# POLİNATÖR ARI KOMÜNİTESİ FONKSİYONEL KARAKTER YAPISININ BİR ARAZİ KULLANIM GRADİYENTİNDEKİ DEĞİŞİMİ

# CHANGE IN THE FUNCTIONAL TRAIT STRUCTURE OF POLLINATOR BEE COMMUNITY ALONG A LAND USE GRADIENT

**NARTJAN ÖZDEN**

**PRO. DR. ÇAĞATAY TAVŞANOĞLU**
**Tez Danışmanı**

**DOÇ. DR. YASEMİN GÜLER**
**Eş Danışman**

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2023

# ÖZET

## POLİNATÖR ARI KOMÜNİTESİ FONKSİYONEL KARAKTER YAPISININ BİR ARAZİ KULLANIM GRADİYENTİNDEKİ DEĞİŞİMİ

**Nartjan ÖZDEN**

**Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü**
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU**
**Eş Danışman : Doç. Dr. Yasemin GÜLER**
**Mart 2023, 51 Sayfa**

Arazi kullanımı, insanların çevreyi kendi istekleri doğrultusunda yeryüzünü şekillendirmesidir. Bu olayın habitatlar ve canlı birlikleri üzerindeki etkisi, eylemin şiddeti ve ölçeğine göre farklılıklar gösterebilir. Her geçen gün artan insan popülasyonunun çevresine olan etkisi de zamanla şiddetini artırmaktadır. Bu sebeple arazi kullanımındaki değişikliklerin canlı komünitelerini nasıl etkilediğini anlamak, bu canlıları ve onların sunduğu ekosistem hizmetlerine muhtaç olan kendimizi korumak için önemlidir. Ve hem bizim için, hem de dünyadaki pek çok diğer canlı için en önemli ekosistem hizmetlerinden birisi de muhtemelen polinasyondur. Dünya üzerindeki çiçekli çoğu bitkinin polinasyon için hayvanlara, özellikle arılara, ihtiyaç duyduğu da bildiğimiz bir gerçektir. Arıların doğada bu kadar değerli olmalarının arkasında, evrimsel süreçte geliştirdikleri davranışlar, morfolojik ve fizyolojik özellikleri, yani fonksiyonel karakterler vardır. Fonksiyonel karakterler canlıların çevreleri ile uyum başarılarını, üreme yetilerini, hayatta kalabilme yetilerini etkileyen önemli faktörlerdir. Tüm bu bilgilere rağmen, arazi kullanım değişikliğinin arı komünitelerine etkileri ile ilgili çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Bu konuda fonksiyonel karakterler üzerinden yapılan herhangi detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında Batı Karadeniz'de bulunan Çaycuma ilçesinde arazi kullanımının arı komüniteleri üzerindeki etkisi fonksiyonel

karakterler yönünden incelenmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere intertegüler mesafe, polen tercihi, yuva tercihi ve sosyallik durumu karakterleri seçilmiştir. Analizler sonucunda bölgedeki arı komünitesinin fonksiyonel karakter ve takson bakımından arazi kullanım yoğunluğundaki artışla nasıl değiştiği ortaya konmuştur. Arazi kullanım yoğunluğunun orta düzeyde olduğu kırsal kesim, tür zenginliği ve bolluğuna göre diğer bölgelerden daha yüksek bir çeşitliliğe ev sahipliği yapmaktadır (59 takson, 513 birey). Arazi kullanımının yüksek olduğu şehir içerisinde bulunan komünite daha az bireyle temsil edilmesine rağmen (40 takson, 140 birey), fonksiyonel çeşitlilik indekslerine göre diğer bölgelerden daha yüksek bir çeşitliliğe sahiptir. Çalışmadan elde edilen veriler, arılar üzerindeki insan etkisinin anlaşılmasında ve gelecekte yapılacak yeni bilimsel çalışmalara öncü, koruma çalışmalarına ise kaynak olacaktır.

**Anahtar Kelimeler**: Fonksiyonel çeşitlilik, arı komünitesi, arazi kullanımı, Batı Karadeniz, komünite ekolojisi

# ABSTRACT

## CHANGE IN THE FUNCTIONAL TRAIT STRUCTURE OF POLLINATOR BEE COMMUNITY ALONG A LAND USE GRADIENT

**Nartjan ÖZDEN**

**Master of Science, Department of Biology**
**Supervisor: Prof. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU**
**Co-Supervisor: Assoc. Dr. Yasemin GÜLER**
**March 2023, 51 pages**

Land use is the shaping of the earth by humans according to their own desires. The impact of this action on habitats and biological communities can vary depending on the intensity and scale of the action. The effect of the increasing human population on their surroundings is also increasing over time. Therefore, understanding how changes in land use affect living communities is important to protect ourselves, who depend on the ecosystem services they provide, as well as many other organisms in the world. And probably one of the most important ecosystem services for us and many other living things on earth is pollination. It is a known fact that most flowering plants on earth require animals, especially bees, for pollination. The reason why bees are so valuable in nature is due to their functional traits, such as their evolutionary developed behaviors, morphological and physiological characteristics. Functional traits are important factors that affect the success of living beings in harmony with their environments, their reproductive abilities, and their survival abilities. Despite all this knowledge, studies on the effects of land use change on bee communities are insufficient. There is no detailed study on functional traits in this regard. In this thesis, the effect of land use on bee communities in Çaycuma district in the western Black Sea region was examined in terms of functional traits. Intertegular distance, pollen preference,

nesting preference and sociality functional traits are chosen for this study. The analysis revealed how the bee community in the region changed in terms of functional traits and taxonomy with the increasing intensity of land use. The rural areas where land use intensity is moderate have a higher diversity in terms of species richness and abundance compared to other regions (59 taxa, 513 individuals). Although the community located in the city where land use is high is represented by fewer individuals (40 taxa, 140 individuals), it has a higher diversity according to functional diversity indices. The data obtained from the study will be a pioneer in understanding the human impact on bees, and a resource for future scientific studies and conservation efforts.

**Keywords:** Functional diversity, bee community, land use, western Black Sea, community ecology

# TEŞEKKÜR

Hem lisans hem de yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan, yeni perspektifleri bana kazandıran, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, tecrübesi ve sakinliği ile bana yol gösteren danışmanım, Sayın Prof. Dr. Çağatay TAVŞANOĞLU'na,

Daha önce çevremdeki varlıklarını bile fark etmediğim binbir çeşit arıyla beni tanıştıran, yeni bir dünyayı gözlerimin önüne seren, anaç şefkati ve engin bilgisi ile yanımda olan Sayın Doç. Dr. Yasemin GÜLER'e,

Çalışmanın şekillenmesine neden olan, öncelikle binlerce kilometre yolda ve günlerce süren beyin fırtınaları ile başlayan ve çalışmanın sonuna kadar da destekleri devam eden Sayın Dr. Çiğdem ÖZENİRLER'e,

Hem örneklerin teşhisinde hem de bitmek bilmeyen sorularımı sabırla cevaplamakta sabır seviyesi ile bana örnek olan Sayın Dr. Fatih DİKMEN'e

Hem lisans hayatımda, hem çalıştığım projelerde, hem de özel hayatımda elimden tutan Gökhan ERGAN'a

Saha çalışmalarında büyük bir sabır ve özveri ile bana destek olan Rüveyda ZEHRA'ya,

Laboratuvarda günlerce oturup, sabırla ve özveri ile örneklerin iğnelenmesine yardımcı olan Esra ÖZKÖK ve Gözde OKUYUCU'ya

Engin bilgi birikimiyle, R kodlarımda karşılaştığım sıkıntıları çözen, her an yanımda olduğunu bildiğim dostum Mehmet Göktuğ ÖZTÜRK'e

Kafamın karıştığı, dikkatimin dağıldığı, ipin ucunu kaçırdığım her anı görüp, peygamber sabrı ile beni tekrar gerçek dünyaya döndüren biricik Seda YİRMİBEŞ'e

Bugüne kadar aldığım her kararı, ne kadar radikal de olsa, sorgulamadan destekleyen, şefkatin anlamını bana yaşatarak öğreten canım aileme,

Yüksek lisans eğitimimi 2210a Yurt İçi Yüksek Lisans Bursu ile destekleyen TÜBİTAK'a

Teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: FYL-2021-19399).

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... iii
TEŞEKKÜR ..... v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ ..... vi
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... vii
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... vii
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... ix
Simgeler ..... ix
Kısaltmalar ..... ix
1.GİRİŞ ..... 1
2. GENEL BİLGİ ..... 3
2.1. Arılar ..... 3
2.2. Arazi Kullanımı ve Arılara Etkisi ..... 3
2.3. Fonksiyonel Karakterler ..... 4
2.4. Arılarda Fonksiyonel Karakterler ..... 5
3. YÖNTEM ..... 8
3.1. Çalışma Alanı ..... 8
3.2. Araziden Örneklerin Toplanması ..... 11
3.2.1. Örneklerin Muhafazası ..... 12
3.3. Örneklerin Teşhisi ..... 13
3.4 Fonksiyonel Karakterler ..... 13
3.4.1 İntertegüler Mesafe Ölçümü ..... 14
3.4. Veri analizi ..... 14
4. BULGULAR ..... 17
4.1 Çalışma Alanlarında Tespit Edilen Arı Taksonları ..... 17
4.2. Fonksiyonel Karakterlerin Dağılımı ve Analizleri ..... 33
5. TARTIŞMA ..... 36
6. KAYNAKÇA ..... 41
ÖZGEÇMİŞ ..... 51

# ŞEKİLLER DİZİNİ


**Şekil 2.1.** Aynı çiçek üzerinde farklı boyutlara sahip iki arı taksonu: *Lithurgus* sp. ve *Bombus* sp. …… 6

**Şekil 2.2.** Halictidae familyasından bir taksına ait toprak altı yuva çıkışları. …… 6

**Şekil 3.1.** Çalışma alanını oluşturan Çaycuma ilçesi ve çevresi. …… 9

**Şekil 3.2** Çaycuma ve çevresi arazi kullanım tipleri. …… 10

**Şekil 3.3.** Arazide örnekleme. **A)** Pan trap tuzak örneklemesi, **B)** Atrap ile belirli bir hat boyunca örnekleme. ……. 12

**Şekil 3.4.** Etiket üzerinde örnek, falkon tüp içerisinde yeni yakalanmış örnekler ve iğnelendikten sonra koleksiyon kutusunda örnekler. ……. 12

**Şekil 3.5.** İntertegüler mesafe ölçümü. …..……. 14

**Şekil 4.1.** Arazi kullanımına göre alanların Chao indeksi grafiği. …… 26

**Şekil 4.2.** Çalışma alanlarında intertegüler mesafe karakterinin bireyler arası dağılımı. ……..……... 35


# ÇİZELGELER DİZİNİ


**Çizelge 3.1.** Farklı arazi kullanım sınıflarına ait çalışma parsellerinin coğrafi konum ve rakımı. …… 10

**Çizelge 3.2.** Çalışmada kullanılan arı fonksiyonel karakterleri. ……... 13

**Çizelge 4.1.** Çalışma alanında tespit edilen taksonlar, analizler sırasında kullanılan tür kodları ve fonksiyonel karakteri. … 18

**Çizelge 4.2.** Shannon çeşitlilik indeksi ve var-yok analizi bulguları. ….. 25

**Çizelge 4.3.** Çalışma alanlarına göre türlerin bolluk ortalamalarının genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) analizi……. 27

**Çizelge 4.4.** Her bir çalışma alanında incelenen fonksiyonel karakterlere sahip toplam takson sayısı ve bolluğu. ……... 34

**Çizelge 4.5.** Farklı arazi kullanım seviyelerinde elde edilen fonksiyonel çeşitlilik indeks değerleri……... 35

# SİMGELER VE KISALTMALAR

## Simgeler

| | |
|---|---|
| m | Metre |
| mm | Milimetre |
| cm | Santimetre |
| ha | Hektar |
| % | Yüzde |
| °C | Santigrat derece |
| ° | Derece |

