78	12	15	Gerede, kapaklı	Y. nemli	Kum			
8			8	8	İnönü	Y. kurak	Balçık			
9		80	7	2	Gölbaşı	Kurak	Balçık			
10	8		0	Tavşanlı	Y. nemli	Balçık				
<i>Nannospalax leucodon</i>										
11	56	78	-	14	Babaeski			12	8	Kullanılmadı
12			-	8	Lüleburgaz					
Toplam			-	22						

3.2.1 Tekrarlı Ölçümlere Ait Karşılaştırmalar

Ritmik vurma davranışı yapmak popülasyon içerisinde varyasyon gösterdi ve her bireyde gözlenmedi. Aynı zamanda ritmik vurma davranışı gösteren bireyler arasında da aktiviteyi gösterme sıklığı açısından da bir varyasyon bulunmakla beraber aktiviteyi gösteren her birey her ölçüm esnasında ritmik vurma davranışı göstermedi. Bu nedenle tekrarlı ölçümlerden analiz yapılabilmesi için $2n = 38$ sitotipinden 1 birey kullanılırken (Çanakkale) 12 birey de $2n = 60$ ($n = 12$ NF = 78, Kapaklı, Gerede lokalitesi) sitotipinden kullanılmıştır (Çizelge 3.4). Tekrarlı ölçümlerde kullanılan toplam 13 birey için farklı ölçümler arasındaki T_a , T_s ve T_u karakterlerinin analizi sonucunda sinyal hızı (T_a) değişkeninde farklılıklar ortaya çıkarken (Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi $p < 0,05$, Çizelge 3.2) diğer iki karakter açısından (T_s ve T_u) sinyal yapıları istatistiksel olarak farksız bulundu (Friedman test $p > 0,05$). Bir birey ise (520 numaralı dişi birey) T_a değişkeni de dahil hiç bir değişken tekrarlı ölçümler arasında istatistiksel olarak farklılık çıkmadı (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Sinyal hızı (T_a) değişkeninin tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçları.

No	2n	Cinsiyet	F değeri	SD	p
404	38	Dişi	22,317	4	,005
507	60	Dişi	8,148	13	,000
509	60	Dişi	5,594	16	,033
514	60	Dişi	8,461	10	,000
515	60	Erkek	22,359	14	,000
517	60	Dişi	6,267	10	,002
518	60	Dişi	18,945	9	,000
520	60	Dişi	,589	6	,735
522	60	Dişi	6,739	10	,000
523	60	Dişi	31,757	8	,000
530	60	Erkek	2,830	9	,040
531	60	Erkek	4,787	12	,002
532	60	Dişi	8,514	10	,000

Körfare sismik sinyallerine ait parametrelerden biri olan sinyal hızı (T_a) canlının üreme döneminde olup olmamasından bağımsız olarak tekrarlı ölçümler arasında farklılıklar gösterdi. Yani, sinyal hızında farklılıklar üreme dönemi içinde ve dışındaki tekrarlar arasında görülmekle beraber sadece bu dönemlerden birine ait farklılıklar şeklinde çıkmadı. Bu nedenle *N. xanthodon* bireylerinin üreme dönemi ve üreme dışı dönemlerinde ürettikleri sismik sinyaller birbirinden ayırt edilememektedir. Fakat sinyal hızı dışındaki diğer

değişkenler olan **Ts** ve **Tu** aynı bireydeki farklı tekrarlar arasında benzer çıkması zaman içerisinde bu değişkenlerin bireylerde sabit olup değişmediğini göstermektedir.

3.2.2 Eşeyler Arasındaki Karşılaştırmalar

Sitotiplerin tamamında her iki eşeydeki bireylerden ölçülen **Ta**, **Ts** ve **Tu** karakterleri bakımından yapılan karşılaştırma için uygulanan t-test sonuçlarına göre eşeyler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamsız bulunmuştur ($p > 0,05$, Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 Her bir sitotipteki eşeylerin **Ta**, **Ts** ve **Tu** karakterleri bakımından karşılaştırılması.

2n	Cinsiyet	n	Ta		Ts		Tu	
			t değeri	p	t değeri	p	t değeri	p
2n = 38	Dişi	4	0,328	0,713	-1,386	0,92	1,739	0,285
	Erkek	6						
2n = 52	Dişi	5	-0,332	0,789	0,008	0,435	0,115	0,115
	Erkek	5						
2n = 60	Dişi	25	0,645	0,671	0,423	0,786	0,324	0,726
	Erkek	20						

3.2.3 NF Varyasyonları Arasındaki Karşılaştırmalar

2n = 52 sitotipindeki NF = 72 ve 74 varyasyonlarından sırası ile 5 ve 6 birey ritmik vurma davranışı göstermiştir. 2n = 60 sitotipindeki NF = 74, 78 ve 80 varyasyonlarından ise sırası ile 5, 20 ve 15 birey ritmik vurma davranışı göstermiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 NF varyasyonlarının **Ta**, **Ts** ve **Tu** karakterleri bakımından karşılaştırılması.

2n/Test yöntemi		n	Ta		Ts		Tu	
			t değeri	p	t değeri	n	t değeri	p
2n = 52 (t-testi)	NF = 74	5	-1,870	,748	,495	,994	-,392	,916
	NF = 72	6						
			F değeri	p	F değeri	n	F değeri	p
2n = 60 (Anova)	74	5	0,757	0,475	1,783	0,181	1,306	0,282
	78	20						
	80	15						

2n = 52 sitotipindeki NF varyasyonlarını birbirleri ile karşılaştırma esnasında t-test kullanılırken 2n = 60 sitotipi içerisindeki üç farklı NF varyasyonu için ise Varyans analizi kullanıldı. Hem 2n = 52 sitotipindeki NF = 72 ve 74 varyasyonları arasında hem de 2n = 60 sitotipi içerisindeki üç NF varyasyonu arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda NF varyasyonları arasında farklılık bulunmadı (t-test, Varyans analizi, $p > 0,05$, Çizelge 3.6).

3.2.4 Ekolojik Açıdan Yapılan Karşılaştırma

Ekolojik açıdan yapılan karşılaştırmalar esnasında sadece 2n = 60 sitotipinden örnekler ile yapılmıştır. Diğer iki sitotipin yayılış alanının 2n = 60 sitotipinin yayılış alanına göre nispeten daha dar olması nedeni ile iklimsel ve toprak özellikleri açısından çeşitlilik göstermedikleri için ekolojik karşılaştırmalar, yayılış alanı içerisinde ekolojik koşullar açısından heterojen bir sitotip olan 2n = 60 içerisinde yapıldı.

Toprak tipi açısından yapılan karşılaştırmalarda NF = 78, Kumlu toprak olan Kapaklı, Gerede lokalitesinden ritmik vurma hareketi gösteren 12 birey analize dahil edilmiştir. Aynı NF varyasyonunda ve balçık toprak olan İnönü lokalitesinden 8 tanesi ritmik vurma davranışı göstermiştir (Çizelge 3.7). Toprak tipi açısından yapılan karşılaştırma ile her iki lokalitedeki bireylere ait ritmik vurma davranışları arasında istatistiksel olarak farklılık ortaya çıkmamıştır (t-testi, $p > 0,05$, Çizelge 3.8).

Çizelge 3.7 İklim ve toprak özellikleri karşılaştırılmasında kullanılan örnekler.

Lokalite no	2n	NF	Aktivite		Lokalite	İklim Tipi	Toprak Tipi	İklim tipi karşılaştırması	Toprak Tipi karşılaştırması
			Var	Yok					
6	60	74	5	1	Korkuteli	Y. nemli	Balçık	Kullanılmadı	Kullanılmadı
7			12	15	Gerede, kapaklı	Y. nemli	Kum	12	
8			8	8	İnönü	Y. nemli	Balçık	8	
9		80	7	2	Gölbaşı	Kurak	Balçık	Kullanılmadı	8
10			8	0	Tavşanlı	Y. nemli	Balçık		8
Toplam								20	16

Kurak iklim tipinde olan Gölbaşı lokalitesinden örneklerin oluşturmuş olduğu sinyaller ile Yarı nemli iklim tipinde olan Tavşanlı lokalitesinden alınan öneklere ait sinyaller analiz

edilmiş ve sırası ile 7 ve 8 birey sinyal oluşturmuştur. Karşılaştırma sonucunda gruplar arasında farklılık istatistiksel açıdan anlamsız çıkmıştır (t-testi, $p > 0,05$, Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Ekolojik özelliklerin t-testi ile Ta, Ts ve Tu karakterleri bakımından karşılaştırma sonuçları.

Ekolojik Özellik	Sayı	Ta		Ts		Tu	
		t değeri	p	t değeri	p	t değeri	p
Kumlu	12	-1,920	,074	-374	,714	-630	,540
Balçık	8						
Kurak	7	-943	,366	0,41	,968	-492	,652
Yarı kurak	8						

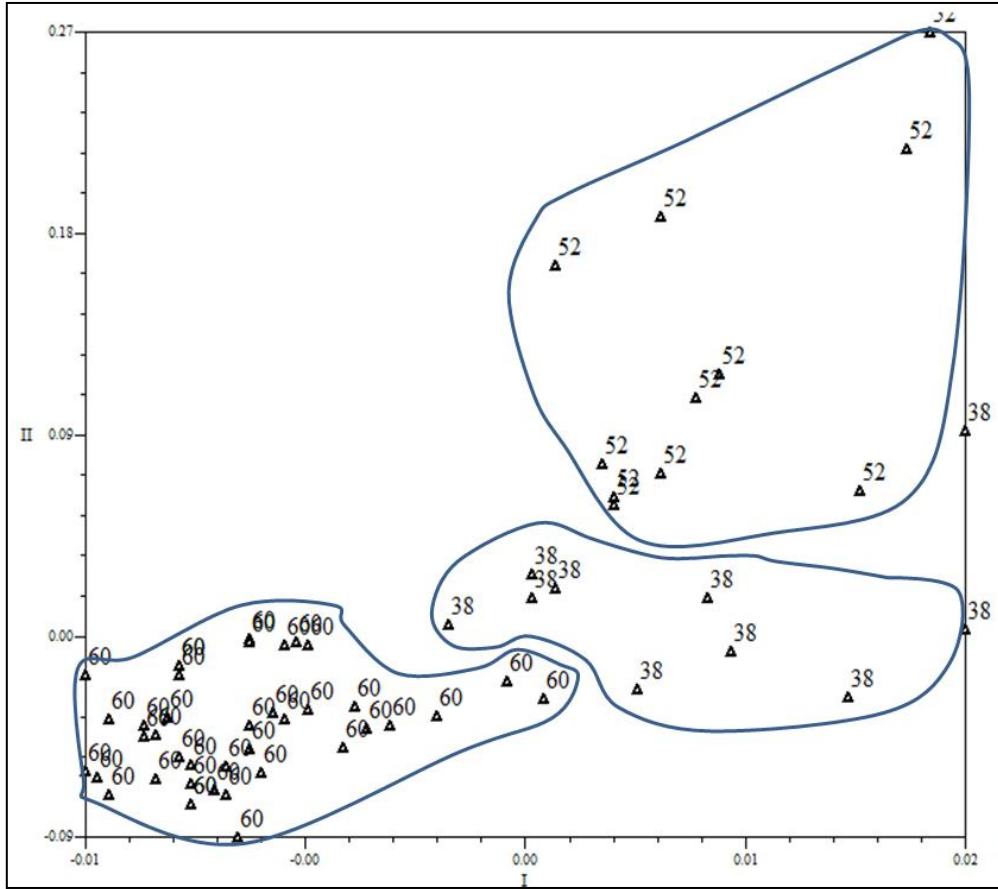
3.2.5 Sitotiplerin Karşılaştırılması

$2n = 38$, 52 ve 60 sitotipleri için sırası ile 10, 10 ve 40 birey ritmik vurma davranışı göstermiştir. Eşeyler arasında ritmik vurma davranışları bakımından farklılık bulunmadığı için erkek ve dişi bireyler birleştirilerek sitotipler arasındaki karşılaştırmada kullanılmıştır. Sitotiplere ait sinyaller ilk önce Varyans analizi ile karşılaştırılmış ve daha sonra da Çok boyutlu ölçekleme analizi ile de iki boyutlu düzlemde gösterilmiştir. Üç Farklı sitotip arasında Varyans analizi ile yapılan karşılaştırmalarda sinyal hızı değişkeni (Ta) açısından $2n = 38$ ve 52 sitotiplerinde istatistiksel olarak farksız çıkarken ($p > 0,05$). $2n = 60$ sitotipi bu iki sitotipten farklı çıkmaktadır ($p < 0,05$). $2n = 60$ sitotipi hızlı sinyaller oluştururken $2n = 52$ ve $2n = 38$ ise daha yavaş sinyaller oluşturur. Tepe uzunluğu (Tu) değişkeni ile Tepe arası (Ta) değişkeni ise her üç sitotip arasında da farklılık gösterir ($p < 0,05$). $2n = 38$ sitotipi orta uzunlukta bir sinyal yapısına sahip iken, $2n = 60$ sitotipi ise en kısa sinyallere sahiptir. Tepe sayısı olan Ts değişkeni ise $2n = 38$ ve 60 sitotipleri arasında benzer çıkarken $2n = 52$ sitotipi bu iki sitotipten farklı çıkmıştır. $2n = 52$ sitotipi en fazla tepe sayısı (Ts) bulunduran sinyallere sahiptir (Çizelge 3.9).