## Kısaltmalar

| | |
|---|---|
| AZ | Düşük seviye arazi kullanımı olan bölge (orman içi açıklık) |
| OR | Orta seviye arazi kullanımı olan bölge (kırsal alan / köy) |
| YU | Yoğun (yüksek) arazi kullanımı olan bölge (şehir içi) |
| sp. | Tür |
| GLM | Genelleştirilmiş Doğrusal Model |
| LMM | Genel Doğrusal Karma Model |

# 1.GİRİŞ

İnsan da diğer her canlı gibi yaşadığı çevreden etkilenen ve yaşadığı çevreyi etkileyen bir türdür. İnsanlığın çevreyi etkileme boyutu ve şiddeti önce tarımın keşfi, ardından da sanayi devrimi ile küresel ölçekte ve başka hiçbir canlı ile karşılaştırılamayacak boyutlara ulaşmıştır. Kısa bir süre içerisinde hızla yükselen insan nüfusu, her geçen gün değişen alışkanlıklarını ve yaşamını sürdürebilmek için arazi kullanımında da değişikliklere ihtiyaç duymuştur. Günümüzde iklim değişikliği ve arazi kullanımındaki değişiklikler, beraberlerindeki başka pek çok etkenle birlikte ekolojik bir krize yol açarak doğal ekosistemler üzerinde büyük bir baskı yaratmaktadır. İklim değişikliği, sıcaklık artışı, yağış rejimlerindeki değişimler ve deniz seviyesindeki yükselme gibi bir dizi olumsuz etki, ekosistemler üzerinde doğrudan bir etki yaratarak, türleri tehdit altına sokmakta, popülasyonlar üzerinde baskı yaratmakta ve bazı türlerin de nesillerinin tükenmesine neden olmaktadır. Arazi kullanım değişikliği, ormanların tahribi, sulak alanların doldurulması ve çiftlik alanlarının genişletilmesi gibi faaliyetlerle doğal habitatların kaybedilmesine neden olmaktadır. Bu baskılar, ekosistem hizmetlerini ve ekosistemlerin istikrarını tehlikeye atarak, gezegenimizdeki yaşamın sürdürülebilirliği için bir tehdit oluşturmaktadır.

Farklı fonksiyonel karakterler, türün bulunduğu ortama uyum başarısını gösteren indikatörler olarak ele alınabilir. Bu sebeple fonksiyonel karakterler ile ilgili çalışmalar türlerin ve komünitelerin çevrelerine ne ölçüde ve nasıl uyum sağlayabileceklerini açığa çıkarabilir. Komünitedeki türlerin değişimi, o ekosistemde bulunan ve değişen komünite ile ilişkisi bulunan diğer canlıları da etkileyecektir. Bu değişiklikler, ekosistemlerdeki işleyişin ve işlevselliğin değişmesine neden olabilir ve sonuçta ekosistemlerin daha fazla baskıya maruz kalmasına neden olabilir. Fonksiyonel karakterlerle ilgili yapılacak bilimsel çalışmalar türlerin ve komünitelerin dayanıklılığını ve değişen şartlara nasıl cevap vereceklerini anlamak açısından önemlidir. Ayrıca, bu çalışmaların sonuçları, insanlar için önemli olan ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından da kritik öneme sahiptir.

Bu tez çalışması, Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Zonguldak ili Çaycuma ilçesi ve çevresinde üç farklı arazi kullanım yoğunluğu düzeyinde arı komünitelerini fonksiyonel karakter bakımından karşılaştırarak, arazi kullanımındaki değişimlerin arı komünitelerine etkilerini ortaya koymayı hedeflemiştir. Arı komünitelerini ekolojik bir yaklaşım ile inceleyen bu tez çalışması, polinatör olarak bulundukları ekosistemler için oldukça değerli olan bu canlıları anlamak için Türkiye'de arılar üzerinde yapılmış olan ilk fonksiyonel karakter temelli ekolojik çalışma olarak özgün değere sahiptir ve önemli bulgular içermektedir.

# 2. GENEL BİLGİ

## 2.1. Arılar

Arılar, hayvanlar alemi, Zar Kanatlılar (Hymenoptera) takımı içerisinde yer alan iğneliler (Aculeata) monofiletik grubunda yaban arıları ve karıncalarla (Vespoidea) birlikte yer alırlar. Arılar, *Hylaeus* ve *Nomada* gibi istisnalar haricinde genellikle yaban arılarına göre daha kıllıdırlar ve kılları plumose denilen çatallı yapıdadır. Arıları yaban arılarından ayıran bir diğer önemli fark ise, dişilerde yumurta üretimi ve larvaların beslenmesi için polene olan bağımlılıklarıdır. Arıların neredeyse tamamı besin kaynağı olarak bitkilere bağımlıdır. “Apiform” olarak da adlandırılan arılar, ince vücutlu “sphecoid” yaban arıları ile birlikte “Apoidea” süper familyasını oluştururlar (Michener, 2000).

Arıların muhtemelen en önemli faaliyeti yaptıkları polinasyondur. Çiçekli bitkilerin yaklaşık %80’i polinasyon için biyotik faktörlere ihtiyaç duyar (Ackerman, 2000). Dünya üzerindeki yaklaşık 250.000 çiçekli bitki türünün en azından %80’i polinasyon için arılara ihtiyaç duymaktadır (Abrol, 2012). Bu sebeple habitatın korunması, içerisinde yaşayan arıların korunmasını gerektirmektedir. Kültüre alınmış yonca gibi yem bitkileri, pamuk gibi lif üretiminde kullanılan bitkiler, meyveler, sebzeler ve peyzajda kullanılan pek çok çiçekli bitki polinasyon için arılara ihtiyaç duymaktadır (Michener, 2020).

## 2.2. Arazi Kullanımı ve Arılara Etkisi

Arkeolojik ve paleoekolojik kanıtlara göre insanlar, yangın çıkarma, avlanma, farklı türleri çoğaltma, kültüre alma, evcilleştirme gibi yöntemlerle yaşadıkları araziyi kullanmakta ve değiştirmektedir. Yaklaşık 12 bin yıl önce insanların, tropikal ormanların yaklaşık %90’ı, ılıman ormanların ise yaklaşık %95’i dahil olmak üzere dünyadaki kara alanının yaklaşık dörtte üçüne yayıldığı bilinmektedir. Avcı-toplayıcı topluluklar, ilk çiftçiler ve göçebeler, avcılık, göçebelik, polikültür ve nadas gibi düşük yoğunlukta etkiye sahip faaliyetlerle zengin, mozaik peyzajlar yaratmışlardır (Ellis ve ark., 2021). İlk insanların şekil verdiği bu ekosistemler, modern dünyanın büyük ölçekli tarım alanları, tedarik zincirleri, kimyasal gübre ve pestisitleri ile birlikte sadeleştirilmiş, biyotik olarak homojenize hale getirilmiş habitatları ile net bir tezatlık oluştururlar (Ellis ve ark., 2021) .

Farklı arazi kullanım şekilleri arı komünitelerinin bolluğu, çeşitliliği ve dağılımını etkilemektedir. Örneğin tarım, çayır, mera ve orman gibi doğal habitatları etkileyerek arı komüniteleri üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir. İnsektisit ve herbisitlerin kullanımı ise habitattaki bitkisel kaynakları etkileyebilir ve arıları toksik kimyasallara maruz bırakabilir (Goulson, Nicholls ve Botías, 2015). Arazi kullanımı aynı zamanda habitat kaybı, habitat parçalanması gibi durumlara neden olarak, arıların üreme ve hayat döngülerini etkilemektedirler (Winfree ve ark, 2009; Razo-León ve ark., 2018).

Farklı arazi kullanım yöntemleri, arı komüniteleri üzerinde olumlu etkilere de sahip olabilir. Örneğin tarımsal ormancılık sistemleri ve “intercropping”, yani birden çok ürünü birlikte yetiştirmek, örtü bitkileri ve çiçekli bitki şeritleri kullanmak gibi alternatif tarım yöntemleri yabani arı komünitelerine habitat ve besin sağlayarak bolluk ve çeşitliliği etkileyebilir (Kennedy ve ark. 2013). Şehirlerdeki parklar, yeşil çatı sistemleri, bahçeler de arı komüniteleri için habitat ve besin sağlayabilir. Restore edilen habitatlar da yukarıda bahsi geçen tarım yöntemleri ve şehirlerdeki yeşil alanlar gibi arı komünitelerinin zenginlik ve bolluğunu olumlu yönde etkilemektedir (Matteson ve ark., 2008; Baldock ve ark., 2015).

### 2.3. Fonksiyonel Karakterler

Ekolojide fonksiyonel karakterler, canlının ekosistemdeki rolünü ve fonksiyonlarını belirleyen ölçülebilen ve sonraki nesillere aktarılabilir fiziksel, fizyolojik ve davranışsal karakterlerdir (Violle ve ark, 2007). Fonksiyonel karakterler, kaynaklar için rekabet yetisi, farklı habitatlara uyum yeteneği, polinasyon ya da tohum dispersali gibi ekosistem hizmetleri gibi canlının çevresiyle ve başka canlılarla etkileşimini etkiler (Petchey ve Gaston, 2006; McGill ve ark., 2006).

Fonksiyonel karakterler aynı zamanda organizmanın evrimsel tarihi ve çevresine olan adaptasyonlarını da yansıtmaktadır. Bu sebeple fonksiyonel karakterlerle yapılan çalışmalar, tür kaybı, istilacı türlerin habitata girişi ve küresel değişikliklerin sonuçları ile ilgili tahminler yürütmekte kullanılabilir. Örneğin yapılan çalışmalarla arazi kullanımı, iklim ve biyotik etkileşimlerin hayvan ve bitki komünitelerinde çeşitlilik ve kompozisyona etkisi ve ekosistem hizmetlerindeki değişimlerin

öngörülebilir olduğu gösterilmiştir (Petchey ve Gaston, 2006; McGill ve ark., 2006; Garnier ve Navas, 2011).

Bugüne kadar fonksiyonel karakterler konusunda bitkilerde hayvanlara göre daha çok çalışma yürütülmüştür. Bitkilerde ekosistem fonksiyonu açısından dikkate alınan karakterlere örnek olarak bitki boyu, yaprak boyutu ve şekli, tohum boyutu, büyüme hızı, kök derinliği ve yaprak kalınlığı sıralanabilir (Tavşanoğlu ve Pausas, 2018). Bu karakterler, aynı zamanda fotosentez yeteneği, madde döngüleri, karbon yakalama gibi ekosistemdeki önemli fonksiyonlarla da ilgilidir. Benzer şekilde hayvanlarda da fonksiyonel karakterler dikkate alınarak araştırmalar yürütülmektedir. Hayvanların fonksiyonel karakterlerine örnek olarak vücut büyüklüğü, diyet tipi, göç örüntüsü, üreme stratejisi verilebilir. Bu karakterler besin zincirleri, av-avcı ilişkileri, polinasyon ve tohum dispersali gibi ekosistem fonksiyon ve hizmetlerini etkilemektedir (Petchey ve Gaston, 2006; McGill ve ark., 2006; Garnier ve Navas, 2011; Schleuning, García ve Tobias, 2023).

### 2.4. Arılarda Fonksiyonel Karakterler

Omurgasız canlılarda çok sayıda fonksiyonel karakter ve bu karakterlerin ölçüm yöntemlerine ilişkin prosedürler bilinmektedir (Moretti ve ark., 2017). Özel olarak arılarda en sık olarak incelenmiş olan fonksiyonel karakterlerden (Forrest ve ark., 2015) bazıları şu şekilde sıralanabilir:

1. Vücut boyutu: Arıların vücut büyüklüğü farklı bitki türlerinin çiçeklerindeki polen ve nektara ulaşmaları ve taşıyabilecekleri polen ve nektar boyutunu etkilemektedir (Şekil 2.1).
2. Dil uzunluğu: Farklı morfolojiye sahip çiçeklerden nektar toplama yetilerini etkilemektedir.
3. Uçuş davranışı: Uçuş desenleri arıların belirli bir sürede ne kadar çiçeği ziyaret ettiğini ve toplayabilecekleri polen ve nektar potansiyelini etkilemektedir.
4. Yuvalama: Arılar toprak altı, içi boş bitki gövdeleri, ağaç ve kayalardaki oyuklar gibi farklı habitatlarda yuvalanabilirler. Yuva tercihleri predatör ve patojenlere maruz kalma ihtimalleri, yuva bölgesi ve besin gibi kaynaklara erişimlerinin zorluklarını etkilemektedir (Şekil 2.2).

5. Sosyal davranış: Bazı arı türleri sosyal ve koloni halinde yaşarken bazıları ise soliterdir. Sosyal koloniler, soliter canlılara göre daha yüksek üreme başarısına sahiptir.
6. Diyet: Bazı arı türleri habitatta bulunan pek çok bitki familyasının poleninden faydalanırlar. Bazı arı türleri ise sadece belirli bir bitki familyası ya da cinsinden faydalanırlar.



**Şekil 2.1.** Aynı çiçek üzerinde farklı boyutlara sahip iki arı taksonu: *Lithurgus* sp. ve *Bombus* sp. (Fotoğraf Nartjan Özden tarafından çekilmiştir).



**Şekil 2.2.** Halictidae familyasından bir taksona ait toprak altı yuva çıkışları (Fotoğraf çalışma alanında Nartjan Özden tarafından çekilmiştir).

Bu karakterlere ek olarak kullanılabilecek başka bir karakter ise intertegüler mesafedir. Bu terim, entomoloji alanında kullanılan bir terim olup, arının ön kanatlarının vücuttan çıktığı noktalar arasındaki mesafeyi ifade eder. Arılarda intertegüler mesafe, arının boyutu ve şekli hakkında bilgi sağlayabilir ve tür tanımlaması için bir morfolojik özellik olarak kullanılabilir (Cane, 1987). İntertegüler mesafe aynı zamanda arının uçuş kabiliyetlerini ve davranışlarını da yansıtabilir, çünkü daha büyük intertegüler mesafe daha büyük ve güçlü kanatlar olduğunu ve daha uzun ve verimli uçuşlara izin verdiğini gösterebilir. Ayrıca, intertegüler mesafe, arının farklı habitatlara ve flora kaynaklarına uyumuna ilişkin ipuçları da sağlayabilir, çünkü ilgili arı türleri ortak ataları ve uyumları nedeniyle benzer intertegüler mesafe değerlerine sahip olabilirler (Cane, 1987; Engle ve Baum, 2017).

# 3. YÖNTEM

## 3.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, antropojenik faaliyetlerin yoğun, orta ve az düzeyde yürütüldüğü geniş bölgelerin net bir şekilde ayrılabilir olduğu Zonguldak ili Çaycuma ilçesi ve civarında (41.4286° Kuzey, 32.0772° Doğu, Rakım: 40 m) gerçekleştirilmiştir.

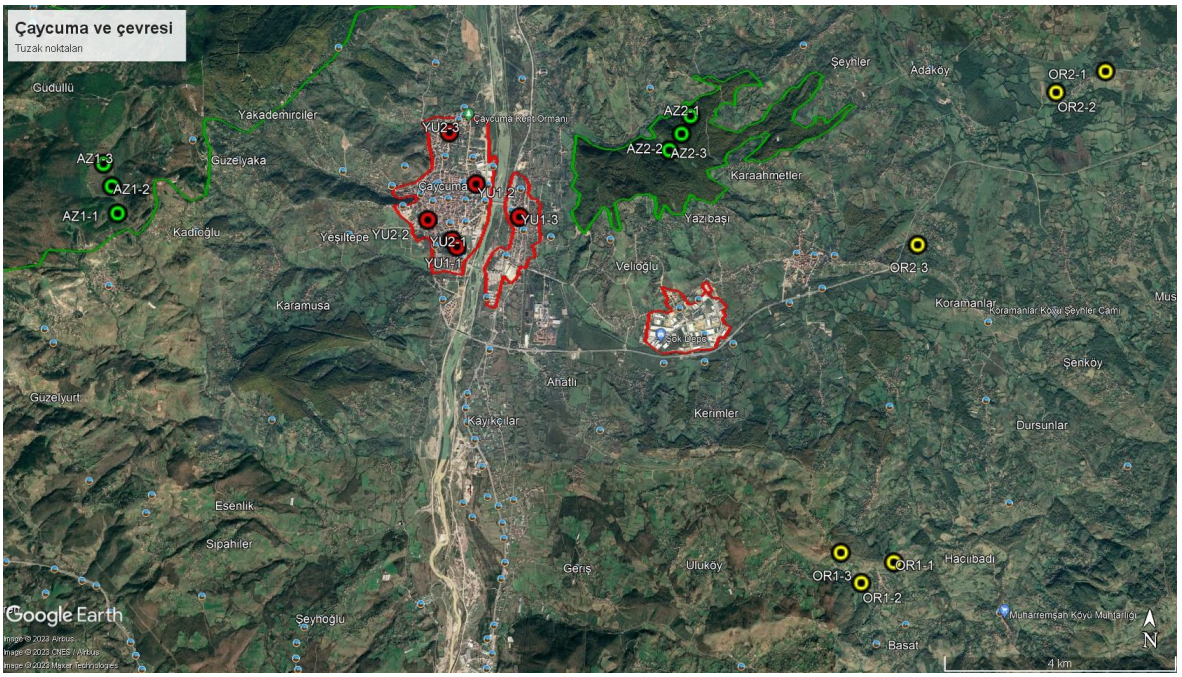
Çalışma alanı, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümünde yer almakta ve Köppen iklim sınıflandırmasına göre ılıman okyanus iklimi altındadır (Peel ve ark., 2007). Çalışma alanının büyük kısmı Filyos çayı vadisi içerisinde bulunmaktadır. Bölgede vadi tabanının büyük kısmı tarım alanı olarak kullanılmakta olup, yaprak döken ve ibreli ağaçların bulunduğu karışık orman parçaları ile Çaycuma ilçesi ve çevresindeki köy peyzajlarını da içerisinde barındırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, çalışma bölgesinde üç farklı arazi kullanımı seviyesi içeren alanlar seçilmiştir:

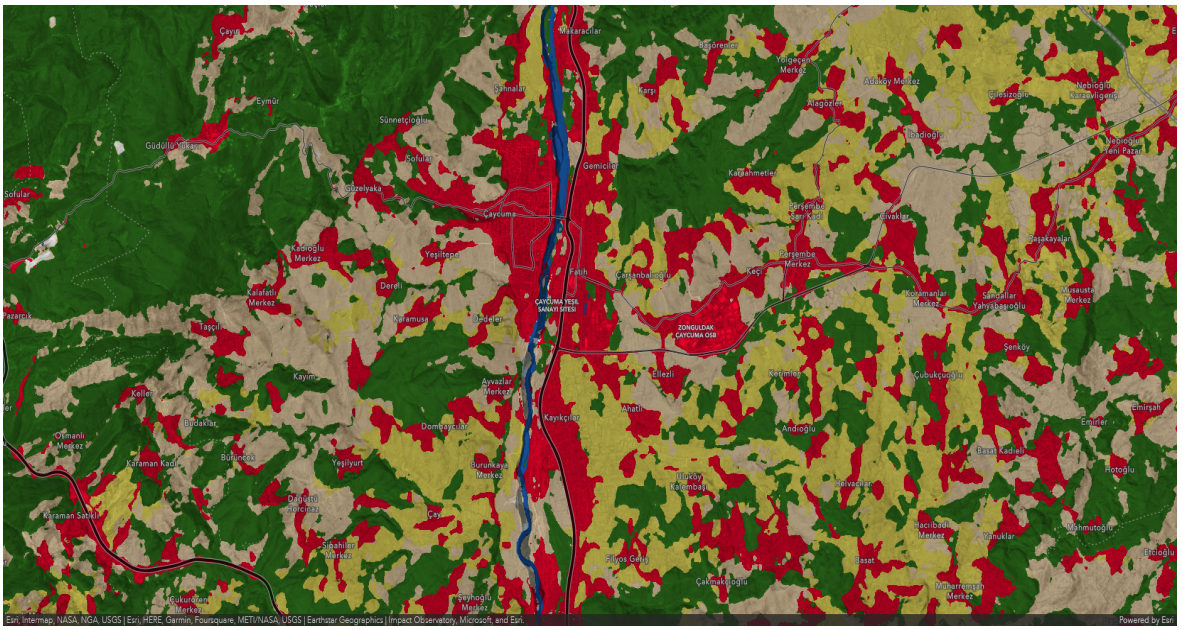
1. **Yoğun insan kullanımı (YU):** İnsan etkisinin yüksek olduğu kentsel alan ve yoğun tarım alanlarından oluşan bir peyzaj,
2. **Orta derecede insan kullanımı (OR):** Bir miktar insan faaliyetinin doğal ekosistemlerle iç içe bir ortamda var olduğu ve parçalanmış orman yapısını içeren Batı Karadeniz kırsal alan peyzajı,
3. **Düşük seviyede insan kullanımı (AZ):** İnsan faaliyetinin sınırlı seviyede olduğu, büyük ölçüde doğal yapıya sahip kapalı orman yapısı ve orman içi açıklıklar içeren Batı Karadeniz orman peyzajı.

Bu peyzaj yapılarının her birinden iki adet çalışma alanı olacak şekilde toplam altı çalışma alanı belirlenmiştir. Çalışma alanlarının her birisinin içerisinde üçer adet 0.1 ha boyutlu çalışma parseli (toplam 18 çalışma parseli) belirlenmiş ve örneklemeler bu parseller içerisinde yapılmıştır. Çalışma parselleri seçilirken birbirlerinden en az 100 m uzaklıkta olmasına dikkat edilmiştir. Parsellerin seçimindeki en önemli ölçüt peyzaj yapısının homojenliği olmuştur.

Bu sayede, insan etkisinin farklı düzeylerine sahip arazi çalışma alanları seçilerek, çalışmanın hipotezinin test edilebileceği bir arazi kullanım gradiyenti oluşturulmuştur (Şekil 3.1). Çalışma alan ve parsellerinin isimleri, konumu ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.




**Şekil 3.1.** Çalışma alanını oluşturan Çaycuma ilçesi ve çevresi. Yeşil sınırlar ile gösterilen bölgeler arazi kullanımının düşük yoğunlukta olduğu orman ve orman içi açıklıkları (AZ), kırmızı sınırlar içerisinde kalan alanlar arazi kullanımın yüksek olduğu şehir ve sanayi sitelerini (YU), bunların arasında kalan alanlar ise orta dereceli arazi kullanım yoğunluğuna sahip köy yerleşimleri, tarlalar ve bahçelerden oluşan kırsal peyzajı (OR) göstermektedir.




**Şekil 3.2** Çaycuma ve çevresi arazi kullanım tipleri. Yeşil: ağaç, Kırmızı: yapılaşma, sarı: tarım, bej: çayır/mera, mavi: su.