Aynı zamanda Ta, Ts ve Tu değişkenlerinin Çok boyutlu ölçekleme analizi ile değerlendirilmesi sonucuna göre her bir sitotipe ait bireyler iki boyutlu düzlemde birbirlerine göre konumları ortaya çıkartılmıştır. Analiz grupları birbirinden ayırmada başarılı olmuş olup her bir sitotipe ait bireyler kendi sitotipindeki bireylere daha yakın bir biçimde konumlanmıştır (Şekil 3.4).

Çizelge 3.9 Sitotiplerin Varyans analizi ile Ta, Ts ve Tu karakterleri bakımından karşılaştırılması.

2n	Sayı	Ta	Ts	Tu
		p	p	p
2n = 38	10	,940	,000	,000
2n = 52	10			
2n = 38	10	,000	,917	,00
2n = 60	40			
2n = 52	10	,000	,000	,000
2n = 60	40			



Şekil 3.4 Sitotiplerin Ta, Ts ve Tu karakterleri kullanılarak yapılan Çok boyutlu ölçekleme analizi sonucu.

3.2.6 Sismik Aktivite Varyasyonlarının Test Edilmesi

Aktivite yapan ve yapmayan tüm bireylerden elde edilen veriler (Ek 2) kullanılarak yapılan Temel bileşenler analizi ile değerlendirilmesi sonucunda açıklanan varyasyon % 62 iken toplam varyasyon iki bileşende toplanmıştır (Çizelge 3.10). Ritmik vurma hareketi gösterme

(sismik aktivite) ve saldırganlık ile ilişkili kabul edilen karakterler birlikte ilk bileşende toplanırken bu bileşenin açıkladığı varyasyon % 47,5'tir. Saldırganlık ile ilişkili karakterler olan beş karakter saldırma, ısırma, itme, hırlama ve diş gıcırdatma karakterleridir. İkinci bileşende ise açıklanan varyasyon % 14,458 olup burada yer alan karakterler ise kaçma, donma ve ciyıklama olan saldırganlığa zıt karakterlerdir (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.10 Varyasyona katkısı olan karakterlerin fonksiyonlara katkısı.

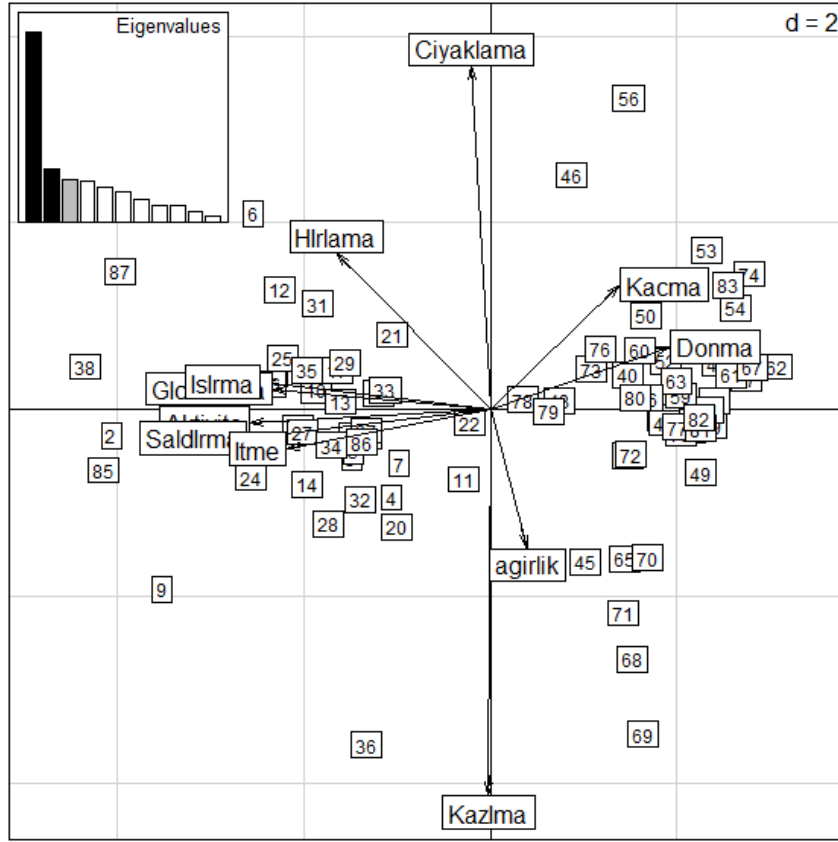
Boyut	Cronbach Alfa	Açıklanan Varvasyon	
		Toplam (öz değer)	% Açıklanan varyans
1	,890	5,233	47,574
2	,408	1,590	14,458
Toplam	,939	6,824	62,032

Çizelge 3.11 Bileşenler üzerindeki yükler.

	Boyut	
	1	2
Ağırlık	-,127	,661
Aktivite	,965	,000
Gıcırdatma	,848	-,036
Donma	-,731	-,064
Saldırma	,957	-,014
Isırma	,934	-,029
İtme	,873	,065
Hırıldı	,482	-,302
kazıma	-,069	,583
Ciyıklama	-,030	-,723
Kaçma	-,495	-,435

Saldırma, itme, ısırma, diş gıcırdatma gibi aktiviteler ile sismik sinyalleşmenin korelasyonlu olup varyasyona aynı yönde etki yapmaktadır (Şekil 3.5 ve Çizelge 3.11). Kaçma, donma ve kazıma gibi saldırganlık belirtisi olmayan karakterlere sahip bireyler de üstte bahsedilen ve saldırganlık belirtisi olarak kabul edilen karakterler ile zıt eksnlere düşüp, aktivite ile negatif yönde korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Bu karakterler içerisinde ağırlık ritmik vurma aktivitesinin de varyasyona aynı yönde katkı yaptığı yönde veya bu yöne zıt yönde olan saldırganlık karşıtı karakterler ile aynı yönde katkı yapmayıp farklı bir yönde katkı

yapmaktadır. Aynı veri seti önce SPSS yazılımı ile değerlendirilmiş ve Çizelge 3.10 ve 3.11'deki karakterlerin varyasyona katkısı ve bileşenler üzerine yükler hesaplanmıştır.



Şekil 3.5 Temel bileşenler analizi sonucunda karakterlerin ve bireylerin durumu.

BÖLÜM 4

TARTIŞMA

4.1 RİTMİK VURMA VARYASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SİSMİK SİNYALERİN UZAK MESAFELİ İLETİŞİMDE KULLANILMASI

4.1.1 Uzak Mesafeli İletişim Ve Sismik Sinyaller

Yavru körfarelerin ana yuvadan uzaklaşacakları zamana kadar geçen süre içinde anne ve kardeşleri ile arasındaki iletişim amaçlı etkileşimler vücut teması ve ses ile olmaktadır (Rado et al. 1991, Zuri and Terkel 1998). Yuvadan ayrılıp kendi teritoryumlarını oluşturan genç körfareler çevrelerindeki bireyler ile iletişimi ses ve temas kullanmadan titreşimler ile sağlar ve bu yeni iletişim şekli uzak mesafeli iletişim olarak kullanılır (Rado et al. 1991). Sismik sinyal oluşturan bir bireye ait titreşimler 17m uzaklıktan kaydedilerek, Türkiye körfarelerinin sismik sinyalleri uzak mesafeli iletişimdeki etkin rolü açığa çıkartıldı. Daha önceki çalışmalarda sismik sinyallerin ulaştığı mesafeler konusunda bir bilgi bulunmamakla birlikte sadece Nevo (1991) ve Rado et al. (1987) körfarelerdeki sismik sinyallerin uzak mesafe iletişimde kullanıldığını raporlarında belirtip 6-7m mesafeden sismik sinyallerin araştırmacılar tarafından duyulduğunu belirtmişler fakat bu mesafeden duyulmuş olan ritmik vurma davranışının kaydedilmesi konusunda bir bilgi vermemişlerdir. Ritmik vurma hareketi oluşturan bireyler tarafından oluşturulan ve tünelin her iki tarafında 17m uzaklığa ulaşan sinyallerin ulaştıkları en uzak iki nokta arası mesafe toplamda 34m çapında etkili olmaktadır (Sekil 4.1). 17m yarıçapında kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde çevreye yayılan bir sinyalin iletildiğini dikkate aldığımızda yaklaşık $907m^2$ bir alanda körfare sinyalleri etkili olur. Arazi çalışmaları esnasında Gerede'den yakalanan bireylerin yuvalarının birbirlerine olan uzaklıkları ortalama 10m olduğu ölçüldü. Böylelikle, bir birey tarafından oluşturulan sismik sinyallerin diğer bir bireyin yuvasına kadar ulaşabilecek etkinlikte olması, körfarelerin günlük veya mevsimlik göstermiş oldukları beslenme veya yuva genişletme aktiviteleri esnasında sismik sinyallerin teritoryumları düzenleyici rolünün önemini ortaya çıkarmıştır. Bu sayede körfareler kazabilecekleri boş teritoryumları veya gitmemeleri gereken ve bir başka

birey tarafından kullanılan teritoryumları sismik sinyaller ile tespit edebileceklerdir. Zuri and Terkel (1996) körfarelere ait yuvaların popülasyon içerisinde sabit bir noktada olmadığını ve yıl içerisinde mevsimlik olarak değiştiğini gösterip teritoryum genişletme sürecinde sismik sinyallerin rolünün önemli olduğunu belirtmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar, sismik sinyallerin uzun mesafeli iletişimde bireyler arasındaki iletişimdeki rolü bakımından bu araştırmacıların sonuçları ile uyumludur.

Türkiye körfarelerinde sismik sinyallerin frekansı 25 ile 50 Hz arasındaki bir bant aralığındadır. Genlikleri ise 7 ile 17 birim aralığında değişmektedir. Heth et al (1987), İsrail körfarelerinin (*N. ehrenbergi*) 100 Hz frekansının altında sismik sinyaller oluşturduklarını rapor etmişlerdir. *N.xanthodon*'taki sismik sinyallere ait frekans ve genlik özellikleri ilk defa bu çalışma ile ortaya çıkartılmıştır. Aynı zamanda körfarenin ritmik vurma davranışı esnasında meydana getirmiş olduğu sismik sinyaller ortamın partikül miktarına bağlı olarak farklı hızlarda olabilmektedir. Çalışma esnasında ölçülen farklı yoğunluklardaki üç ortamın arasındaki sinyal hızları 120 ve 194m/s değerleri arasında hesaplanmıştır. Örneğin balçık toprak olan Gölbaşı lokalitesinde yapılan ölçüm ile bulunan sinyal hızı $120 V_p$ (m/s) iken yine balçık toprak olan Zonguldak kampüste yapılan ölçümde bu değer $194 V_p$ (m/s) olarak bulunmuştur.

4.1.2 Tekrarlı Ölçümler Arasındaki Karşılaştırmalar

Ritmik vurma davranışı ile sismik sinyalleri meydana getiren canlılarda sismik sinyallerin yapıları bazen esneklik gösterebilir. Örneğin kanguru sıçanlarında sosyal çevre değiştiğinde sinyal yapısı farklı olabilir (Randall 1995). Arka ayakları ile sismik sinyaller oluşturan kanguru sıçanlarının oluşturduğu sinyallerin hızları zaman zaman farklılıklar gösterebilir ve bu farklılıkların başlıca nedeni ise stres kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Randall 1991, Randall and Matocq 1997). Fakat yine de kanguru sıçanlarında aynı teritoryumu kullanan yetişkin bireylerde sinyal yapıları yıldan yıla sabit olarak kalma eğilimindedir (Randall 1995). Bazen farklı zamanlardaki sinyal yapılarında meydana gelen değişimler kur davranışı ve üreme ile ilgili olabilmektedir (Jarvis and Bennett 1991, Narins et al. 1992). Körfareler için sismik sinyallerin tekrarlı ölçümler arasında değişmesi söz konusu olmayıp sadece sinyal hızı stress gibi deneysel koşullardan kaynaklanabilecek etkiler nedeni ile farklılık göstermiş olmalıdır. Elde ettiğimiz sonuçlar körfare ritmik vurma ile meydana gelen sinyaller bireyler tarafından

rastgele oluşturulmuş bir davranış sonucu olmayıp zaman içerisinde değişmeyen ve iletişim amaçlı kullanılan sinyallerdir (Çizelge 3.2).

4.1.3 Eşeyler Arasındaki Karşılaştırmalar

Teritoryal hayvanlar olan körfareler, tek bir bireyin bulunduğu yuva sistemlerinde çiftleşme ve yavru bakımı haricinde birden fazla bireye rastlanmaz (Nevo 1961). Kendilerine ait olan teritoryumlarını istilacı bireylere karşı savunurlar ve kendi teritoryumlarının sınırlarını belirlemede sismik sinyalleri kullanırlar (Zuri and Terkel 1996). Bennett and Jarvis (1988) asosyal kep sıçanlarının (*Georycus capensis*) yapmış oldukları ritmik vurma davranışı yapılarının erkek ve dişi bireylerde farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Randall (2010) üreme dönemindeki erkek kanguru sıçanlarının dişilerden daha hızlı oranlarda sinyaller meydana getirdiğini belirtmişlerdir.

Türkiye körfarelerinde de sismik sinyalleşmeler açısından eşeyssel dimorfizme rastlanmayıp her iki eşeyde de sismik sinyal yapıları farksız olarak bulundu. Literatürde arka ayakları ile ritmik vurma hareketlerinde eşeyssel dimorfizm gösterdiği rapor edilen hem *Georycus* hem de *Dipodomys*'in aksine ritmik vurma davranışını göstermek için başını kullanan körfarelerde sinyalizasyon karakterleri açısından eşeyssel dimorfizm bulunmadığını tespit ettik (Çizelge 3.3). Eşeyler arasında tespit etmiş olduğumuz sinyal yapısı benzerliği, İsrail körfarelerinde olduğu gibi (Heth et al. 1987) Türkiye körfare sismik sinyallerinin de teritoryal amaçlar ile kullanıldığını desteklemektedir.