**Çizelge 3.1.** Farklı arazi kullanım sınıflarına ait çalışma parsellerinin coğrafi konum ve rakımı.

| Arazi Kullanım Sınıfı | Çalışma Parseli | Koordinat | Rakım (m) |
|---|---|---|---|
| AZ | 1-1 | 41.422558, 32.009846 | 199 |
| AZ | 1-2 | 41.426995, 32.008115 | 208 |
| AZ | 1-3 | 41.430705, 32.006318 | 248 |
| AZ | 2-1 | 41.440851, 32.129357 | 156 |
| AZ | 2-2 | 41.438204, 32.127639 | 176 |
| AZ | 2-3 | 41.435405, 32.125246 | 156 |
| OR | 1-1 | 41.371599, 32.174512 | 206 |
| OR | 1-2 | 41.368195, 32.167871 | 180 |
| OR | 1-3 | 41.372898, 32.163343 | 230 |
| OR | 2-1 | 41.450319, 32.217575 | 62 |
| OR | 2-2 | 41.446749, 32.207202 | 50 |
| OR | 2-3 | 41.421743, 32.178522 | 45 |
| YU | 1-1 | 41.420225, 32.079766 | 33 |
| YU | 1-2 | 41.429345, 32.084457 | 25 |
| YU | 1-3 | 41.424304, 32.093921 | 25 |
| YU | 2-1 | 41.419216, 32.080854 | 27 |
| YU | 2-2 | 41.423345, 32.074533 | 52 |
| YU | 2-3 | 41.437430, 32.078425 | 26 |

### 3.2. Araziden Örneklerin Toplanması

Çalışma alanlarında yer alan her bir parsel, Haziran, Temmuz ve Ağustos 2021 tarihlerinde üçer kez ziyaret edilmiştir. Örnekleme tarihleri, bölgede ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde görülen yoğun yağışlara bağlı olarak arı aktivitesinin azalmasından dolayı, arı aktivitesinin yüksek olduğu yaz ayları olarak seçilmiştir. Tez çalışmasında farklı arı gruplarını etkin bir şekilde örneklemek için iki farklı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Farklı yöntemlerin birlikte kullanılması, örnekleme yönteminden kaynaklanabilecek herhangi bir eğilimi engellemek için tercih edilmiştir.

1) **Pan trap (renkli kap su tuzağı) ile örnekleme:** Pan traplar, içerisi kokusuz sıvı deterjanlı su dolu renkli kaplardır ve vejetasyondaki çiçeklere benzer renkleri ile arıları cezbeder ve toplarlar. Çalışmada bu uygulama için standart olan beyaz, mavi ve sarı renklerdeki kaplar pantrap olarak kullanılmıştır (Wilson ve ark., 2016). Çalışma parsellerine pantrapların örneklemede sapmaya yol açmaması için hem yer hizasına hem de görece büyük arı türlerini de yakalayabilmek için yerden 70 cm yükseğe iki set şeklinde kurulmuştur (Şekil 3.2A). Kurulduktan sonra arazide 24 saat boyunca bırakılan tuzaklar ertesi gün toplanmış ve içlerine düşen örnekler %70'lik alkol içeren falkon tüplere alınmıştır.
2) **Transekt (doğrusal hat boyunca) örnekleme:** Belirlenen çalışma parseli içerisinde 50 m'lik bir hat üzerinde 10 dakika boyunca standart bir hızla yürünerek atrap ile örnekler toplanmış (Şekil 3.2B) ve %70lik alkol içeren falkon tüplerine alınmıştır.

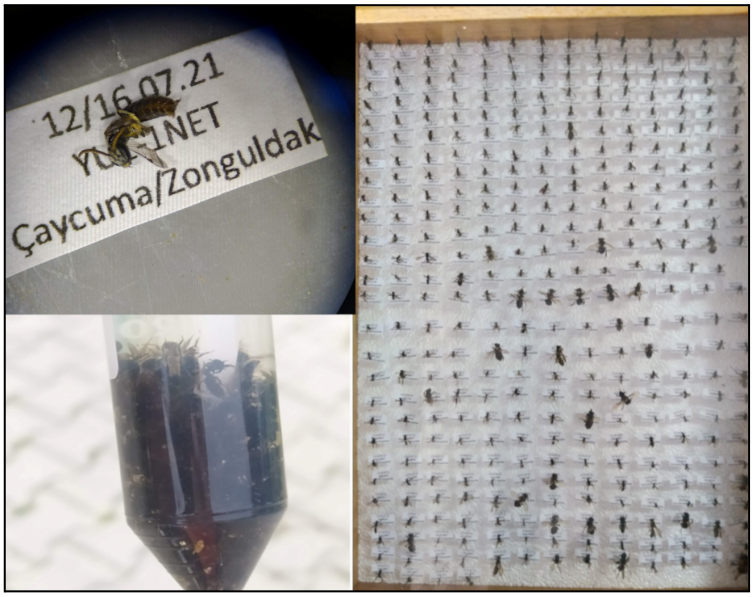



**Şekil 3.3.** Arazide örnekleme. **A)** Pan trap tuzak örneklemesi, **B)** Atrap ile belirli bir hat boyunca örnekleme.

### 3.2.1. Örneklerin Muhafazası

Araziden toplanan örnekler laboratuvara ulaşıncaya kadar %70'lik alkol içeren falkon tüplerde muhafaza edilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler, üzerlerinde herhangi bir işlem yapılana kadar aynı kaplarda 4 °C'de bekletilmiştir.

İçerisinde alkol içeren kaplarda yer alan arı örnekleri, örneğin boyutuna uygun böcek iğneleri ile iğnelenip, araziden toplanma zamanları ve lokalitelerine yönelik bilgileri içeren etiket ile teşhis edilene kadar serin ve kuru bir yerde böcek kutularında muhafaza edilmiştir (Şekil 3.3).




**Şekil 3.4.** Etiket üzerinde örnek, falkon tüp içerisinde yeni yakalanmış örnekler ve iğnelendikten sonra koleksiyon kutusundaki örnekler.

### 3.3. Örneklerin Teşhisi

Arı örneklerinin cins düzeyinde teşhisi, stereomikroskop altında “Bees of Europe” kitabının (Michez ve ark., 2019) cins anahtarı kullanılarak Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Fonksiyonel Ekoloji Laboratuvarı, İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü Zooloji Ana Bilim Dalı ve Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü’nde yapılmıştır. Arı örneklerinin teşhisi, arı taksonomisi konusunda uzman araştırmacılardan (Doç. Dr. Yasemin Güler, Dr. Öğr. Üyesi Fatih Dikmen) destek alınarak gerçekleştirilmiştir (Banaszak ve Romasenko, 1998; Pesenko ve ark. 2000; Scheuchl, 2006; Pesenko, 2007 Dikmen, Aytekin 2011; Dikmen, 2012; Kasparek, 2019).

### 3.4 Fonksiyonel Karakterler

Arazi çalışmalarında toplanmış olan örneklerin laboratuvarda incelenmesi ve literatür araştırmaları ile tez kapsamında kullanılacak olan fonksiyonel karakterler belirlenmiştir. Bu kapsamda intertegüler mesafe, sosyallik, yuvalanma şekli ve besin tercihi arı fonksiyonel karakterleri olarak çalışmaya dâhil edilmiştir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** Çalışmada kullanılan arı fonksiyonel karakterleri.

| Fonksiyonel Karakter | Karakter Çeşidi |
|---|---|
| Yuvalama Tipi | Toprak altı |
| | Toprak üstü |
| Besin Tercihi | Oligolektik |
| | Polilektik |
| Sosyallik | Sosyal |
| | Soliter |
| İntertegüler Mesafe | Ölçüm (mm) |

Belirlenen bu karakterler, intertegüler mesafe hariç türe özgü olup, aynı türün bireyleri arasında farklılık göstermeyen karakterlerdir. Dolayısıyla, sadece

intertegüler mesafe laboratuvarda ölçülmüştür, diğer karakterler literatür taraması ile türe özgü olarak belirlenmiştir.

### 3.4.1 İntertegüler Mesafe Ölçümü

İntertegüler mesafenin ölçümü Dino-Lite marka stereo mikroskop aracılığıyla yapılmıştır. Her bireyin tegulaları aynı nirengi noktası ile hizalanarak görüntü kalibre edilmiş ve çekilen fotoğraf üzerinden tegulalar arası mesafe ölçümü yapılarak intertegüler mesafe karakteri her bir birey için kaydedilmiştir (Şekil 3.4).




**Şekil 3.5.** İntertegüler mesafe ölçümü. Her birey tegulaları yere paralel ve sabit yükseklikte yerleştirildikten sonra, odaklanan ve tekrar kalibre edilen mikroskop ile görüntü alınmış ve her birey ayrı bir görüntü dosyası (.jpeg uzantılı) halinde kaydedilmiştir.

### 3.4. Veri analizi

Elde edilen karakter verileri, taksonomik veriler ve çalışma alanlarına ilişkin veriler birleştirilerek Excel programında bir veritabanı oluşturulmuştur. Çalışma

kapsamında yapılan tüm analizler bu veritabanında yer alan verilere dayanarak gerçekleştirmiştir. Analizlerin gerçekleştirilmesi için söz konusu veritabanı R ortamına aktarılmış ve tanımlayıcı ve istatistiksel analizler R programı kullanılarak yapılmıştır (R Core Team, 2022).

Bu tez çalışmasında, arı komünitelerindeki takson çeşitliliği ve zenginliği ile taksonların çalışma alanlarındaki bolluk karşılaştırmaları yapılarak, arı komünitesi yapısının arazi kullanım gradiyenti boyunca nasıl değiştiği anlaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, arı komünitesinin fonksiyonel karakter yapısının alanlar arasındaki değişimi de çeşitli fonksiyonel çeşitlilik parametreleri hesaplanarak alanlar arası karşılaştırma ile ortaya koyulmuştur.

Her bir taksonun bolluğunun alanlar arasında fark gösterip göstermediği Poisson dağılımına dayanan genelleştirilmiş doğrusal model (GLM; sapma analizi) ile analiz edilmiştir. Bolluk değerleri tam sayılardan oluşmasından ötürü Poission dağımı temelli bir analiz yapılmıştır. GLM analizi sonrası alanlar arası ikili karşılaştırmalar marjinal ortalamalar hesaplanarak gerçekleştirilmiştir. Marjinal ortalamalar analizi “emmeans” paketinde (Lenth, 2023) yer alan *emmeans* fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır.

Her bir çalışma alanının tür çeşitliliği hesabı Shannon çeşitlilik indeksi, beta çeşitlilik hesabı (var-yok analizi) ve Chao1 indeksi hesabı yapılarak incelenmiştir. Shannon indeksi “vegan” paketinde (Oksanen ve ark. 2019) yer alan *shannon* fonksiyonu ile, Chao indeksi ise “iNEXT” paketinde (Chao ve ark. 2014, Chao ve ark. 2022) yer alan *ChaoRichness* fonksiyonu ile hesaplanmıştır. Örnek büyüklüğü-tür zenginliği ilişkisinin incelenmesinde ise “iNEXT” paketinde (Hsieh ve ark. 2022) yer alan *iNEXT* ve *ggiNEXT* fonksiyonları kullanılmıştır. Her bir çalışma alanına ait fonsiyonel çeşitlilik parametrelerinin hesaplamaları, FD paketinde (Laliberté ve Legendre, 2010; Laiberté ve ark. 2014) yer alan *dbFD* fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. *Apis mellifera* türü, kültüre alınmış bir tür olmasından dolayı fonksiyonel karakter hesaplarına dahil edilmemiştir.

Çalışmada incelenen her bir karakterin tür zenginliği ve bolluk açısından farklı arazi kullanım seviyelerindeki değişiminin incelenmesinde, kategorik karakterler

için binom dağılımına dayalı genelleştirilmiş doğrusal model (GLM; sapma analizi), sürekli sayısal nitelikteki karakter olan intertegüler mesafe için ise genel doğrusal karma model (LMM; olasılık oranı analizi) kullanılmıştır. Kategorik karakter verileri analizden önce 1/0 verisi haline dönüştürülmüş, intertegüler mesafe verisi ise normal dağılıma yaklaştırmak için logaritmik dönüşüme uğratılmıştır. Karakterin alanlar arasında fark gösterip göstermediğine ilişkin analizler, dönüştürülmüş olan bu veri setleri üzerinden yürütülmüştür. LMM analizinde, her bir taksona ait örneklenen birey sayısının farklı olmasından dolayı farklı türlere ait ölçümlerin komünite ortalamalarını daha az etkilememesi için "tür" rassal bir faktör olarak analize dahil edilmiştir. LMM analizi "nlme" paketindeki (Pinheiro ve ark. 2007) *lme* fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GLM ve LMM analizlerinde çoklu karşılaştırmalar *emmeans* fonksiyonu ("emmans" paketi, Lenth, 2023) kullanılarak marjinal ortalamaların hesaplanması ile gerçekleştirilmiştir.

# 4. BULGULAR

## 4.1 Çalışma Alanlarında Tespit Edilen Arı Taksonları

Çalışma sırasında toplam altı familyaya, 21 cinse, 88 türe ait 803 adet birey yakalanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında yapılan örneklemeler ile Andrenidae familyasında bir cinse ait 23 birey, Apidae familyasında altı cinse ait 96 birey, Colletidae familyasında iki cinse ait 20 birey, Halictidae familyasında dört cinse ait 632 birey, Megachilidae familyasına ait yedi cinste 29 birey ve Melittidae familyasından tek birey yakalanmıştır (Çizelge 4.3).

Farklı arazi kullanım seviyelerinde tespit edilen bireyler arasında, 38 taksona ait 152 birey düşük yoğunluklu arazi kullanımı olan bölgelerde (AZ), 59 taksona ait 513 birey orta yoğunluklu arazi kullanımı olan bölgelerde (OR) ve 40 taksona ait 140 birey yüksek yoğunluklu arazi kullanımı olan bölgelerde (YU) yakalanmıştır (Çizelge 4.1).

En sık karşılaşılan tür *Lassioglossum malachurum*, tüm veri setinde toplam 364 birey ile temsil edilmektedir. Tüm Melittidae familyası, tüm veri setinde tek birey ile temsil edilmektedir.

Bazı cinsler sadece tek bir arazi kullanım düzeyinde yakalanmıştır. Bu cinsler arasından, *Coelioxys* sadece yüksek yoğunluklu arazi kullanımı olan bölgede (YU), *Colletes, Anthidium* ve *Sphecodes* sadece orta yoğunluklu arazi kullanımı olan bölgelerde (OR) ve *Melitta* ve *Xylocopa* cinsleri ise sadece düşük yoğunlukta arazi kullanımı olan bölgelerde (AZ) tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** Çalışma alanında tespit edilen taksonlar, analizler sırasında kullanılan tür kodları ve fonksiyonel karakteri. Çizelgede "-" sembolü ile gösterilen fonksiyonel karakterler ile ilgili verilere ulaşılamamıştır, "*" işareti olan veriler ise uzman görüşü (Dr. Öğr. Üyesi Fatih Dikmen) ile belirlenmiştir. Aynı tür adına sahip, farklı rakamlarla gösterilen türlerin her biri, farklı bir tür olmakla birlikte tam teşhisi yapılamamış olan taksonlardır.

| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| Andrenidae | *Andrena* sp. | AND | Toprak altı (Michener, 2000) | Oligolektik (Larkin, Neff ve Simpson, 2008) | Soliter (Almeida, 2008; Rasmussen ve Camargo, 2008) |
| Apidae | *Apis mellifera* | AME | - | - | - |
| | *Bombus* sp. | BOM | Toprak altı (Michener, 1964) | Polilektik (atlas hymenoptera, 2009) | Sosyal (Michener, 2000) |
| | *Ceratina* sp. | CER | Toprak üstü (Michener, 2000) | - | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Eucera* sp. | EUC | Toprak altı (Shebl, 2016) | - | Soliter (Bar-Shai, Keasar ve Shmida, 2011) |
| | *Nomada* sp. | NOM | Toprak altı (Michener, 2000) | - | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Xylocopa* sp. | XYL | Toprak üstü (Michener, 2000) | Polilektik (Özbek, 2013) | Soliter (Michener, 2000) |
| Colletidae | *Hylaeus* sp. | HYL | Toprak üstü (Michener, 1964) | Polilektik (Bogusch, Bláhová ve Horák, 2020) | Soliter (Almeida, 2008; Rasmussen ve Camargo, 2008) |
| | *Colletes* sp. | COL | Toprak altı (Michener, 2000) | Oligolektik (Bogusch, Bláhová ve Horák, 2020) | Soliter (Almeida, 2008; Torchio, 1965) |
| Halictidae | *Halictus cephalicus* | HCE | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Halictus kessleri* | HKE | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal* |

| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| Halictidae | *Halictus maculatus* | HMA | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal (Michener, 2000) |
| | *Halictus quadricintus* | HQU | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Soliter (BWARS) |
| | *Halictus resurgens* | HRE | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Halictus sajoi* | LSJ | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Halictus sexcinctus* | HSEX | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Halictus smaragdulus* | HSM | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Halictus subauratus* | HSU | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Halictus tetrazonius* | HTE | Toprak altı (Michener, 2000; Sick ve ark., 1994) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum calceatus* | LCA | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum cf.interruptum* | LCF | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum cf.tricinctus* | LCT | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum convexiusculum* | LCO | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |

| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Lasioglossum corvinum* | LCR | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum crassepunctatum* | LRS | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum* sp6 | LDI1 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp7 | LDI2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp8 | LDI4 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum discum* | LDI | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| Halictidae | *Lasioglossum interruptum* | LIN | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum laticeps* | LLA | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum leucozonium* | LLE | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum lineare* | LLI | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum lucidulum* | LLU | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum maculatus* | LMC | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal (Michener, 2000) |

| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Lasioglossum malachurum* | LMA | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum minutissimum* | LMI | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum morio* | LMO | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp9 | LMO2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp10 | LMO3 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp11 | LMO4 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| Halictidae | *Lasioglossum notum* | LNO | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp12 | LNO2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp13 | LNO3 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum pauxillum* | LPA | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp14 | LPA2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp15 | LPA3 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |

| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| | *Lasioglossum punctatissimum* | LPN | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum puncticolle* | LPU | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum pygmaeum* | LPY | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum saladonia* | LSL1 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum smaragdulus* | LSM | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp2 | LSP2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| Halictidae | *Lasioglossum* sp3 | LSP3 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum* sp4 | LSP4 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum* sp5 | LSP5 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum tricinctum* | LTC | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum tricinctus* | LTR | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |
| | *Lasioglossum* sp16 | LTR2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Sosyal* |

| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| Halictidae | *Lasioglossum villosulum* | LVI | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum* sp17 | LVI2 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum* sp18 | LVI3 | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Lasioglossum zonulum* | LZO | Toprak altı (Gregory ve Wright, 2005) | Polilektik* | Soliter* |
| | *Sphecodes* sp. | SPH | Toprak altı (Özbek ve ark, 2015 ) | Polilektik* | Soliter, Parazitoid (Hikmet, Petr ve Straka, 2015) |
| | *Systropha planidens* | SPL | Toprak altı (Michener, 2000) | Oligolektik (Michener, 2000) | Soliter (Rasmussen ve Camargo, 2008) |
| Megachilidae | *Coelioxys afra* | CAF | Toprak üstü (Michener, 2000) | - | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Heriades crenulata* | HCR | Toprak üstü (Michener, 2000) | Oligolektik (Müller, 2022) | Soliter (González Zamora, 2021) |
| | *Heriades rubicola* | HRU | Toprak üstü (Michener, 2000) | Oligolektik (Bogusch ve ark., 2022) | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Heriades truncorum* | HTR | Toprak üstü (Michener, 2000) | Oligolektik (Konzmann, 2020) | Soliter (Konzmann, 2020) |
| | *Hoplitis anthocopoides* | HAN | Toprak üstü (Eickwort, 1975) | Oligolektik (Eickwort ve George, 1970) | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Hoplitis leucomelana* | HLE | Toprak üstü (Michener, 2000) | Polilektik (Müller, 2022) | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Lithurgus chrysurus* | LCH | Toprak üstü (Michener, 2000) | Oligolektik (Khaghaninia ve ark., 2010) | Soliter (Michener, 2000) |

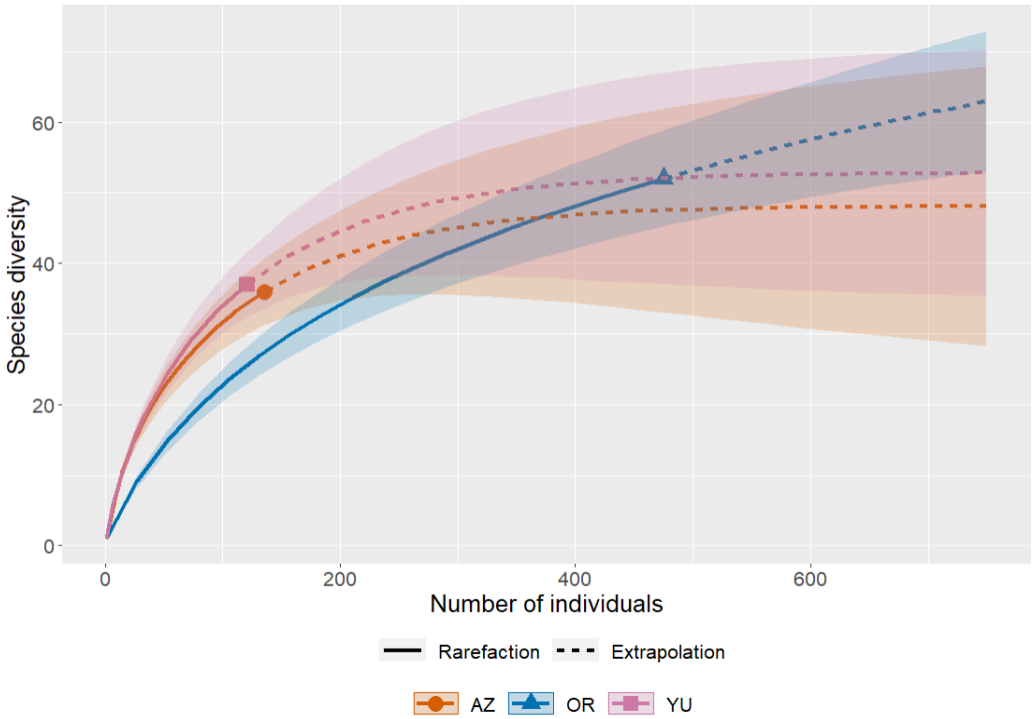
| Familya | Tür | Tür Kodu | Yuva Tipi | Diyet | Sosyallik |
|---|---|---|---|---|---|
| Megachilidae | *Megachile apicalis* | MAP | Toprak üstü (Michener, 2000; Goettel, 2008) | Polilektik (Banaszak ve Ramenesenko, 1998) | Soliter (Michener, 2000; Goettel, 2008) |
| | *Megachile pilidens* | MPI | Toprak üstü (Banaszak Cibicka, 2011) | Polilektik (Banaszak Cibicka ve ark., 2011) | Soliter (Banaszak Cibicka, 2011) |
| | *Megachile rotundata* | MRO | Toprak üstü (Michener, 2000; Goettel, 2008) | Oligolektik (Khaghaninia ve ark., 2010) | Soliter (Michener, 2000; Goettel, 2008) |
| | *Osmia caerulescens* | OCA | Toprak üstü (Michener, 2000) | Polilektik (Müller, 2022) | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Osmia latreillei* | OLA | Toprak üstü (Michener, 2000) | Oligolektik (Müller, 2022) | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Osmia rufohirta* | ORU | Toprak üstü (Heneberg ve ark., 2020) | Polilektik (Wildbiene) | Soliter (Michener, 2000) |
| | *Anthidium undulatum* | PSE | Toprak üstü (Bogusch ve ark., 2022) | Polilektik (Kasparek, 2019) | Soliter (Bogusch ve ark., 2022) |
| Melittidae | *Melitta* sp. | MEL | Toprak üstü (Michener, 2000) | Oligolektik (Michez, 2008) | Soliter (Michez, 2008) |

Alanlardaki ve alanlar arasındaki tür çeşitliliği Shannon, var/yok ve Chao indekslerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Shannon çeşitlilik indeksi, bir ekosistemdeki farklı türlerin eşit olmayan dağılımını ölçen bir biyolojik çeşitlilik ölçüsüdür. Bu indeks, tür sayısının yanı sıra her türün bolluğunu da hesaba katarak çeşitliliği değerlendirir (Cox ve ark., 2017). Beta çeşitlilik, bölgeler arasında tespit edilen türlerdeki farklılıkları ortaya koyarak, komünitelerin birbirinden ne kadar farklı olduğunu göstermektedir (Fontana ve ark., 2020) Chao indeksi, bir ekosistemdeki tür çeşitliliğini tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, gözlenen tür sayısının yanı sıra nadir veya ender görülen türlerin varlığından da faydalanarak, o bölgedeki toplam tür sayısını tahmin etmeye çalışır (Cox ve ark., 2017).