4.1.4 Ekolojik ve NF Varyasyonları Açısından Karşılaştırmalar

Marchetti (1993) ve Seehausen et al. (1997) Popülasyonlar arasındaki iletişim sinyallerindeki farklılıkları ekolojik faktörlere adaptasyon ve eşeyssel seleksiyon ile açıklanmıştır. Sinyal yapılarındaki farklılıklar popülasyonlar arasında davranışsal olarak izolasyona neden olmaktadır (Seehausen et al. 1997, Bouley et al. 2007). Popülasyonlar içerisinde iletişimde kullanılan sinyaller ile sinyali alıcı birey yapısındaki farklılıklar rastgele olmayan çiftleşmelere neden olmakta ve böylece potansiyel olarak popülasyonlar arasındaki üreme etkileşmelerini azaltmaktadır (Ryan and Wilczynski 1988).

Elde ettiğimiz sonuçlara göre, *N. xanthodon* sismik sinyallerinin şekillenmesinde canlının yaşamış olduğu çevrenin toprak tipi ve iklim faktörlerin rolünün olmadığı belirlenmiştir. Toprak tipi (Balçık-Kumlu toprak) ve iklimsel farklılıklar (Kurak, Yarı nemli) açısından yaptığımız karşılaştırmalar sonucunda elde ettiğimiz bulgulara göre toprak tipi bakımından karşılaştırılan iki lokalitenin ve iklim tipine göre karşılaştırılan iki lokalitenin de kendi aralarında sinyal yapıları bakımından farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Sitotip içerisinde kromozom kol sayısı (NF) bakımında görülen varyasyonlar arasında iletişim sinyallerinin benzer olması, iletişim davranışı yönünden sitotip içinde bir izolasyonun bulunmadığını işaret eder. Hem $2n = 52$ hem de $2n = 60$ sitotipi içerisindeki NF varyasyonları arasında yapılan değerlendirmede, ritmik vurma yapıları ile NF sayılarının değişmesi arasındaki ilişkinin anlamlı olmadığı belirlendi. Bu sonuç, NF varyasyonları arasında davranışsal izolasyonun olmadığını, toprak ve iklim faktörlerinin sinyal yapısını etkilemediğini işaret etmektedir.

4.1.5 2n Varyasyonları Arasındaki Sinyal Yapılarının Karşılaştırılması

Çiftleşme için kullanılan sinyalleri, hayvanlarda çiftleşme sürecinde eşyeleri seçmek, tür, fiziksel durum ve genetik kalite gibi bilgileri değerlendirmek için (Moore 1994, Kirkpatrick 1996) kullanıldığından tür biyolojisi açısından önemlidir ve bireylerin kendinden olanı tanımasını sağlar. İster popülasyonlar içinde isterse de popülasyonlar arası olsun, bireylerin birbirlerine olan davranışları, birbirlerine genetik olarak yakın olup olmaması ile ilişkilidir. İsrail körfarelerinin farklı sitotipleri arasındaki saldırganlık çalışmalarında, genetik olarak birbirlerine uzak olan bireylerin göstermiş oldukları saldırganlık belirtileri daha şiddetlidir (Heth et al. 1986). Kanguru sıçanları ise kendilerine komşu bireyler için iletişimde kullandıkları bireye özgü sismik sinyaller oluşturmaktadırlar (Randall 1989). Yani bireylerin iletişim davranışları ile meydana getirdikleri sinyaller veya iki bireyin birbirine karşı saldırgan olup olmaması bireylerin aynı türden olup olmamasıyla ilgilidir ve kendisiyle türdeş bireyler türdeş olmayanlara göre ayrıcalık taşır. İsrail körfarelerinin sitotipler arasındaki sismik sinyallerdeki varyasyonun tür tanımada kullanılarak sitotipler arasındaki üreme izolasyonuna katkısı olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Rado et al. 1987, Heth et al 1987). Her bir sitotipi ayrı birer tür olarak tanımlanmış olan kardeş tür *N. ehrenbergi*'deki etolojik izolasyon sitotipler arasında adaptif farklılaşmanın bir yan ürünü olarak tesadüfidir ve parapatrik olarak kurulan yayılışın ardından oldukça yavaş işleyen on binlerce yıllık bir

süreçle meydana gelmiştir (Heth and Nevo 1981). Ayrıca *N. ehrenbergi*'de ekolojik koşullar da gözetilerek yapılan çalışmalarda sinyalleşme yapılarının popülasyon yoğunluğu ve teritoryum genişliği ile orantılı olduğu kaydedilmiştir (Heth et al. 1991). Sözü edilen çalışmayı gerçekleştiren araştırmacıların sonuçlarına göre sinyal frekansı (bu çalışmadaki 1 saniyedeki Ts miktarı) kromozom sayısı ile birlikte azalma göstererek $2n = 54$ 'te 13.05 iken $2n = 52$ 'de 12.45, $2n = 58$ 'de 11,79 ve $2n = 60$ 'da 11.27 bulunmuştur. Yapmış olduğumuz çalışmada ise aynı değer $2n = 60$ sitotipinde, 12 iken $2n = 38$ için 10,1 ve 52 sitotipinde ise 9,9 şeklindedir. Bu sonuçlar Türkiye'deki *N. xanthodon* ile uyumluluk içerisinde olmayıp kromozom sayısı en yüksek olan $2n = 60$ sitotipinde daha yüksek değerler var iken diğer sitotiplerde ise daha düşüktür. Vücut ağırlığının sismik sinyal yapısına etkisi olmaması nedeniyle büyüklükleri farklı olan *N. ehrenbergi* ve *N. xanthodon*'un aralarında olan sinyal farklılaşmasını nedeni vücut büyüklükleri değildir. *N. ehrenbergi* ile farklılık gösteren bu değerler sismik sinyallerin türe özgü olmalarındandır.

Türkiye Körfareleri sitotiplere özgü sismik sinyaller meydana getirdikleri belirlenmiştir. $2n = 60$ sitotipi hızlı sinyaller meydana getirmekle beraber sinyal hızı (T_a) bu sitotip için belirleyici özellik olarak bulundu. $2n = 38$ ve 52 sitotipleri ise sinyal hızları benzer olmasına rağmen sinyal uzunlukları ve sinyallerdeki tepe sayıları bakımından birbirlerinden ayrılmaktadır (Çizelge 3.7). Sitotipler arasında her ne kadar sinyal yapıları farklılaşmalar görülse de aynı durumun sitotip içerisinde görülen ve bazen ekolojik özellikler açısından homojen olmayan NF varyasyonları için geçerli olduğu söylenemez. Sitotip içerisindeki kromozomal varyasyonlara rağmen aynı sinyal yapısının korunması ve sitotipler arasında ise sinyal yapılarının farklılaşması aynı nedene dayanmaktadır ki bu neden sismik sinyallerin kendinden olanı tanımak için kullanılmasıdır. Sitotipler arasındaki sinyalleşme farklılıkları filogenetik açıdan değerlendirildiğine literatür ile uyumludur. Sitotipler arasındaki filogenetik ilişki değerlendirildiğinde $2n = 38$, 52 ve 60 sitotipleri soyağaçlarında ayrı gruplarda yer almaktadır (Hadid et al. 2012, Kandemir et al. 2012, Kankilic and Gürpınar 2014). Her bir sitotip en etkili iletişim yöntemleri olan ritmik vurma davranışları ile kendilerine özgü sinyal örüntüleri geliştirerek kendi sitotipinden olan bireyleri tanımakta kullanır. Bu kanıtlar her bir sitotipin sinyalleşme bakımından davranışsal izolasyon gösterdiğine işaret etmektedir.

Sitotipler arasında görülen sinyal hızları merkezde olan ve atasal kabul edilen $2n = 60$ sitotipinden uzaklaştıkça azalmaktadır ve *N. leucodon*'da ise tamamen ortadan kalkmaktadır. Hızlı sinyaller oluşturan bireylerin olduğu popülasyonda ortaya çıkan ve daha yavaş sinyal

yapısına sahip olan kurucu birey veya bireylerden oluşan yeni bir grup birey ana popülasyondan uzaklaşarak yeni bir popülasyon kurmuş ve yayılış gösterdikleri yeni alanlarında, daha yavaş sinyaller üreten bireylerin yaygınlaşmasına öncülük etmiş olmalıdırlar. $2n = 60$ sitotipinden periferde doğru gittikçe azalan sinyal hızı *N. leucodon*'da tamamen ortadan kalkmıştır. Hızlı sinyallerden yavaş sinyallere doğru değişimi savunan hipotez, boyun eğen bireylerin popülasyondan dışarı sürülmesi şeklinde olan ve Christian (1970) tarafından savunulan “boyun eğme” hipotez ile de uyumludur. Daha saldırgan olan bireyler daha az saldırgan olanlara üstünlük kurar ve onları göçe zorlar. Matur et al. (2013)'e göre Türkiye'deki körfare kromozomal evriminde merkezde bulunan $2n = 60$ sitotipi diğer çevredeki sitotipler için kaynak oluşturmuştur ve diğer sitotiplerin evrimine kromozomal düzenlemeler ile öncülük etmiştir (Şekil 4.1). $2n = 60$ sitotipindeki bireylerin arasında sinyal hızı bakımından $2n = 38$ ve 52 sitotiplerine benzer bireyler bulunmaktadır. Bu açıdan $2n = 38$ ve 52 sitotiplerine öncülük eden bireylerin sinyal yapılarının $2n = 60$ sitotipinden farklılaşmış olması en anlamlı bir senaryodur.

4.1.6 Sismik Aktivite Davranışı Açısından Karşılaştırma

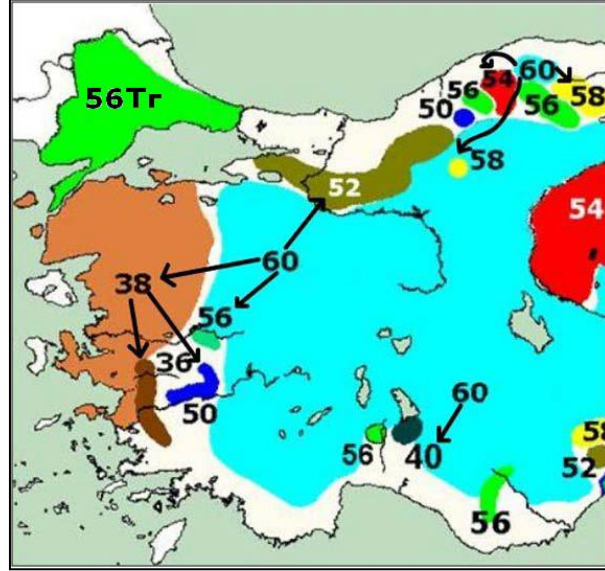
Ritmik vurma hareketi tüm bireylerde görülen bir davranış olmayıp sadece bazı bireyler tarafından gerçekleştirilir. Bu bakımdan ritmik vurma hareketini gösterip göstermemek Türkiye körfareleri için bireysel varyasyondur. Aynı zamanda körfare sismik sinyal aktivitesi ile saldırgan özellik sayılan karakterler arasında bir korelasyon bulunmaktadır. Birçok iletişim sistemlerinde iletilen bilgi sinyal biçimi ile korelasyonlu olarak sinyali gönderen bireyin kalitesi veya durumu ile ilgili bilgiyi de taşır (Bradbury and Vehrencamp 1998). Örneğin Kır kırlangıçların erkeklerinde (*Hirundo rustica*) daha yüksek kalitede olanlarının daha uzun süslü kuyruklu olmaya meyilli olması (Møller 1988), dişi kağıt arılarının (*Polistes dominulus*) daha kırılğan yüzlü olanlarının daha iyi kavgacılığa meyilli olması (Tibbetts and Dale 2007) ve siklid balıklarında (*Pundamilia nyererei*) daha kırmızı yan yüzeylere sahip olanların daha iyi immün cevaplara sahip olması (Dijkstra et al. 2007) buna örnek olarak verilebilir. Canlının bir özelliği ile davranışsal bir karakterin arasındaki korelasyon “Hayvan kişiliği” (Dall et al. 2004) veya “Davranış sendromu” (Sih et al. 2004) olarak bilinir.

Zuri and Terkel (1996) körfare bireyleri arasında yuva işgalinin yaygın olduğunu rapor etmiştir. Muhtemelen saldırgan yapıda olan bir birey kendi yuvasını işgalci bireylere karşı korumada daha başarılıdır ve bu karakterdeki bireyler seleksiyon ile seçilir. Saldırganlık

davranışı körfare biyolojisinde önemli bir yere sahip olup yuvadan ayrılan bireylerin tekrar yuvaya dönmeleri için anne tarafından kullanılan bir ikna yöntemidir (Zuri and Terkel 1998). İsrail körfarelerindeki farklı sitotipler arasındaki karşılaştırmalarda ritmik vurma davranışı bir üreme öncesi izolasyon mekanizması olarak görev yapar ve hem tür içi hem de türler arası etkileşimlerde bireye ait bir alanın diğer bireylere ilan edilmesinde rol alır (Heth and Nevo 1981). İsrail körfarelerinde sitotipler arasındaki saldırganlık sitotip içerisine göre daha şiddetlidir ve bir davranış izolasyonu olarak kabul edilen bu durum sitotipler arasındaki hibridizasyonu engeller (Nevo et al. 1986). Elde ettiğimiz bulgulara göre, körfarelerin saldırgan olanlarının ritmik vurma hareketi meydana getirirken saldırgan olmayanların ritmik vurma davranışını göstermezler (Şekil 3.2, Çizelge 3.9). Muhtemelen körfareler saldırgan mizaçlarını ritmik vurma hareketi ile diğer bireylere duyururlar. Sismik sinyalleşme yapan bireylerin daha saldırgan olmaları bu bireyler açısından faydalı bir durum gibi görünmektedir. Çünkü sinyali gönderen birey kendine ait olan teritoryumu diğerlerine ilan eder ve böylece kendi bulunduğu alanın saldırgan bir bireye ait olduğu mesajını iletir. Böylelikle kısıtlı ve buldukları yerleri bilinmesi zor olduğu için savunulması önemli olan besin kaynakları herhangi bir öldürücü kavgaya gerek kalmadan sismik sinyaller sayesinde savunulduğunu önermekteyiz.

Ritmik vurma davranışı meydana getirmeyen bireyler ise saldırgan olmayan bireylerdir ve saldırgan olmama durumu tamamen olumsuz bir durum olarak değerlendirilemez. Ritmik vurma davranışı meydana getirmeyen körfarelerin yeni yerler keşfetmede ve dolayısı ile de körfarelerin yayılışında önemli rol oynarlar. Christian (1970), hayvanların yayılışında üstünlük kurma hipotezini önermektedir. Bu hipotez, popülasyon yoğunluğu ile birlikte tür içi rekabetin artması durumunda baskın bireylerin baskıya boyun eğen itaatkar bireyleri doğdukları teritoryumdan uzaklaşmaya zorlandığını savunmaktadır. Christian (1970)'in boyun eğme hipotezi ile körfarelerdeki yayılış arasındaki ilişki uyumludur. Bu hipoteze göre saldırgan olan bireyler daha az saldırgan olan ve baskıya boyun eğen bireyleri doğdukları teritoryumdan uzaklaştırırlar. Diğer taraftan hayvanlardaki saldırgan olmayan bireylerin yeni çevrelere adaptasyon başarısı saldırgan olanlara göre daha fazladır. Örneğin, büyük baştankaralar ile yapılan deneylerde saldırgan olan bireylerin yeni bir habitatta besin arama işinde daha az başarılı oldukları ve saldırgan olmayanların ise daha başarılı oldukları rapor edilmiştir (Dingemanse et al. 2003). Körfareler içerisinde sismik sinyal oluşturmayan ve aynı zamanda da saldırgan olmayan bireyler muhtemelen periferdeki yeni alanları keşfetmede ya oldukça iyi bir biçimde başarılı olmuşlar veya daha saldırgan bireyler tarafından periferde

doğru sürülmüş olabilirler. Daha büyük vücuda sahip bireylerin daha saldırgan ve ritmik vurma hareketi bakımından daha başarılı olabileceği anlamlı bir durum gibi görünmektedir. Ancak elde ettiğimiz sonuçlarda canlının ağırlığı ile ritmik vurma davranışı veya saldırganlık arasında bir korelasyon tespit edilmemiştir. Saldırganlık verisi sadece $2n = 60$ sitotipi içerisinde toplanmış olup farklı sitotipler arasında bir değerlendirme yapılmamıştır.



şekil 4.1 Batı Türkiye’deki Kórfarelerin kromozomal evrimi (Matur 2013).

Sonuç olarak;

Kórfare ritmik vurma davranışı sonucunda toprakta 25 - 50 Hz bandında sismik sinyaller meydana gelir ve bu sinyaller kumlu toprakta, kórfareden 17 uzaklığa yerleştirmiş olduğumuz jeofonlara kadar ulaşmıştır. 15 birim genlikli sismik sinyaller, 17 m yarıçapında bir alanda etki göstererek uzak mesafeli iletişimde kórfareler için bir iletişim kanalı olarak görev yaparlar.

Kórfarelerdeki sismik sinyallerin yapıları ses bileşenlerinden olan sinyal uzunluğu, sinyaldeki tepe sayısı ve sinyaldeki tepe arası mesafe gibi sinyal özelliklerinin yanında toprakta yayılan sinyallerin Frekans, genlik ve hız gibi özellikleri açısından bu çalışmada değerlendirildi. Laboratuvar ortamında kaydedilen ritmik vurma davranışı verilerinin analizi ile kórfare sinyallerinin farklı yaklaşık 3 günlük zamanlarda aralıklarındaki tekrarlı ölçümler arasında değişken olmayıp benzer olduğu ortaya çıkarıldı. Tekrarlı ölçümler arasında el ettiğimiz benzer sonuç kórfare sinyallerinin zaman içerisinde sabit olup, rastgele değişen yapıda

olmadığını belirtmiştir. Diğer taraftan iklim ve toprak tipi bakımından farklı ekolojik koşullarda yayılış gösteren Anadolu körfareleri sitotip içerisinde benzer sinyal yapılarını kullanmaktadırlar. Canlının yaşamış olduğu iklim ve toprak tiplerindeki farklılıklar körfare sinyallerinde bir farklılaşmaya neden olmaz.

Körfare sinyalleri süre açısından uzun veya kısa olabilmekteyken ve hız bakımından ise hızlı veya yavaş olabilmektedir. Farklı $2n$ varyasyonları arasında karakteristik özellikler taşırken bu karakteristik özellikler ise sinyalin süreleri ve hızlarıdır. $2n = 60$ sitotipinde sinyaller hızlı olup canlının iki kez başını vurması arasında geçen süre (T_a) ortalama 0,70 sn iken $2n = 38$ sitotipinde en yavaştır ve bu değer ortalama 0,110 sn kadardır. $2n = 52$ sitotipinde ise T_a değeri $2n = 38$ sitotipine çok yakın olup 0,115 civarındadır. Diğer taraftan, $2n = 60$ en kısa sinyalleri oluşturmaktadır ve ortalama sinyal uzunluğu (T_u) en fazla 0,424 sn'dir. $2n = 38$ daha uzun sinyaller oluşturur ve bu uzunluk 0,720 sn'ye kadar ulaşır. En uzun sinyalleri oluşturan $2n = 52$ sitotipinde sinyal uzunluğu (T_u) 1,2 sn'dir. Bir sinyalde en fazla tepe bulunduran bireyler $2n =$ sitotipindedir ve ortalama 10 adet olabilir. $2n = 60$ sitotipinde bu değerler 6 iken $2n = 38$ sitotipinde 4 adettir. Sinyal yapısındaki farklılıklar körfare sitotipleri arasındaki davranışsal izolasyonu işaret etmektedir. Sitotipler arasındaki farklı sinyal yapıları davranışsal izolasyonu işaret ederken sitotip içerisindeki NF varyasyonları (sitotip içerisindeki farklı NF varyasyonları) arasındaki benzerlikler ise aralarında izolasyonun olmadığına kanıtlar sunmaktadır. Diğer taraftan eşeyler arasındaki sinyaller arasında farklılık olmadığı belirlendi.

Sinyal üretmek açısından bireylerde varyasyon görülüp tüm bireyler sismik sinyal oluşturmazlar. Sismik sinyalleri oluşturmak saldırganlık ile korelasyonludur. Saldırganlık ve sismik sinyalleşme arasındaki ilişki, davranış sendromu ile açıklanır.