Shannon çeşitlilik indeksine göre arazi kullanım yoğunluğu yüksek ve düşük olan bölgelerde tür çeşitliliği arazi kullanım yoğunluğunun orta düzeyde olduğu bölgelerden daha yüksektir (Çizelge 4.2). Var-yok analizi ve Chao indeksi ise orta düzey arazi kullanım yoğunluğu olan bölgede, diğer bölgelere göre daha çok takson bulunduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.2, Şekil 4.1). Var-yok analizi beta çeşitlilik sonuçlarına göre ise en çok farklı takson düşük ve orta düzey arazi kullanım yoğunluğu olan bölgeler arasında görülmektedir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Shannon çeşitlilik indeksi ve var-yok analizi bulguları.

| | **AZ** | **OR** | **YU** |
|---|---|---|---|
| **Shannon Çeşitlilik** | 2.237067 | 1.698732 | 2.244590 |
| | | | |
| **Gama Çeşitlilik** | 88 | | |
| **Alfa Çeşitlilik** | 38 | 58 | 39 |
| **Beta Çeşitlilik** | 56 (AZ-OR) | 49 (OR-YU) | 45 (AZ-YU) |




**Şekil 4.1.** Arazi kullanımına göre alanların Chao indeksi grafiği.

Tespit edilen türlerin alanlar arasındaki bolluğu karşılaştırıldığında 21 türde belirgin dağılım farklılıkları gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Alanlar arasında fark bulunan üç takson Apidae, 17 takson Halictidae ve bir takson da Megachilidae familyasına mensuptur. Beş taksonun ise arazi kullanım yoğunluğuna göre bölgeler arasında bolluklarında bir fark görünse de bu farklılığın istatistiksel olarak kritik derecede anlamlı olduğu görülmüştür ($0.05 < p < 0.1$; Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** Çalışma alanlarına göre türlerin bolluk ortalamalarının genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) analizi. İstatistiksel olarak anlamlı P değerleri (< 0.05) koyu olarak yazılmıştır. Kritik seviyede olan (0.1 - 0.05 arasında) P değerleri "§" ile gösterilmiştir.

| **Takson** | | **Çalışma Alanı** | | | **GLM Analizi** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familya** | **Tür Adı** | **AZ** | **OR** | **YU** | sapma | P |
| Andrenidae | *Andrena* sp. | 5.0 | 5.0 | 1.5 | 4.9 | 0.0822§ |
| Apidae | *Apis mellifera* | 7.5 | 16.0 | 8.5 | 7.7 | **0.0217** |
| | *Bombus* sp. | 3.0 | 0.5 | 0.5 | 5.8 | 0.0548§ |
| | *Ceratina* sp. | 0.5 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 0.5926 |
| | *Eucera* sp. | 0.5 | 1.5 | 2.0 | 1.9 | 0.3700 |
| | *Nomada* sp. | 1.0 | 2.5 | 0.0 | 7.0 | **0.0301** |
| | *Xylocopa* sp. | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 6.6 | **0.0370** |
| Colletidae | *Colletes* sp. | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Hylaeus* sp. | 3.5 | 5.0 | 1.0 | 5.9 | 0.0517§ |
| Halictidae | *Halictus cephalicus* | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Halictus kessleri* | 0.0 | 2.5 | 0.5 | 7.8 | **0.0205** |
| | *Halictus maculatus* | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 1.6 | 0.4444 |
| | *Halictus quadricintus* | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Halictus resurgens* | 1.0 | 0.0 | 1.5 | 4.3 | 0.1191 |
| | *Halictus sajoi* | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.2 | 0.3333 |

| Takson | | Çalışma Alanı | | | GLM Analizi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familya** | **Tür Adı** | **AZ** | **OR** | **YU** | sapma | P |
| Halictidae | *Halictus sexcinctus* | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 6.6 | **0.0370** |
| | *Halictus smaragdulus* | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Halictus subauratus* | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 13.2 | **0.0014** |
| | *Halictus tetrazonius* | 0.0 | 2.0 | 0.5 | 5.9 | 0.0502§ |
| | *Lasioglossum* sp. | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum calceatus?* | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* cf. *interruptum* | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* cf. *tricinctus* | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum convexiusculum* | 1.0 | 1.5 | 0.0 | 4.3 | 0.1191 |
| | *Lasioglossum corvinum* | 1.0 | 0.0 | 1.5 | 4.3 | 0.1191 |
| | *Lasioglossum crassepunctatum* | 0.0 | 0.5 | 3.5 | 11.6 | **0.0031** |
| | *Lasioglossum* sp6 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp7 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Lasioglossum* sp8 | 0.0 | 1.0 | 0.5 | 2.8 | 0.2500 |

| Takson | | Çalışma Alanı | | | GLM Analizi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familya** | **Tür Adı** | **AZ** | **OR** | **YU** | sapma | P |
| Halictidae | *Lasioglossum discum* | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum interruptum* | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 8.8 | 0.0124 |
| | *Lasioglossum laticeps* | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0000 |
| | *Lasioglossum leucozonium* | 0.0 | 3.0 | 0.5 | 9.6 | **0.0081** |
| | *Lasioglossum lineare* | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.7901 |
| | *Lasioglossum lucidulum* | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 13.1 | **0.0014** |
| | *Lasioglossum maculatus* | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum malachurum* | 3.0 | 156.5 | 12.5 | 434.2 | **< 0.0001** |
| | *Lasioglossum minutissimum* | 2.5 | 0.5 | 0.0 | 7.8 | **0.0205** |
| | *Lasioglossum morio* | 5.0 | 5.0 | 4.0 | 0.3 | 0.8636 |
| | *Lasioglossum* sp9 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp10 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 6.6 | **0.0370** |
| | *Lasioglossum* sp11 | 8.0 | 6.0 | 0.0 | 23.3 | **< 0.0001** |
| | *Lasioglossum notum* | 1.5 | 7.5 | 7.5 | 10.8 | **0.0045** |
| | *Lasioglossum* sp12 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp13 | 0.0 | 2.5 | 0.0 | 11.0 | **0.0041** |

| Takson | | Çalışma Alanı | | | GLM Analizi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familya** | **Tür Adı** | **AZ** | **OR** | **YU** | sapma | P |
| Halictidae | *Lasioglossum pauxillum* | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 8.8 | **0.0124** |
| | *Lasioglossum* sp14 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp15 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Lasioglossum punctatissimum* | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 1.6 | 0.4444 |
| | *Lasioglossum puncticolle* | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 6.6 | **0.0370** |
| | *Lasioglossum pygmaeum* | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Lasioglossum saladonia* | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum smaragdulus* | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 6.6 | **0.0370** |
| | *Lasioglossum* sp.2 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp.3 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp.4 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum* sp.5 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Lasioglossum tricinctum* | 0.5 | 2.0 | 0.0 | 6.0 | 0.0502§ |
| | *Lasioglossum tricinctus* | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Lasioglossum* sp16 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |

| Takson | | Çalışma Alanı | | | GLM Analizi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familya** | **Tür Adı** | **AZ** | **OR** | **YU** | sapma | P |
| Halictidae | *Lasioglossum villosulum* | 2.0 | 5.5 | 0.0 | 15.6 | **0.0004** |
| | *Lasioglossum* sp17 | 1.5 | 1.0 | 0.0 | 4.3 | 0.1191 |
| | *Lasioglossum* sp18 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lasioglossum zonulum* | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Sphecodes* sp. | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 4.4 | 0.1111 |
| | *Systropha planidens* | 2.0 | 1.0 | 1.5 | 0.7 | 0.7119 |
| Megachilidae | *Coelioxys afra* | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Heriades crenulata* | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 1.6 | 0.4444 |
| | *Heriades truncorum* | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 2.8 | 0.2500 |
| | *Heriades rubicola* | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Hoplitis anthocopoides* | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Hoplitis leucomelana* | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Lithurgus chrysurus* | 0.0 | 0.5 | 3.0 | 9.6 | **0.0081** |
| | *Megachile apicalis* | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Megachile pilidens* | 0.5 | 0.0 | 1.5 | 4.3 | 0.1171 |
| | *Megachile rotundata* | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 2.8 | 0.2500 |

| Takson | | Çalışma Alanı | | | GLM Analizi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Familya** | **Tür Adı** | **AZ** | **OR** | **YU** | sapma | P |
| Megachilidae | *Osmia caerulescens* | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Osmia latreillei* | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 1.6 | 0.4444 |
| | *Osmia rufohirta* | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| | *Anthidium undulatum* | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |
| Melittidae | *Melitta* sp. | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 0.3333 |

## 4.2. Fonksiyonel Karakterlerin Dağılımı ve Analizleri

Polen tercihi karakteri bolluk düzeyinde karşılaştırıldığında düşük ve yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğunda benzer ve orta düzey arazi kullanım yoğunluğunda ise diğer bölgelerden farklı çıkmıştır. (AZ-OR $p = 0.0269$, OR- YU $p < 0.0001$) Fakat takson sayısı olarak karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunamamıştır. (Çizelge 4.4)

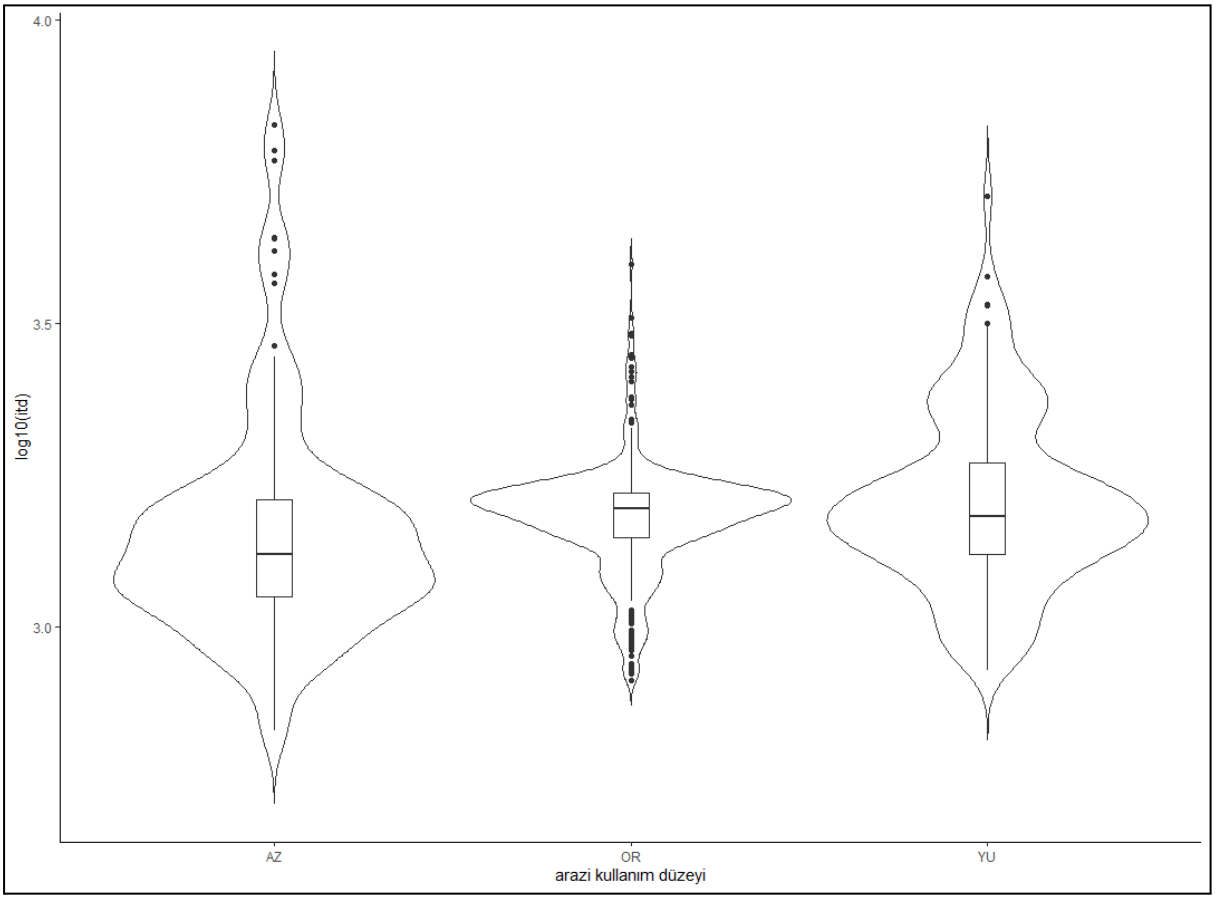
Yuva tercihi karakteri bolluk düzeyinde karşılaştırıldığında düşük ve yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğunda benzer ve orta düzey arazi kullanım yoğunluğunda ise diğer bölgelerden farklı çıkmıştır. (AZ-OR $p < 0.0001$ OR-YU $p < 0.0001$) Fakat takson sayısı olarak karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunamamıştır.(Çizelge 4.4)