KAYNAKLAR

- Aicher B and Tautz J** (1990) Vibrational communication in the fiddler crab, *Uca pugilator*. *J. Comp. Physiol. A*, 166 (3): 345-353.
- Altmann J** (1974) Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 227-267.
- Arslan A and Zima J** (2014) Karyotypes of the mammals of Turkey and neighbouring regions: a review. *Folia Zool.*, 63 (1): 1-62.
- Atalay A** (2004) *Toprak tipleri ve Türkiye'nin genel toprak profilleri*, Meteksan, Ankara.
- Barrows E** (2001) Animal behavior desk reference: a dictionary of animal behavior, ecology, and evolution.
- Begall S, Burda H and Schleich C E** (2007) *Subterranean rodents: news from underground*, Springer.
- Bennett N C and Jarvis J U M** (1988) The reproductive biology of the Cape mole-rat, *Georchus capensis* (Rodentia, Bathyergidae). *J. Zool.*, 214 (1): 95-106.
- Boughman J W** (2002) How sensory drive can promote speciation. *Trends Ecol. Evol.*, 17 (12): 571-577.
- Bouley D M, Alarcon C N, Hildebrandt T, O'Connell R and Caitlin E** (2007) The distribution, density and three dimensional histomorphology of Pacinian corpuscles in the foot of the Asian elephant (*Elephas maximus*) and their potential role in seismic communication. *J. Anat.*, 211 (4): 428-435.
- Bradbury J W and Vehrencamp S L** (1998) *Principles of animal communication*.
- Briscoe A** (1998) Molecular diversity of visual pigments in the butterfly *Papilio glaucus*. *Naturwissenschaften*, 85 (1): 33-35.
- Bronchti G, Heil P, Scheich H and Wollberg Z** (1989) Auditory pathway and auditory activation of primary visual targets in the blind mole rat (*Spalax ehrenbergi*): I. 2 deoxyglucose study of subcortical centers. *J. Comp. Neurol.*, 284 (2): 253-274.
- Brownell P H and van Hemmen J L** (2001) Vibration sensitivity and a computational theory for prey-localizing behavior in sand scorpions. *Am. Zool.*, 41 (5): 1229-1240.
- Brückmann G and Burda H** (1997) Hearing in blind subterranean Zambian mole-rats (*Cryptomys* sp.): collective behavioural audiogram in a highly social rodent. *J. Comp. Physiol. A*, 181 (1): 83-88.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Caro T M, Graham C M, Stoner C J and Vargas J K** (2004) Adaptive significance of antipredator behaviour in artiodactyls. *Anim. Behav.*, 67 (2): 205-228.
- Chittka L** (1996) Does bee color vision predate the evolution of flower color? *Naturwissenschaften*, 83 (3): 136-138.
- Christian J J** (1970) Social subordination, population density, and mammalian evolution. *Science*, 168 (3927): 84-90.
- Corbet G B** (1978) *Mammals of the Palearctic Region: A Taxonomic Review*, British Mus. Nat. History, London, 1-314.
- Çolak F, Matur F, Sevindik M, Irmak S, Çoğal M and Sözen M** (2010) Seismic communication in Turkish blind mole rat. *International conference on Rodent Biology, Rodens et Spatium*, 88
- Dall S R, Houston A I and McNamara J M** (2004) The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecol. Lett.*, 7 (8): 734-739.
- Davies N B, Krebs J R and West S A** (2012) *An introduction to behavioural ecology*, John Wiley & Sons.
- Dewsbury D A, Estep D Q and Oglesby J M** (1978) Copulatory behaviour and the initiation of pregnancy in Israeli gerbils (*Meriones tristrami*). *Biology of Behavior*, 3 (243): 57.
- Dingemanse N J, Both C, Van Noordwijk A J, Rutten A L and Drent P J** (2003) Natal dispersal and personalities in great tits (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270 (1516): 741-747.
- Drosopoulos S and Claridge M F** (2005) *Insect sounds and communication: physiology, behaviour, ecology, and evolution*, CRC Press.
- Eisenberg J F** (1963) A comparative study of sandbathing behavior in heteromyid rodents. *Behaviour*, 16-23.
- Elias D O, Mason A C and Hebets E** (2010) A signal-substrate match in the substrate-borne component of a multimodal courtship display.
- Elias D O, Mason A C and Hoy R R** (2004) The effect of substrate on the efficacy of seismic courtship signal transmission in the jumping spider *Habronattus dossenus* (Araneae: Salticidae). *J. Exp. Biol.*, 207 (23): 4105-4110.
- Endler J A and Basolo A L** (1998) Sensory ecology, receiver biases and sexual selection. *Trends Ecol. Evol.*, 13 (10): 415-420.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Giannoni S, Marquez R and Borghi C E** (1997) Airbone and substrate-borne comuncations of *Microtus (Terricola) gerbei* and *M. (T.) duodecimcostatus*. *Theriologica* 42 (2): 123-141.
- Gosling S D** (2001) From mice to men: what can we learn about personality from animal research? *Psychological bulletin*, 127 (1): 45.
- Gregory J, McIntyre A K and Proske U** (1986) Vibration-evoked responses from lamellated corpuscles in the legs of kangaroos. *Exp. Brain Res.*, 62 (3): 648-653.
- Hadid Y, Németh A, Snir S, Pavlíček T, Csorba G, Kázmér M, Major Á, Mezhzherin S, Rusin M and Coşkun Y** (2012) Is evolution of blind mole rats determined by climate oscillations? *PloS one*, 7 (1): e30043.
- Harrison D L and Bates P J J** (1991) *The mammals of Arabia*, Harrison Zoological Museum Sevenoaks.
- Hartline P H** (1971) Physiological basis for detection of sound and vibration in snakes. *J. Exp. Biol.*, 54 (2): 349-371.
- Hebets E A** (2008) Seismic signal dominance in the multimodal courtship display of the wolf spider *Schizocosa stridulans* Stratton 1991. *Behav. Ecol.*, 19 (6): 1250-1257.
- Heth G, Frankenberg E and Nevo E** (1986) Adaptive optimal sound for vocal communication in tunnels of a subterranean mammal (*Spalax ehrenbergi*). *Experientia*, 42 (11-12): 1287-1289.
- Heth G, Frankenberg E, Pratt H and Nevo E** (1991) Seismic Communication In The Blind Subterranean Mole-Rat-Patterns Of Head Thumping And Of Their Detection In The *Spalax ehrenbergi* Superspecies In Israel. *J. Zool.*, 224 633-638.
- Heth G, Frankenberg E, Raz A and Nevo E** (1987) Vibrational communication in subterranean mole rats (*Spalax ehrenbergi*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 21 (1): 31-33.
- Heth G and Nevo E** (1981) Origin and evolution of ethological isolation in subterranean mole rats. *Evolution*, 259-274.
- Hill P M** (2009) How do animals use substrate-borne vibrations as an information source? *Naturwissenschaften*, 96 (12): 1355-1371.
- Hill P S** (2008) *Vibrational communication in animals*, Harvard University Press.
- Howe R J** (1978) Agonistic behavior of three sympatric species of woodrats (*Neotoma mexicana*, *N. albigula*, and *N. stephensi*). *J. Mammal.*, 780-786.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Hrouzková E, Dvořáková V, Jedlička P and Šumbera R** (2013) Seismic communication in demon African mole rat *Tachyoryctes daemon* from Tanzania. *J. Ethol.*, 31 (3): 255-259.
- Huber F and Markl H** (1983) *Neuroethology and behavioral physiology. Roots and growing points*, Springer-Verlag.
- Hunt C** (1961) On the nature of vibration receptors in the hind limb of the cat. *The Journal of physiology*, 155 (1): 175-186.
- Jarvis J and Bennett N** (1991) Ecology and behavior of the family Bathyergidae. *The biology of the naked mole-rat*, 66-96.
- Kandemir I, Sözen M, Matur F, Kankilic T, Çolak F, Özkurt S and Çolak E** (2012) Phylogeny of species and cytotypes of mole rats (Spalacidae) in Turkey inferred from mitochondrial cytochrome b gene sequences. *Folia Zool.*, 61 (1): 25-33.
- Kankilic T and Gürpınar C** (2014) Revised classification design of the Anatolian species of *Nannospalax* (Rodentia: Spalacidae) using RFLP analysis. *Turk. J. Zool.*, 38 (1): 67-78.
- Kay F R and Whitford W G** (1978) The burrow environment of the banner-tailed kangaroo rat, *Dipodomys spectabilis*, in southcentral New Mexico. *Am. Midl. Nat.*, 270-279.
- Kenagy G** (1973) Daily and seasonal patterns of activity and energetics in a heteromyid rodent community. *Ecology*, 1201-1219.
- Kenagy G** (1976) Field observations of male fighting, drumming, and copulation in the Great Basin kangaroo rat, *Dipodomys microps*. *J. Mammal.*, 781-785.
- Kıvanç E** (1998) Geographic variations of Turkish Spalax's (Mammalia: Rodentia) [in Turkish] Ankara University, PhD thesis (unpublished), Ankara 88.
- Kimchi T, Reshef M and Terkel J** (2005) Evidence for the use of reflected self-generated seismic waves for spatial orientation in a blind subterranean mammal. *J. Exp. Biol.*, 208 (4): 647-659.
- Kimchi T and Terkel J** (2003) Mole rats (*Spalax ehrenbergi*) select bypass burrowing strategies in accordance with obstacle size. *Naturwissenschaften*, 90 (1): 36-39.
- Kimchi T and Terkel J** (2002) Seeing and not seeing. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 12 (6): 728-734.
- Kirkpatrick M** (1996) Good genes and direct selection in the evolution of mating preferences. *Evolution*, 2125-2140.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kryštufek B, Ivanitskaya E, Arslan A, Arslan E and Bužan E V** (2012) Evolutionary history of mole rats (genus *Nannospalax*) inferred from mitochondrial cytochrome b sequence. *Biol. J. Linn. Soc.*, 105 (2): 446-455.
- Kryštufek B and Vohráňk V** (2009) *Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia II. Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Hystricidae, Castoridae*, Bibliotheca Annales Majora, Koper.
- Leary S, Underwood W, Anthony R, Cartner S, Corey D, Grandin T, Greenacre C B, Gwaltney-Bran S, McCrackin M A and Meyer R** (2013) AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2013 edition.
- Levins R** (1962) Theory of fitness in a heterogeneous environment. I. The fitness set and adaptive function. *Am. Nat.*, 361-373.
- Lewis E R and Narins P M** (1985) Do frogs communicate with seismic signals. *Science*, 227 (4683): 187-189.
- Lewis E R, Narins P M, Cortopassi K A, Yamada W M, Poinar E H, Moore S W and Yu X-I** (2001) Do male white-lipped frogs use seismic signals for intraspecific communication? *Am. Zool.*, 41 (5): 1185-1199.
- Marchetti K** (1993) Dark habitats and bright birds illustrate the role of the environment in species divergence. *Nature*, 362 (6416): 149-152.
- Mason M J and Narins P M** (2001) Seismic signal use by fossorial mammals. *Am. Zool.*, 41 (5): 1171-1184.
- Matur F, Çolak F, Ceylan T, Sevindik M and Sözen M** (2013) Chromosomal evolution in the genus *Nannospalax* (Mammalia: Rodentia) from West Türkiye. *Turk. J. Zool.*, 37 470-487.
- Matur F and Sözen M** (2005) A karyological study on subterranean mole rats of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia) superspecies in northwestern Turkey. *Zool. Middle East*, 36 (1): 5-10.
- Miles R N, Cocroft R B, Gibbons C and Batt D** (2001) A bending wave simulator for investigating directional vibration sensing in insects. *J. Acoust. Soc. Am.*, 110 (1): 579-587.
- Møller A P** (1988) False alarm calls as a means of resource usurpation in the great tit *Parus major*. *Ethology*, 79 (1): 25-30.
- Moore A J** (1994) Genetic evidence for the “good genes” process of sexual selection. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 35 (4): 235-241.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Narins P M, Reichman O, Jarvis J U and Lewis E R** (1992) Seismic signal transmission between burrows of the Cape mole-rat, *Georychus capensis*. *J. Comp. Physiol. A*, 170 (1): 13-21.
- Nevo E** (1979) Adaptive convergence and divergence of subterranean mammals. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 269-308.
- Nevo E** (1986) *Evolutionary behavior genetics in active speciation and adaptation of fossorial mole rats*, Accademia Nazionale dei Lincei.
- Nevo E** (1991) Evolutionary theory and processes of active speciation and adaptive radiation in subterranean mole rats; *Spalax ehrenbergi* superspecies, in Israel. *Evolutionary Biology*, 25 1-125.
- Nevo E** (1961) Observations on Israeli populations of the mole rat *Spalax ehrenbergi* Nehring 1898. *Mammalia*, 25 (2): 127-144.
- Nevo E, Filippucci M G, Redi C, Simson S, Heth G and Beiles A** (1995) Karyotype and genetic evolution in speciation of subterranean mole rats of the genus *Spalax* in Turkey. *Biol. J. Linn. Soc.*, 54 (3): 203-229.
- Nevo E, Heth G, Beiles A and Frankenberg E** (1987) Geographic dialects in blind mole rats: role of vocal communication in active speciation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 84 (10): 3312-3315.
- Nevo E, Heth G and Pratt H** (1991) Seismic communication in a blind subterranean mammal: a major somatosensory mechanism in adaptive evolution underground. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88 (4): 1256-1260.
- Nevo E, Naftali G and Guttman R** (1975) Aggression patterns and speciation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 72 (8): 3250-3254.
- Nowak R M** (1999) *Walker's Mammals of the World*, JHU Press.
- O'Connell-Rodwell C, Hart L and Arnason B** (2001) Exploring the potential use of seismic waves as a communication channel by elephants and other large mammals. *Am. Zool.*, 41 (5): 1157-1170.
- O'Connell C E, Arnason B T and Hart L A** (1997) Seismic transmission of elephant vocalizations and movement. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 102 (5): 3124-3124.
- Oakley T H and Cunningham C W** (2002) Molecular phylogenetic evidence for the independent evolutionary origin of an arthropod compound eye. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (3): 1426-1430.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Orr M R and Smith T B** (1998) Ecology and speciation. *Trends Ecol. Evol.*, 13 (12): 502-506.
- Proske U** (1969) Vibration-sensitive mechanoreceptors in snake skin. *Exp. Neurol.*, 23 (2): 187-194.
- R Core Team** (2012) R: A language and environment for statistical computing.
- Rado R, Himelfarb M, Arensburg B, Terkel J and Wollberg Z** (1989) Are seismic communication signals transmitted by bone conduction in the blind mole rat? *Hear. Res.*, 41 (1): 23-29.
- Rado R, Levi N, Hauser H, Witcher J, Alder N, Intrator N, Wollberg Z and Terkel J** (1987) Seismic signalling as a means of communication in a subterranean mammal. *Anim. Behav.*, 35 (4): 1249-1251.
- Rado R, Wollberg Z and Terkel J** (1991) The ontogeny of seismic communication during dispersal in the blind mole rat. *Anim. Behav.*, 42 (1): 15-21.
- Randall J and Lewis E** (1997) Seismic communication between the burrows of kangaroo rats, *Dipodomys spectabilis*. *J. Comp. Physiol. A*, 181 (5): 525-531.
- Randall J A** (1984) Territorial defense and advertisement by footdrumming in bannertail kangaroo rats (*Dipodomys spectabilis*) at high and low population densities. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 16 (1): 11-20.
- Randall J A** (1989) Individual footdrumming signatures in banner-tailed kangaroo rats *Dipodomys spectabilis*. *Anim. Behav.*, 38 (4): 620-630.
- Randall J A** (1991) Mating strategies of a nocturnal, desert rodent (*Dipodomys spectabilis*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 28 (3): 215-220.
- Randall J A** (1993) Behavioural adaptations of desert rodents (Heteromyidae). *Anim. Behav.*, 45 (2): 263-287.
- Randall J A** (1994) Convergences and Divergences in Communication and Social-Organization of Desert Rodents. *Aust. J. Zool.*, 42 (4): 405-433.
- Randall J A** (1995) Modification of footdrumming signatures by kangaroo rats: changing territories and gaining new neighbours. *Anim. Behav.*, 49 (5): 1227-1237.
- Randall J A** (1997) Species-specific footdrumming in kangaroo rats: *Dipodomys ingens*, *D. deserti*. *Anim. Behav.*, 54 (5): 1167-1175.
- Randall J A** (2001) Evolution and function of drumming as communication in mammals. *Am. Zool.*, 41 (5): 1143-1156.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Randall J A** (2010) Drummers and stompers: vibrational communication in mammals. *The use of vibrations in communication: properties, mechanisms and function across taxa. Transworld Research Network, Trivandrum*, 99-120.
- Randall J A** (2014) *Vibrational Communication: Spiders to Kangaroo Rats*, Springer, Netherlands.
- Randall J A and Matocq M D** (1997) Why do kangaroo rats (*Dipodomys spectabilis*) footdrum at snakes? *Behav. Ecol.*, 8 (4): 404-413.
- Randall J A and Stevens C M** (1987) Footdrumming and other anti-predator responses in the bannertail kangaroo rat (*Dipodomys spectabilis*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 20 (3): 187-194.
- Rasmussen L and Munger B L** (1996) The sensorineural specializations of the trunk tip (finger) of the Asian elephant, *Elephas maximus*. *The Anatomical Record*, 246 (1): 127-134.
- Reby D and McComb K** (2003) Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags. *Anim. Behav.*, 65 (3): 519-530.
- Reichman O and Smith S C** (1990) Burrows and burrowing behavior by mammals. *Current mammalogy*, 2 197-244.
- Rogers L J and Kaplan G T** (2000) *Songs, roars, and rituals: Communication in birds, mammals, and other animals*, Harvard University Press.
- Rohlf F J** (2000) *NTSYS-PC Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System v. 2.1. Manual*, Applied Biostatistics Inc, New York.
- Rose T A, Munn A J, Ramp D and Banks P B** (2006) Foot thumping as an alarm signal in macropodoid marsupials: prevalence and hypotheses of function. *Mammal. Rev.*, 36 (4): 281-298.
- Rosenzweig M L** (1987) Habitat selection as a source of biological diversity. *Evol. Ecol.*, 1 (4): 315-330.
- Ryan M J and Wilczynski W** (1988) Coevolution of sender and receiver: Effect on local mate preference in cricket frogs. *Science(Washington)*, 240 (4860): 1786-1788.
- Savic I and Nevo E** (1989) The Spalacidae: evolutionary history, speciation and population biology. *Prog. Clin. Biol. Res.*, 335 129-153.
- Seehausen O, van Alphen J J and Witte F** (1997) Cichlid fish diversity threatened by eutrophication that curbs sexual selection. *Science*, 277 (5333): 1808-1811.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Sensoy S, Memircan M, Ulupınar Y and Balta İ** (2008) Climate of Turkey. *Climate of Turkey. 2007. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 13 Feb. 2009* <http://www.dmi.gov.tr/index.aspx>,
- Shapiro J A** (1998) Thinking about bacterial populations as multicellular organisms. *Annual Reviews in Microbiology*, 52 (1): 81-104.
- Sih A, Bell A and Johnson J C** (2004) Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends Ecol. Evol.*, 19 (7): 372-378.
- Sözen M** (2005) Türkiye *Spalax guldenstaedt*, 1770 (mammalia: rodentia)'lar üzerine biyolojik bir araştırma. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 167-181.
- Sözen M, Çolak F, Sevindik M and Matur F** (2013) Cytotypes of *Nannospalax xanthodon* (Satunin, 1898) (Rodentia: Spalacidae) from Western Anatolia. *Turk. J. Zool.*, 37 462-469.
- Sözen M, Matur F, Colak E, Ozkurt S and Karatas A** (2006) Some karyological records and a new chromosomal form for *Spalax* (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Folia Zool.*, 55 (3): 247.
- SPSS C** (1990) *Statistical Package for Social Science*, Statistical Package for Social Sciences Inc. Chicago, IL.
- Stevens M, Hopkins E, Hinde W, Adcock A, Connolly Y, Troscianko T and Cuthill I C** (2007) Field experiments on the effectiveness of 'eyespot' as predator deterrents. *Anim. Behav.*, 74 (5): 1215-1227.
- Thioulouse J and Dray S** (2007) Interactive Multivariate Data Analysis in R with the ade4 and ade4TkGUI Packages. *Journal of Statistical Software*, 22 (5): 1-14.
- Tibbetts E A and Dale J** (2007) Individual recognition: it is good to be different. *Trends Ecol. Evol.*, 22 (10): 529-537.
- Topachevskii W** (1969) Fauna USSR Spalacidae. *Leningrad, USSR: Nauka (English translation: Springfield, VA, USA: US Department Of Commerce National Technical Information Service)*.
- Vleck D** (1979) The energy cost of burrowing by the pocket gopher *Thomomys bottae*. *Physiol. Zool.*, 122-136.
- Vleck D** (1981) Burrow structure and foraging costs in the fossorial rodent, *Thomomys bottae*. *Oecologia*, 49 (3): 391-396.
- Ward D W and Randall J A** (1987) Territorial defense in the bannertail kangaroo rat (*Dipodomys spectabilis*): footdrumming and visual threats. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 20 (5): 323-328.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Webb S D** (1966) A relict species of the burrowing rodent, *Mylagaulus*, from the Pliocene of Florida. *J. Mammal.*, 401-412.
- Webb S D** (1977) A history of savanna vertebrates in the New World. Part I: North America. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 355-380.
- Wilson D E and Reeder D M** (1993) Mammal species of the world.: a taxonomic and geographic reference.
- Yiğit N, Çolak E, Sözen M and Karataş A** (2006) *Rodents of Türkiye*, Meteksan, Ankara.
- Young B A** (2010) Vibration detection in snakes. *The use of vibrations in communication: properties, mechanisms and function across taxa. Transworld Research Network, Trivandrum*, 85-98.
- Zuri I and Terkel J** (1996) Locomotor patterns, territory, and tunnel utilization in the mole rat *Spalax ehrenbergi*. *J. Zool.*, 240 (1): 123-140.
- Zuri I and Terkel J** (1998) Ontogeny of agonistic behaviour in dispersing blind mole rats (*Spalax ehrenbergi*). *Aggress. Behav.*, 24 (6): 455-470.

**EK AÇIKLAMALAR A
ARAZİ FOTOĞRAFLARI**



A.1 $2n = 60$, $NF = 74$ sitotipi örneklerinin habitatu (Korkuteli Antalya).



A.2 Lokalite fotoğrafı 2 (Gölbaşı, Ankara).



A.3 Lokalite fotoğrafı 3 (Küçük Karıştıran, Lüleburgaz).



A.4 Örnek yakalamak için açılmış bir körfare yuvası (Çanakkale).

EK AÇIKLAMALAR B
KULLANILAN VERİLER

Çizelge B.1 Çok boyutlu ölçekleme analizinde kullanılan veriler.

Temel bileşenler analizi ve Varyans analizleri ile değerlendirilen sitotiplere ait veri No: Birey numarası, Ta: Tepe arası mesafe, Tu: Tepe uzunluğu, Ts: Tepe sayısı, akt: toplam 15 ölçüm tekrarı suresince gösterilen aktivite miktarı.

No	2n	Ta	Tu	Ts	Aktivite sayısı
1	60	0,08	0,324	4,87	11
2	60	0,09	0,306	4,16	10
3	60	0,071	0,318	5,32	6
4	60	0,065	0,233	4,54	3
5	60	0,078	0,307	4,37	5
6	60	0,064	0,242	4,79	4
7	60	0,066	0,208	3,43	5
8	60	0,069	0,29	5,16	4
9	60	0,072	0,378	6,14	10
10	60	0,078	0,428	5,93	3
11	60	0,079	0,24	4,04	5
12	60	0,081	0,42	6,81	4
13	60	0,078	0,274	4,62	8
14	60	0,082	0,424	6,1	6
15	60	0,078	0,423	6,28	4
16	60	0,072	0,391	6,53	8
17	60	0,088	0,302	4,52	6
18	60	0,083	0,328	4,94	7
19	60	0,073	0,25	4,54	8
20	60	0,086	0,276	4,19	7
21	60	0,07	0,293	5,16	6
22	60	0,07	0,231	4,24	5
23	60	0,1	0,369	4,77	3
24	60	0,073	0,224	3,91	8
25	60	0,072	0,262	4,63	7
26	60	0,064	0,378	5,16	5
27	60	0,066	0,316	4,24	3
28	60	0,073	0,196	3,67	8
29	60	0,103	0,344	4,25	4
30	60	0,087	0,332	4,82	11

31	60	0,075	0,216	3,86	8
32	60	0,072	0,391	6,53	5
33	60	0,094	0,32	4,36	6
34	60	0,073	0,196	3,67	4
35	60	0,083	0,42	6,22	14
36	60	0,069	0,307	5,5	5
37	60	0,077	0,148	2,9	8
38	60	0,076	0,208	3,67	7
39	60	0,081	0,316	4,84	8
40	60	0,076	0,249	4,3	4
41	52	0,113	0,661	6,67	6
42	52	0,113	1,022	9,96	8
43	52	0,118	0,8	7,8	5
44	52	0,116	0,768	8,18	9
45	52	0,109	0,627	6,75	8
46	52	0,104	0,952	10,64	4
47	52	0,134	1,118	9,28	11
48	52	0,13	0,637	5,86	12
49	52	0,136	1,281	10,41	4
50	52	0,109	0,616	6,66	5
51	52	0,108	0,673	6,73	4
52	38	0,139	0,441	3,5	9
53	38	0,102	0,486	4,73	3
54	38	0,102	0,518	5,43	9
55	38	0,129	0,345	3,27	3
56	38	0,095	0,448	4,7	9
57	38	0,111	0,358	3,25	3
58	38	0,139	0,72	6,05	5
59	38	0,104	0,499	5,81	3
60	38	0,119	0,41	4,5	3
61	38	0,117	0,486	5,18	5

Çizelge B.2 Sismik aktivite ve saldırganlık ilişkisi için kullanılan veri.

No	Ağırlık (gr)	Aktivite Sayısı	Gicirdatma	Donma	Saldırma	Isırma	İtme	Hirilti	Kazıma	Ciyaklama	Kaçma
1	176	11	6	0	7	6	12	7	0	5	0
2	150	10	8	0	6	8	10	5	2	0	0
3	257	6	5	1	8	6	2	0	0	0	0
4	213	3	5	5	5	8	6	0	2	0	0
5	248	5	3	0	4	6	7	1	0	0	0
6	273	4	5	0	7	8	5	5	0	4	0
7	188	5	2	2	6	6	4	0	1	0	0
8	246	4	6	0	8	8	0	6	0	0	0
9	233	10	6	0	10	5	13	0	3	0	0
10	130	3	8	3	6	8	6	0	0	0	0
11	295	6	0	0	6	2	3	0	0	0	1
12	200	5	7	1	9	8	0	3	0	2	0
13	157	3	6	0	4	11	2	0	0	0	0
14	148	8	4	0	8	8	1	0	2	0	0
15	230	7	8	0	3	6	0	0	0	0	0
16	152	5	9	1	8	8	6	0	0	0	3
17	165	3	3	0	4	8	5	3	1	1	0
18	130	8	8	0	8	8	8	0	0	0	0
19	200	4	6	1	12	8	6	0	1	0	0
20	154	11	4	6	8	6	6	3	0	0	1
21	168	8	2	0	8	2	5	0	0	0	0
22	198	5	6	0	8	8	3	0	0	0	0
23	148	6	7	3	6	3	8	0	3	0	0
24	178	4	4	6	8	8	1	6	1	0	0
25	159	14	2	6	8	9	0	2	0	0	0
26	145	8	8	0	6	1	3	1	0	2	0
27	224	6	4	0	6	1	8	0	1	0	0
28	116	4	6	1	6	2	5	0	0	0	1
29	209	8	9	0	5	0	5	0	0	0	0
30	173	6	6	0	6	8	3	0	0	1	0
31	202	7	3	0	8	3	3	0	8	0	0
32	207	8	5	3	8	4	2	0	0	0	0
33	198	7	6	0	11	8	11	7	0	0	0
34	105	5	2	0	6	6	3	0	0	0	0
35	204	8	1	3	8	8	8	1	0	0	0
36	160	7	0	0	6	8	0	0	3	0	0
37	175	8	0	1	8	3	3	0	0	2	0
38	159	4	0	0	6	2	2	0	0	0	0
39	254	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
40	151	0	0	7	0	6	0	0	0	0	0
41	189	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5
42	205	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
43	187	0	0	0	9	0	0	0	0	0	4
44	217	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0

45	235	0	0	3	0	0	7	0	3	0	0
46	201	0	5	2	0	0	0	0	0	5	0
47	305	0	0	5	0	0	0	1	0	0	8
48	274	0	0	3	0	0	0	0	0	0	6
49	342	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
50	186	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0
51	221	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
52	159	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0
53	176	0	0	3	0	0	0	0	0	2	7
54	201	0	0	6	0	0	0	0	0	1	6
55	248	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
56	135	0	0	3	0	0	0	0	0	6	0
57	232	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
58	242	0	0	6	0	0	0	0	0	1	4
59	173	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
60	120	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0
61	222	0	0	6	0	0	0	0	0	0	5
62	195	0	0	8	0	0	0	0	1	0	8
63	140	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
64	256	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	235	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
66	154	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
67	222	0	0	8	0	0	0	0	0	0	5
68	215	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0
69	223	0	0	2	0	0	0	0	8	0	0
70	248	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0
71	187	0	7	8	0	0	0	0	6	0	0
72	137	0	4	1	0	0	0	0	3	0	6
73	81	0	0	2	0	0	0	3	1	0	0
74	143	0	0	8	0	0	0	0	0	1	6
75	165	0	0	1	0	0	0	0	2	0	6
76	128	0	6	2	0	0	0	0	0	0	4
77	233	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
78	173	0	0	3	6	4	4	0	0	0	2
79	215	0	0	2	0	5	7	0	0	0	3
80	145	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
81	253	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
82	156	0	0	8	0	0	0	0	1	0	0
83	183	0	0	3	0	0	0	0	0	1	9
84	241	8	6	0	6	6	3	5	0	0	0
85	308	8	8	0	9	8	8	8	2	0	0
86	222	6	2	0	6	9	2	0	0	0	0
87	119	8	9	1	6	12	2	9	0	0	0

Çizelge B.3 NF varyasyonları ve ekolojik özelliklerinin karşılaştırılması.

No	NF	Ekoloji	T _a	T _u	T _s	Aktivit e sayısı
1	78	kumlu	0,08	0,324	4,87	11
2	78	kumlu	0,09	0,306	4,16	10
3	78	kumlu	0,071	0,318	5,32	6
4	78	kumlu	0,065	0,233	4,54	3
5	78	kumlu	0,078	0,307	4,37	5
6	78	kumlu	0,064	0,242	4,79	4
7	78	kumlu	0,066	0,208	3,43	5
8	78	kumlu	0,069	0,29	5,16	4
9	78	kumlu	0,072	0,378	6,14	10
10	78	kumlu	0,078	0,428	5,93	3
11	78	kumlu	0,079	0,24	4,04	5
12	78	kumlu	0,081	0,42	6,81	4
13	78	balçık	0,078	0,274	4,62	8
14	78	balçık	0,082	0,424	6,1	6
15	78	balçık	0,078	0,423	6,28	4
16	78	balçık	0,072	0,391	6,53	8
17	78	balçık	0,088	0,302	4,52	6
18	78	balçık	0,083	0,328	4,94	7
19	78	balçık	0,073	0,25	4,54	8
20	78	balçık	0,086	0,276	4,19	7
21	80	yari kurak	0,07	0,293	5,16	6
22	80	yari kurak	0,07	0,231	4,24	5
23	80	yari kurak	0,1	0,369	4,77	3
24	80	yari kurak	0,073	0,224	3,91	8
25	80	yari kurak	0,072	0,262	4,63	7
26	80	yari kurak	0,064	0,378	5,16	5
27	80	yari kurak	0,066	0,316	4,24	3
28	80	yari nemli	0,073	0,196	3,67	8
29	80	yari nemli	0,103	0,344	4,25	4
30	80	yari nemli	0,087	0,332	4,82	11
31	80	yari nemli	0,075	0,216	3,86	8
32	80	yari nemli	0,072	0,391	6,53	5
33	80	yari nemli	0,094	0,32	4,36	6
34	80	yari nemli	0,073	0,196	3,67	4
35	80	yari nemli	0,083	0,42	6,22	14
36	74	NF = 74	0,069	0,307	5,5	5
37	74	NF = 74	0,077	0,148	2,9	8
38	74	NF = 74	0,076	0,208	3,67	7
39	74	NF = 74	0,081	0,316	4,84	8
40	74	NF = 74	0,076	0,249	4,3	4