Sosyallik karakteri bolluk düzeyinde karşılaştırıldığında düşük ve yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğunda benzer ve orta düzey arazi kullanım yoğunluğunda ise diğer bölgelerden farklı çıkmıştır (AZ-OR $p < 0.0001$ OR-YU $p < 0.0001$). Fakat takson sayısı olarak karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.4).

İntertegüler mesafesi en büyük (ortalama 6.20 mm) olan grup, *Xylocopa* yalnızca düşük yoğunlukta arazi kullanımı olan bölgede olmasına rağmen, diğer alanlar ile karşılaştırıldığı zaman yüksek arazi kullanım düzeyinde intertegüler mesafe ortalaması 1.71 mm ile en büyük değerdir. Düşük arazi kullanım düzeyi intertegüler mesafe ortalaması 1.60 mm, orta düzey arazi kullanımı intertegüler mesafe ortalaması ise 1.54 mm'dir. İntertegüler mesafe, arazi kullanım yoğunluğuna göre karşılaştırıldığı zaman, düşük ve yüksek düzeyde arazi kullanım yoğunluğu olan bölgeler arasında anlamlı bir fark gözlemlenmiştir. (AZ-YU $p= 0.0028$; Çizelge 4.4, Şekil 4.2)

**Çizelge 4.4.** Her bir çalışma alanında incelenen fonksiyonel karakterlere sahip toplam takson sayısı ve bolluğu. Kategorik karakterler için çalışma alanlarında verilen rakamlar, farklı karakter durumlarına ait toplam takson sayısı ya da toplam bolluk değerini göstermektedir ("|" işareti ile ayrılmıştır). İstatistiksel sonuçlar, kategorik nitelikteki karakterler için binom dağılımına dayalı genelleştirilmiş doğrusal model (GLM), sürekli sayısal niteliğe sahip intertegüler mesafe için genel doğrusal karma model (LMM) analizlerinde dayanarak verilmiştir. Bolluk (kategorik karakterler için) ve ortalama (intertegüler mesafe için) değerlerinin altında yer alan harflerin farklı olması, arazi kullanım seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ($P < 0.05$) bir fark olduğunu belirtmektedir.

| **Fonksiyonel Karakterler** | | **Çalışma Alanları** | | | **GLM** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **AZ** | **OR** | **YU** | **Sapma** | **P** |
| **Polen tercihi**<br>Polilektik \| Oligolektik | Tür sayısı | 28 \| 3 | 42 \| 3 | 28 \| 5 | 2.1 | 0.3555 |
| | Bolluk | 110 \| 6<br>a | 447 \| 5<br>b | 95 \| 13<br>a | 23.3 | **< 0.0001** |
| **Yuva tercihi**<br>Toprak altı \| Toprak üstü | Tür sayısı | 31 \| 6 | 47 \| 10 | 27 \| 11 | 4.8 | 0.0910 |
| | Bolluk | 123 \| 14<br>a | 459 \| 21<br>b | 100 \| 22<br>a | 61.4 | **< 0.0001** |
| **Sosyallik**<br>Sosyal \| Soliter | Tür sayısı | 17 \| 21 | 27 \| 32 | 13 \| 23 | 1.5 | 0.4690 |
| | Bolluk | 78 \| 58<br>a | 399 \| 80<br>b | 66 \| 56<br>a | 61.4 | **< 0.0001** |
| | | | | | **LMM** | |
| | | | | | **LR** | **P** |
| **İntertegüler mesafe (mm)** | | 1.60 +- 0.08 (n=127)<br>a | 1.54 +- 0.15 (n=480)<br>ab | 1.71 +- 0.06 (n=123)<br>b | 8.4 | **0.0154** |




**Şekil 4.2.** Çalışma alanlarında intertegüler mesafe karakterinin bireyler arası dağılımı. İntertegüler mesafe değerleri logaritmik ölçekte verilmiştir.

Kategorik fonksiyonel karakterler olan yuva tipi, polen tercihi ve sosyallik karakterleri ile hesaplanan fonksiyonel çeşitlilik indekslerine göre fonksiyonel zenginlik arazi kullanım yoğunlu ile birlikte artmaktadır (Çizelge 4.5). Fonksiyonel dağılım ise düşük ve yüksek arazi kullanım yoğunluğunda benzer şekilde ve orta düzey arazi kullanım yoğunluğu olan bölgeden daha yüksektir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5.** Farklı arazi kullanım seviyelerinde elde edilen fonksiyonel çeşitlilik indeks değerleri.

| | **F. Zenginlik** | **F. Eşitlik** | **F. Iraksama** | **F. Dağılım** |
|---|---|---|---|---|
| **AZ** | 0.006136696 | 0.1625393 | 0.9725704 | 0.2430728 |
| **OR** | 0.010315946 | 0.1379896 | 0.9738767 | 0.1435998 |
| **YU** | 0.034200647 | 0.2285714 | 0.9779355 | 0.2997355 |

# 5. TARTIŞMA

Bu çalışma Batı Karadeniz bölgesinde insan faaliyetlerinin varlığına bağlı olarakçalışma bölgesinde gerçekleşen arazi kullanım değişimlerinin, arı komüniteleri üzerinde etkisi olduğunu göstermiştir. Bu değişim, taksonların ve fonksiyonel karakterlerin kompozisyonlarındaki değişimlerin karşılaştırılmasıyla ortaya konulmuştur.

Çalışmanın gerçekleştiği bölgede arazi kullanım düzeyinin düşük olduğu (AZ) orman içi açıklıklar hem tür hem de birey sayısı olarak, kırsal bölgenin (OR) altında, şehirdeki (YU) komüniteyle yakın değerlere sahiptir. Bitkilerde tür zenginliği ve fonksiyonel karakter çeşitliliğinin, orman örtüşü ile ters orantılı olduğu bilinmektedir (de Lima ve ark., 2020). Bu durum arılar için besin kaynağı miktarını ve komünite yapısını etkileyen bir faktördür.

Kırsal alandaki arazi kullanımının pestisit varlığı, vejetasyondaki çeşitliliğin azalması gibi sebeplerle birlikte arı komüniteleri üzerinde olumsuz etki yarattığı farklı çalışmalarda ortaya koyulmuştur (Durant, 2019; Centrella, 2020). Bu tez çalışmasından elde edilmiş olan bulgular incelendiğinde, çalışmada orta düzey arazi kullanım yoğunluğuna sahip (OR) olarak nitelendirilen kırsal kesimin hem tür bolluğu hem de tür zenginliği bakımından diğer alanlardan daha çeşitli olduğu görülmektedir (Şekil 4.1). Bu bulgu insan faaliyetlerinin arı komünitelerini olumsuz etkilediği kanısı ile çelişmektedir (Winfree ve ark., 2009). Çalışmanın gerçekleştiği Çaycuma çevresinde arazi kullanımı bölgenin alansal heterojenliğini artırarak farklı habitat çeşitleri ve kaynakların bir arada bulunmasını sağlamaktadır. Tarım yapılan bahçelerin görece küçük boyutlu oluşu, farklı sebze ve meyvelerin aynı bahçede yetiştirilmesi, bahçeleri ayıran sınır bölgelerinin doğal bitki türleri için sığınak görevi görmesi gibi durumlar, farklı habitat parçalarının iyi bir şekilde temsil edildiği heterojen peyzajlar oluşturarak, farklı arı türlerinin bir arada bulunduğu bir sistem yaratmaktadır (Hopfenmüller ver ark., 2014; Theodorou ve ark., 2017). Dolayısıyla, çalışma bölgesinde görece düşük yoğunluklu olarak yapılan tarımsal faaliyetler ve bölgede var olan ürün çeşitliliğinin arı tür sayısı ve bolluğunu desteklediği öne sürülebilir. Bu tez çalışmasının bulguları, düşük yoğunluklu ve polikültür şeklinde

tarımın yapıldığı alanlarda arı çeşitliğinin daha yüksek olması yönündeki bulguları (Vides-Borrell ve ark., 2019) destekleyici niteliktedir.

Kentsel yerleşimlerin arı komüniteleri üzerinde olumlu etkileri bulunduğu ise geçmişte yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir. Bu doğrultuda, şehirlerdeki park ve bahçelerde yapılan peyzaj düzenlemeleri ile artan çiçek çeşitliliği ve habitattaki heterojenlik, ısı adası etkisinden dolayı birincil üretimde artış, yangın ve kuraklık gibi katastrofik olayların kontrol altında tutulması gibi insan kaynaklı etkiler arı komünitesini olumlu yönde etkilemektedir. Fakat yapılaşmadan kaynaklı habitat kaybının olumsuz etkisi de ayrıca kendini göstermektedir (Winfree ve ark., 2009; Prendergas, Dixon ve Bateman, 2022). Bu tez çalışması sonucunda şehirde bulunan (YU) arı komünitesinin kırsal kesimdeki (OR) komüniteden daha az sayıda ve orman içi açıklıklarda bulunan (AZ) komüniteye daha yakın sayıda takson ve bireyle temsil edildiği tespit edilmiştir. Yüksek seviyede arazi kullanımın olduğu alanlarda takson ve birey sayısının düşük olması, yapılaşmadan kaynaklı habitat kaybı ve kentsel ısınmasın olası olumsuz etkileri ile açıklanabilir. Bu bulgu, kentlerdeki ısı adasından kaynaklı olarak artan sıcaklığın arı bolluğu üzerinde çiçek çeşitliliğinden bağımsız olarak gerçekleşen azalma yönünde bulgular elde eden Kuzey Amerika'da yapılmış olan bir çalışma ile örtüşmektedir (Hamblin, Youngsteadt ve Frank, 2018).