Çizelge B.4 2n = 60 için ölçülebilir değişkenlerin ortalamaları

Örnek no	2n	NF	T _a		T _u		T _s	
507	60	78	0,079	± 0,009	0,324	± 0,145	4,867	± 1,781
509	60	78	0,089	± 0,013	0,306	± 0,117	4,164	± 1,319
514	60	78	0,071	± 0,006	0,318	± 0,103	5,315	± 1,533
515	60	78	0,065	± 0,005	0,233	± 0,058	4,54	± 0,676
517	60	78	0,078	± 0,007	0,307	± 0,125	4,369	± 1,741
518	60	78	0,064	± 0,004	0,242	± 0,063	4,795	± 1,03
519	60	78	0,066	± 0,007	0,208	± 0,083	3,435	± 0,896
520	60	78	0,069	± 0,003	0,29	± 0,1	5,164	± 1,381
522	60	78	0,072	± 0,004	0,378	± 0,175	6,139	± 2,294
523	60	78	0,078	± 0,009	0,428	± 0,202	5,93	± 2,604
528	60	80	0,070	± 0,005	0,293	± 0,054	5,161	± 0,727
529	60	80	0,070	± 0,005	0,231	± 0,054	4,235	± 0,741
530	60	80	0,098	± 0,013	0,369	± 0,118	4,767	± 1,307
531	60	80	0,073	± 0,007	0,224	± 0,111	3,914	± 1,087
532	60	80	0,072	± 0,006	0,262	± 0,053	4,628	± 0,618
550	60	74	0,069	± 0,005	0,307	± 0,178	5,5	± 2,646
552	60	74	0,077	± 0,008	0,148	± 0,064	2,9	± 0,738
554	60	74	0,076	± 0,008	0,208	± 0,092	3,667	± 1,047
555	60	74	0,081	± 0,005	0,316	± 0,135	4,839	± 1,551
556	60	74	0,076	± 0,004	0,249	± 0,139	4,3	± 1,889
801	60	80	0,078	± 0,006	0,274	± 0,075	4,621	± 0,775
802	60	80	0,082	± 0,008	0,424	± 0,16	6,097	± 1,72
803	60	80	0,078	± 0,003	0,423	± 0,1	6,278	± 1,179
804	60	80	0,072	± 0,003	0,391	± 0,115	6,532	± 1,231
805	60	80	0,090	± 0,007	0,273	± 0,057	4,037	± 0,649
806	60	80	0,086	± 0,005	0,302	± 0,073	4,52	± 0,77
807	60	80	0,082	± 0,008	0,328	± 0,1	4,938	± 1,156
809	60	80	0,072	± 0,004	0,25	± 0,07	4,542	± 0,773
813	60	80	0,086	± 0,006	0,276	± 0,063	4,188	± 0,693
815	60	80	0,073	± 0,003	0,321	± 0,099	5,37	± 1,334
901	60	78	0,072	± 0,004	0,292	± 0,109	5,024	± 1,49
902	60	78	0,077	± 0,004	0,234	± 0,057	4	± 0,756
903	60	78	0,073	± 0,009	0,196	± 0,103	3,667	± 1,397
904	60	78	0,093	± 0,007	0,344	± 0,156	4,25	± 0,957
905	60	78	0,087	± 0,004	0,332	± 0,089	4,818	± 1,006
906	60	78	0,075	± 0,008	0,216	± 0,119	3,857	± 1,512
908	60	78	0,094	± 0,009	0,32	± 0,054	4,364	± 0,505
911	60	78	0,081	± 0,006	0,42	± 0,158	6,217	± 2,044
998	60	78	0,079	± 0,007	0,24	± 0,064	4,043	± 0,759
999	60	78	0,077	± 0,014	0,42	± 0,156	6,806	± 1,957

Not: ± Standart sapmaları gösteriyor.

Çizelge B.5 2n = 38 için ölçülebilir değişkenlerin ortalamaları.

Örnek no	2n	NF	Ta	Tu	Ts
204	38	74	0,102 ± 0,036	0,518 ± 0,148	5,432 ± 1,531
306	38	74	0,102 ± 0,154	0,345 ± 0,119	3,273 ± 1,104
307	38	74	0,095 ± 0,003	0,448 ± 0,068	4,700 ± 0,675
309	38	74	0,111 ± 0,006	0,358 ± 0,128	3,250 ± 1,282
333	38	74	0,139 ± 0,052	0,441 ± 0,153	3,500 ± 1,339
334	38	74	0,102 ± 0,015	0,486 ± 0,249	4,731 ± 2,164
404	38	74	0,139 ± 3,328	0,720 ± 0,361	6,050 ± 2,639
777	38	74	0,104 ± 0,011	0,499 ± 0,163	5,808 ± 1,600
778	38	74	0,119 ± 0,054	0,410 ± 0,199	4,500 ± 1,218
779	38	74	0,117 ± 0,043	0,486 ± 0,194	5,176 ± 1,267

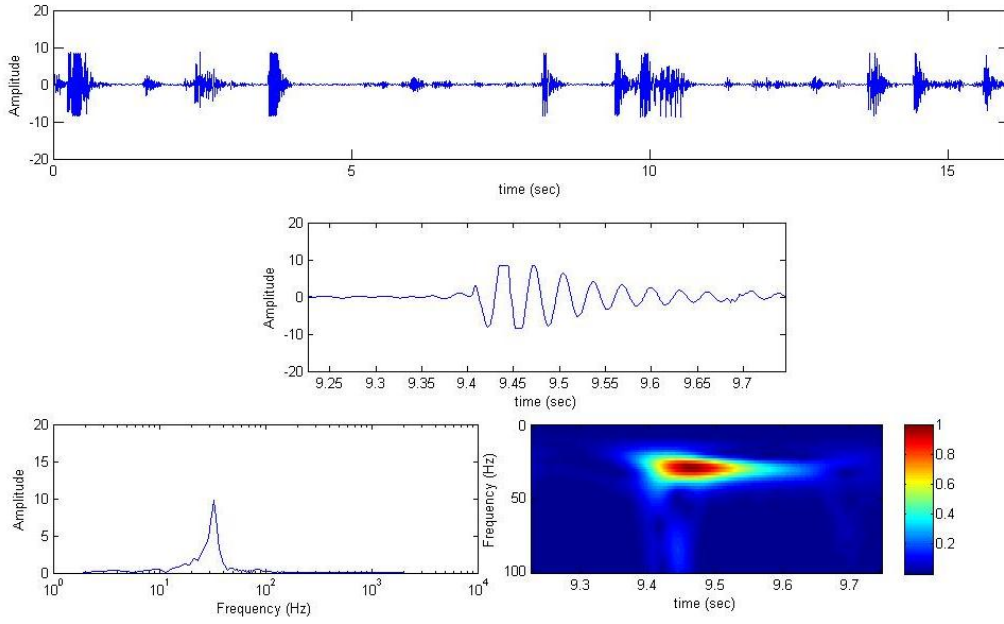
± Standart sapmaları gösteriyor.

Çizelge B.6 2n = 52 için ölçülebilir değişkenlerin ortalamaları.

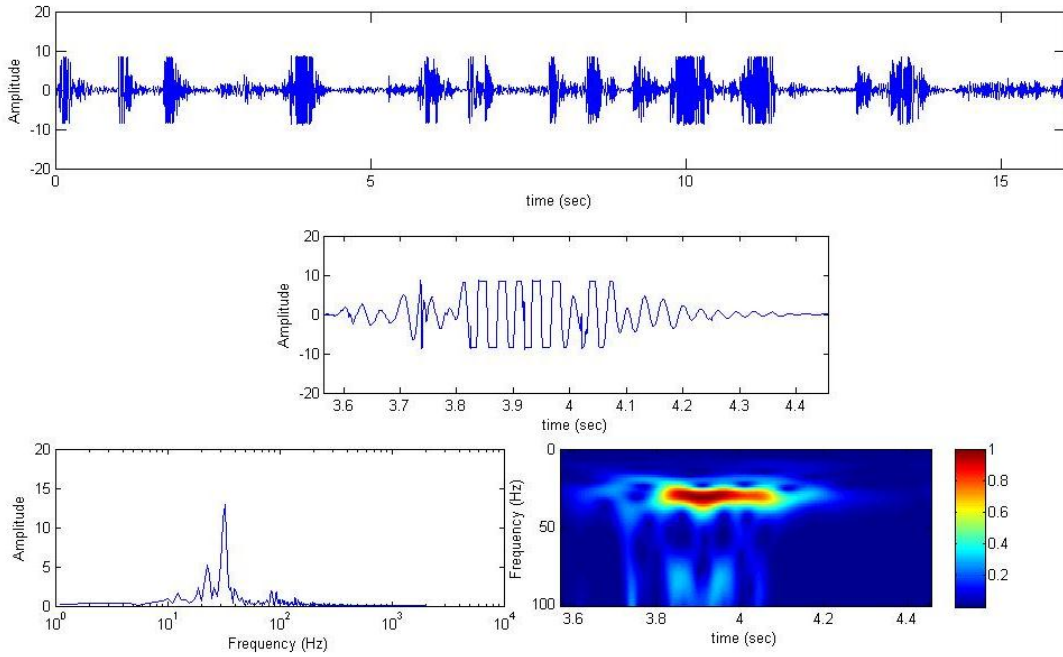
Örnek no	2n	NF	T _a	T _u	T _s
601	38	74	0,134 ± 0,008	1,118 ± 0,382	9,276 ± 2,685
602	38	74	0,130 ± 0,008	0,637 ± 0,165	5,857 ± 1,099
603	38	74	0,136 ± 0,007	1,281 ± 0,373	10,413 ± 2,841
5845	38	74	0,113 ± 0,008	0,661 ± 0,216	6,667 ± 1,676
5848	38	74	0,113 ± 0,020	1,022 ± 0,382	9,960 ± 3,348
6053	38	74	0,118 ± 0,009	0,800 ± 0,323	7,804 ± 2,790
6058	38	74	0,116 ± 0,007	0,768 ± 0,272	8,182 ± 1,250
6285	38	74	0,109 ± 0,010	0,627 ± 0,219	6,750 ± 1,984
6371	38	74	0,104 ± 0,005	0,952 ± 0,535	10,639 ± 4,383
604	38	74	0,109 ± 0,010	0,616 ± 0,155	6,659 ± 1,353
605	38	74	0,108 ± 0,007	0,673 ± 0,174	6,731 ± 1,728

± Standart sapmaları gösteriyor.

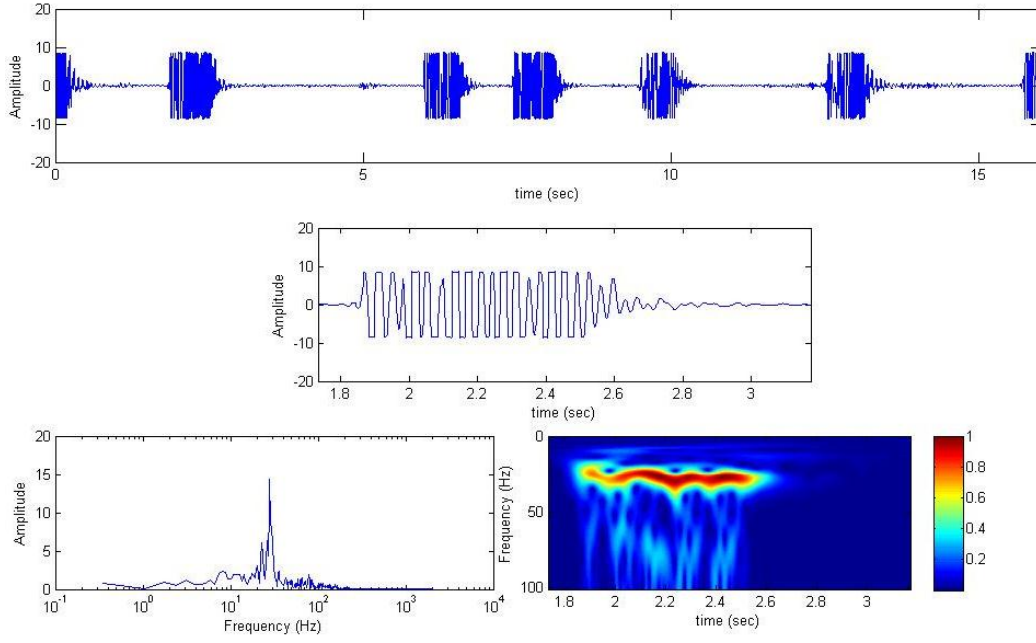
EK AÇIKLAMALAR C
SİSMİK ÖLÇÜMLER VE DENEY DÜZENEKLERİ



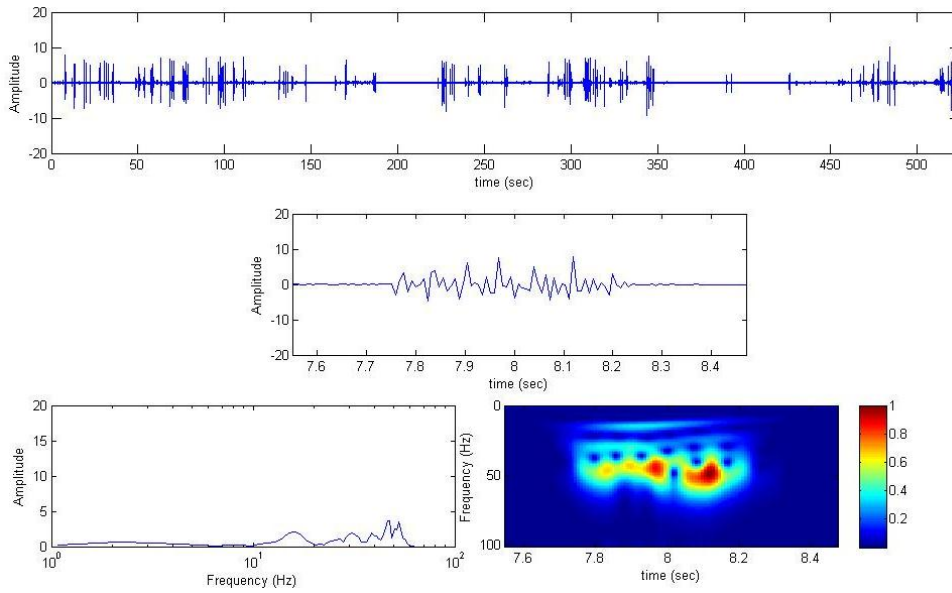
C.1 554 numaralı örneğe ait sinyal özellikleri (Kısa sinyal).



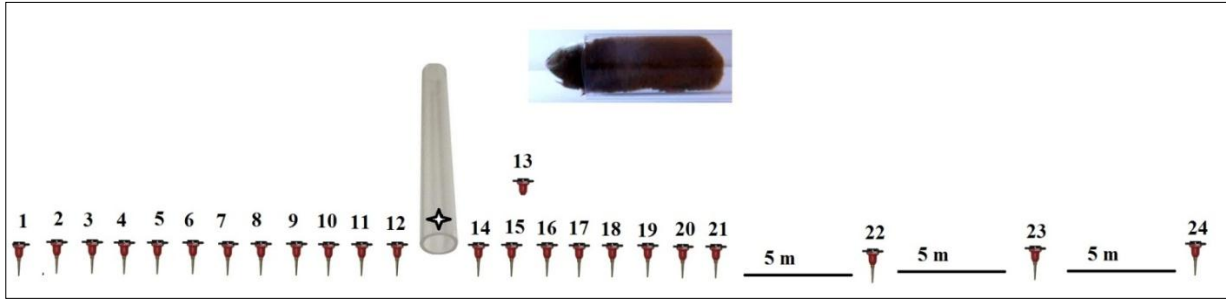
C.2 907 numaralı örneğe ait sinyal özellikleri ($2n = 60$ $NF = 80$, orta uzunlukta bir sinyal).



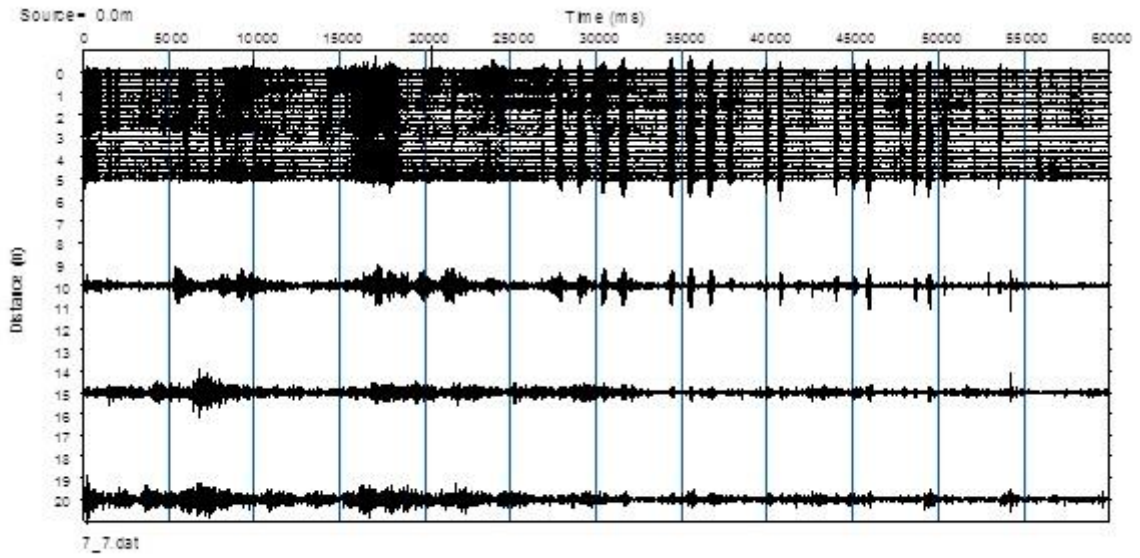
C.3 $2n = 52$ (601 numaralı örnek), Uzun yapıda sürekli bir sinyal.



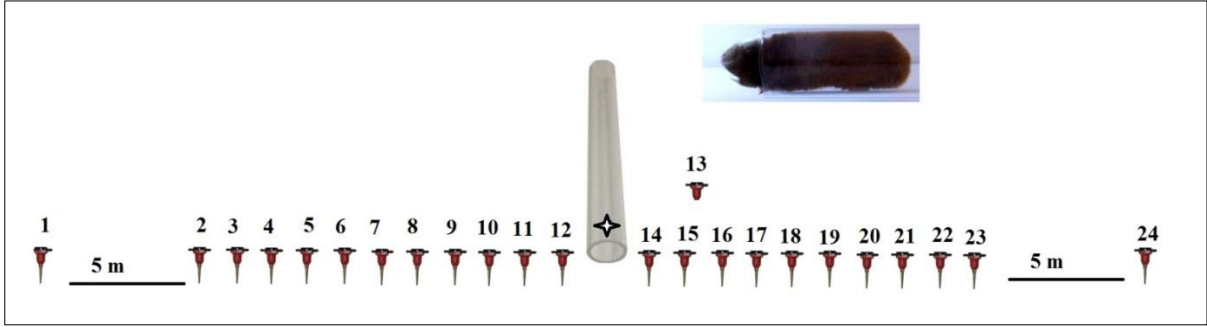
C.4 532 numaralı örneğe ait sinyal özellikleri (Parçalı sinyal)



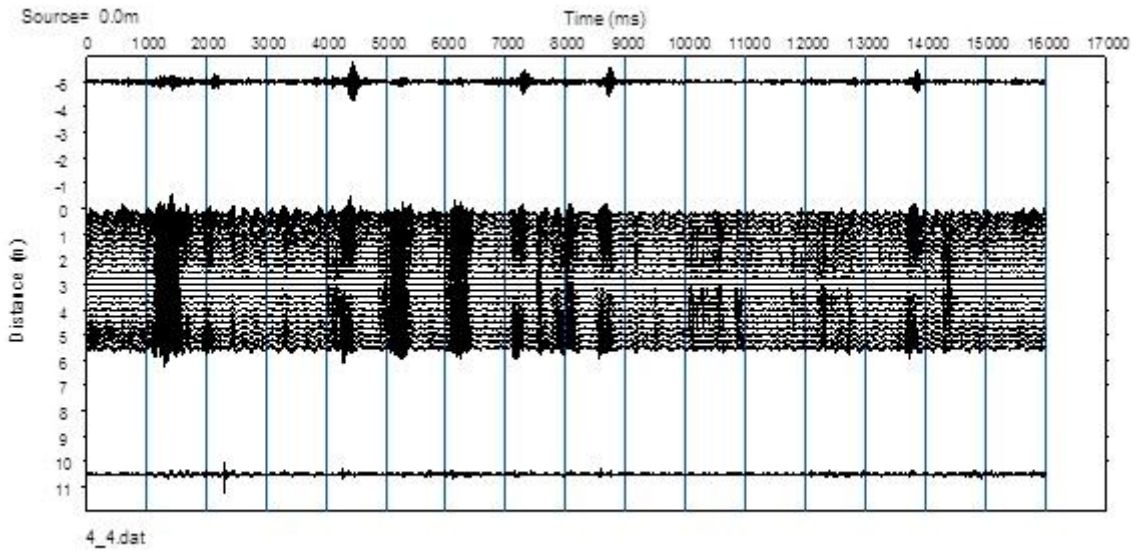
C.5 Jeofonların yerleşim düzeni 1.



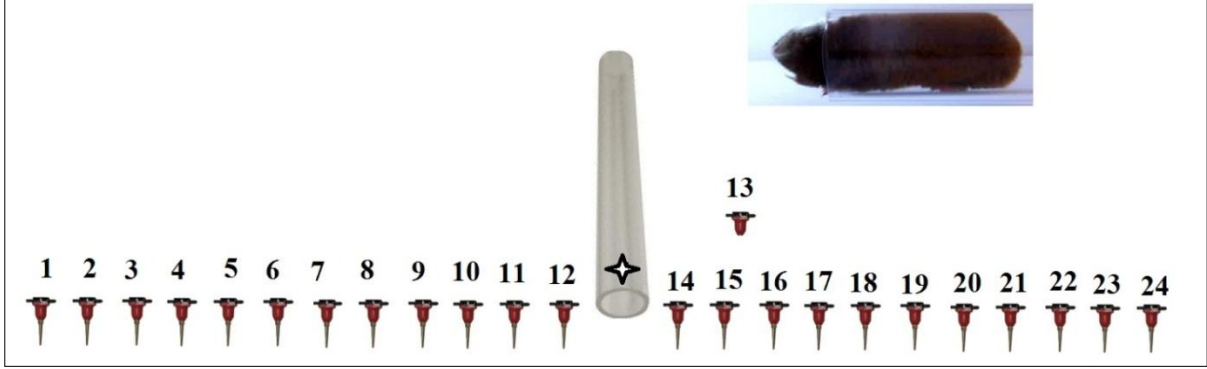
C.6 Yerleşim düzeni 1'e göre jeofonlara gelen enerji .



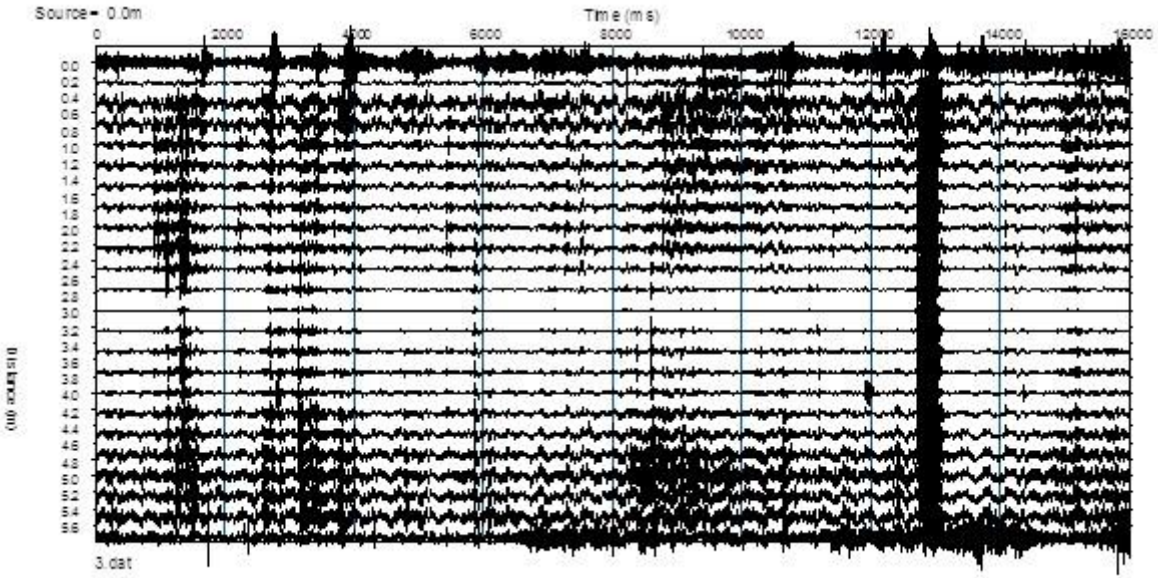
C.7 Jeofonların yerleşim düzeni 2.



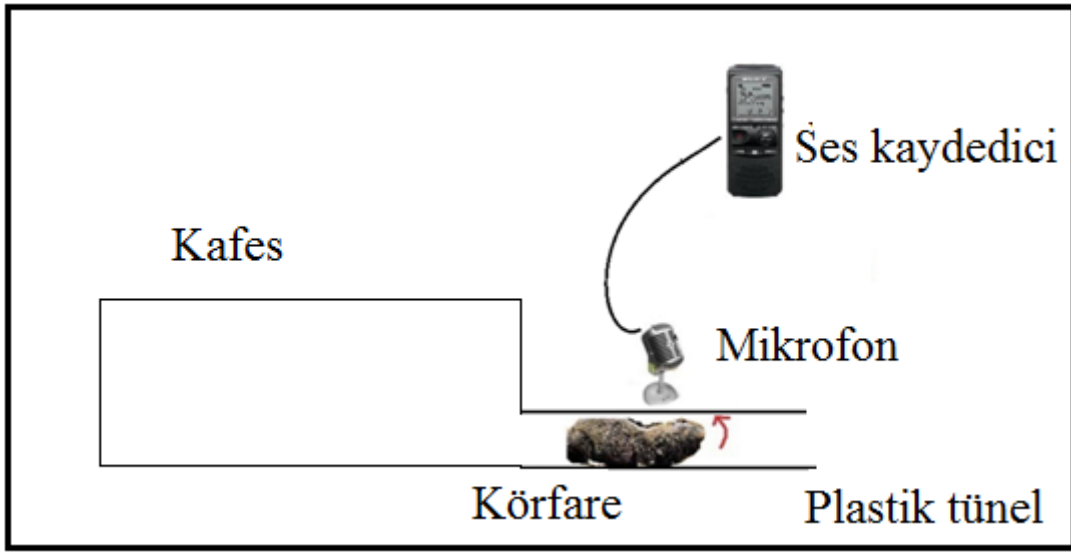
C.8 Yerleşim düzeni 2'ye göre jeofonlara gelen enerji.



C.9 Jeofonların yerleşim düzeni 3.



C.10 Yerleşim düzeni 3'e göre jeofonlara gelen enerji.



C.11 Ses kayıt şeması.

ÖZGEÇMİŞ

Faruk ÇOLAK 1983 yılında Balıkesir’de doğdu. İlkokul öğrenimini Hamidiye Köyü İlkokulunda, Orta öğrenimini Bigadiç ilçesinde ve lise öğrenimini ise Balıkesir’de tamamladı. 2001 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nün ilk öğrencilerinden biri olarak lisans eğitimine başladı. 2005 yılında Biyolog olarak mezun olup 2005-2008 yılları arasında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. Halen 2008 yılında girdiği Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda doktoraına devam etmekte ve aynı zamanda da Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
67100 ZONGULDAK

Tel : 0(372) 257 4010 (1793)

e-posta: colak@beun.edu.tr, farukcolak@gmail.com