Arazi kullanım yoğunluğuna göre alanlar intertegüler mesafe bazında karşılaştırıldığında şehirde (YU) bulunan arı topluluğunun, orman içi açıklık (AZ) ve kırsal kesimdeki (OR) topluluklara göre daha büyük boyutlu olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Diğer taksonlardan çok daha büyük olan *Xylocopa* ve *Bombus* gibi cinsler özellikle orman içi açıklıklarda bulunmasına rağmen, komünitelerin ortalama boyutları karşılaştırıldığında, orman içi açıklıklarda bulunan (AZ) komünite, şehirdekine göre daha küçük boyutlu kalmaktadır (Şekil 4.2). Bu durum, biyofiziksel kurallara uygun olarak, daha küçük arıların büyük arılara göre daha hızlı ısınması ve daha hızlı ısı kaybetmesi ile ilişkili olabilir (Pereboom ve Biesmeijer, 2003). Bu doğrultuda, ortalamada daha sıcak olan kentlerde zamansal sıcaklık farklılıklarının daha düşük olması ve kırsal kesimde bu sıcaklıkların daha az stabil olması, arı komünitesinin boyutunu zaman içerisinde şekillendirmiş olabilir. Bu tez çalışması kapsamındaki örneklemde yer alan taksonlara göre çok

daha büyük olan ve komünite boyut ortalamasını da artıran *Xylocopa* ve *Bombus* cinsine ait taksonların ise, vücut büyüklüklerinin sıcaklıktan çok besin arama davranışı ya da fizyolojik özellikleri ile ilgili olduğu önerilmiştir (Bishop ve Armbruster, 1999; Peat ve ark., 2005).

Toprak üzerinde ve oyuklarda yuvalayan türlerin şehirlerde daha başarılı olduğu geçmişte yapılmış başka çalışmalarda da fark edilen bir durumdur (Wilson ve Jamieson, 2019). Şehirlerde beton ve asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerin artışı ile toprak üzeri yapılarda ve oyuklarda yuvalayan arıların bolluğu arasında pozitif korelasyon olduğu daha önceki çalışmalarla ortaya konmuştur (Matteson, Ascher ve Langellotto, 2008; Felderhoff ve ark., 2022). Benzer sonuçlara bu tez çalışmasında da ulaşılmıştır. Toprak üzerinde yuvalamayı tercih eden birey sayısı şehirde diğer alanlarla yaklaşık aynı olsa da, oran olarak bakıldığı zaman toprak üzerinde yuvalanmanın komünite içerisinde daha güçlü olarak temsil edilen bir karakter olduğu karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 4.4). Yani besin kaynaklarının yanı sıra yuva kaynakları da arı komünitelerindeki değişikliklere sebep olan önemli bir faktördür.

Sosyal koloniler genel olarak arılarda türün üreme başarısını olumlu etkilemektedir.
Soliter olan türlerde genellikle yuvayı kuran bireyin ölümü kaynaklı yuva kurma ve üreme başarısı sosyal türlere göre daha düşüktür (Smith, Wcislo ve O'Donnell, 2007). Orta düzey arazi kullanım yoğunluğunun olduğu bölgede (OR), yani kırsal kesimde, yakalanan sosyal birey sayısı yüksek olmasına rağmen orman ve açıklıklarını içeren doğal peyzajdaki (AZ) ve şehirdeki (YU) komünitelere bakıldığında soliter canlıların hem tür hem de birey sayısının sosyal oranlara göre oranının yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4). Bu durum, sosyal türlerin bu bölgelerde başarısını kısıtlayan başka faktörleri işaret ediyor olabilir. Orman içi açıklıklarda bu faktör besin kaynaklarının sınırlı olması, şehirde ise habitat kaybından kaynaklı yuva yapmaya uygun bölgelerin yetersizliği olabilir. Bu bulgu, Kuzey Amerika'daki bir kent-kırsal bölge gradiyentinde elde edilen kentlerde soliter arıların kırsal bölgeye göre daha çok bulunması yönündeki sonuçlar (Wilson ve Jamieson, 2019) ile de uyumludur.

Komüniteler fonksiyonel karakter indeksleri üzerinden karşılaştırıldığı zaman, arazi kullanım yoğunluğun yüksek olduğu şehir merkezinde (YU) bulunan arı komünitesinin her iki alandan da hem daha yüksek bir fonksiyonel zenginlik değerine hem de daha yüksek bir fonksiyonel eşitlik değerine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5). Oligolektik, soliter yaşam ve toprak üstü yuvalama karakterlerine sahip olan takson sayısı görece az olmasına rağmen, oran olarak şehir komünitesinde daha güçlü şekilde temsil edilmektedir (Çizelge 4.4). Bu sonuçlar, bu karakterlerin, yoğun insan kullanımından kaynaklı arazi kullanım değişikliğine karşı diğer karakter durumlarına göre arı kominitesinin daha dirençli olmasını sağladığı anlamına geliyor olabilir.

Özet olarak bu çalışma, kırsal kesimde arı komünitesinin orman içi açıklıklara ve şehir merkezlerine göre daha zengin olduğunu, fakat fonksiyonel karakter açısından şehir merkezinde bulunan komüniteye göre daha homojen ve fakir bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, komünite çalışmalarında sadece takson düzeyinde karşılaştırmalar yapılmasının yetersiz olduğunu, fonksiyonel karakter indekslerinin, komünite yapılarına ve değişimlere verdikleri cevaplarla ilgili önemli detaylar içerdiğini ortaya koymaktadır.

Gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda daha güçlü sonuçlar elde edebilmek için dikkate alınabilecek bazı konular şu şekilde sıralanabilir:

- Örneklem süresini uzatarak, bahar ve erken yaz döneminde aktif olan türlerin de komünitelerde temsilinin sağlanması,
- Örneklem alanı sayılarını artırarak, farklı habitatların daha güçlü bir şekilde temsilinin sağlanması,
- Daha fazla fonksiyonel karakterin tespit edilmesi ve hesaplamalara katılmasıyla fonksiyonel çeşitlilik indekslerinin güçlendirilmesi.

Çalışma sırasında arı taksonları için fonksiyonel karakter çalışmalarının yetersizliği de göze çarpan bir durum olmuştur. Fonksiyonel karakterlerin tespiti sırasında literatür taraması yapılırken, türlerin özellikle polen tercihi konusunda çalışmaların sayısının az olduğu fark edilmiştir. Dolayısıyla, arı komünitelerinin insan kaynaklı arazi kullanım ve iklimsel değişimlere cevaplarını daha iyi öngörebilmemiz için, arı

fonksiyonel karakterlerinin ekolojik gradiyentler boyunca olan değişimi konusunda ileride yapılacak olan çalışmalara gereksinim vardır.

Sonuç olarak bu çalışma arı komünitelerinin çeşitliliğinin ve fonksiyonel karakter yapısının, çalışma bölgesinde insan arazi kullanım yoğunluğu ile değiştiğini ortaya koymuştur. Bu tez çalışması, Türkiye'de arı komünite yapısını fonksiyonel karakter yaklaşımı ile inceleyen ilk çalışmadır.

# 6. KAYNAKÇA


Abrol, D.P., Pollination Biology, Springer Netherlands, Dordrecht, **2012**.

Ackerman, J.D., Abiotic pollen and pollination: Ecological, functional, and evolutionary perspectives, Plant Systematics Evolution, 222, **2000**.

Almeida, E.A.B.,Colletidae nesting biology (Hymenoptera: Apoidea). Apidologie, 39, **2008**.

Baldock, K.C.R., Goddard, M.A., Hicks, D.M., Kunin, W.E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L.M., Potts, S.G., Robertson, K.M., Scott, A.V., Stone, G.N., Vaughan, I.P., Memmott, J., Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects, Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 282, **2015**.

Banaszak, J ve Romasenko, L., Megachilid Bees of Europe (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae), Bydgoszcz UP, 1998

Banaszak-Cibicka, W., Żmihorski, M., Wild bees along an urban gradient: winners and losers. Journal of Insect Conservation, 16, **2012**.

Bar-Shai, N., Keasar, T., Shmida, A., How do solitary bees forage in patches with a fixed number of food items?, Animal Behaviour, 82, **2011**.

Bishop, J.A., Armbruster, W.S., Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: effects of size, phylogeny and ecology, Functional Ecology, 13, **1999**.

Bogusch, P., Bláhová, E., Horák, J., Pollen specialists are more endangered than non-specialised bees even though they collect pollen on flowers of non-endangered plants. Arthropod-Plant Interactions, 14, **2020.**

Bogusch, P., Heneberg, P., Astapenková, A., Habitat requirements of wetland bees and wasps: several reed-associated species still rely on peaty meadows and other increasingly rare wetland habitats, Wetlands Ecolgy and Management, 28, **2020**

Bogusch, P., Marešová, P.H., Astapenková, A., Heneberg, P., Nest structure, associated parasites and morphology of mature larvae of two European species of *Pseudoanthidium friese*, 1898 (Hymenoptera, Megachilidae), Journal of Hymenoptera Research 92, **2022**.

Bombus of Turkey
http://www.atlashymenoptera.net/page.aspx?id=103 (Erişim Tarihi: **04.06.2022**)

Cane, J.H., Estimation of Bee Size Using Intertegular Span (Apoidea). Journal of the Kansas Entomological Society, 60, **1987**.

Centrella, M., Russo, L., Moreno Ramírez, N., Eitzer, B., Dyke, M., Danforth, B., Poveda, K., Diet diversity and pesticide risk mediate the negative effects of land use change on solitary bee offspring production, Journal of Applied Ecolgy, 57, **2020**.

Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T.C., Sander, E., Ma, K., Colwell, R., Ellison, A., Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies, Ecological Monographs, 84, **2014**.

Cox, K.D., Black, M.J., Filip, N., Miller, M.R., Mohns, K., Mortimor, J., Freitas, T.R., Greiter Loerzer, R., Gerwing, T.G., Juanes, F., Dudas, S.E., Community assessment techniques and the implications for rarefaction and extrapolation with Hill numbers. Ecology and Evolution 7, **2017.**

De Lima, K.B., Ferreira, P.A., Groppo, M., Goldenberg, R., Pansarin, E.R., Barreto, R.C., Coelho, G.P., Barros-Souza, Y., Boscolo, D., Does landscape context affect pollination-related functional diversity and richness of understory flowers in forest fragments of Atlantic Rainforest in southeastern Brazil? , Ecological Process, 9, **2020**.

Dikmen, F., Aytekin, A., Notes on the *Halictus latreille* (Hymenoptera: Halictidae) Fauna of Turkey, Turkish Journal of Zoology, 35, **2011**.

Dikmen, F., Töre, D., Aytekin, A., Plant Preferences of *Halictus Latreille* (Halictidae: Hymenoptera) in the Mediterranean Region of Southern Turkey, European Journal of Biology 77, **2019**.

Durant, J.L., Otto, C.R.V., Feeling the sting? Addressing land-use changes can mitigate bee declines, Land Use Policy 87, **2019**.

Eickwort, G., *Hoplitis anthocopoides*, A European Mason Bee Established in New York State (Hymenoptera: Megachilidae), Psyche Cambridge, 77, **1970**.

Eickwort, G.C.,Gregarious Nesting of the Mason Bee *Hoplitis anthocopoides* and the Evolution of Parasitism and Sociality Among Megachilid Bees. Evolution, 29, **1975**.

Engle, C., Baum, K., Can You Bee-lieve it? The Intertegular Span of Bees. **2017.**

Ellis, E., Gauthier, N., Klein Goldewijk, K., Bird, R., Boivin, N., Diaz, S., Fuller, D., Gill, J., Kaplan, J., Kingston, N., Locke, H., Mcmichael, C., Ranco, D., Rick, T., Shaw, M., Stephens, L., Svenning, J.-C., Watson, J., People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years. Proceedings of the National Academy of Sciences 118, **2021.**

Felderhoff, J., Gathof, A., Buchholz, S., Egerer, M., Vegetation complexity and nesting resource availability predict bee diversity and functional traits in community gardens. Ecological applications : a publication of the Ecological Society of America 33, **2022.**

Fontana, V., Guariento, E., Hilpold, A., Niedrist, G., Steinwandter, M., Spitale, D., Nascimbene, J., Tappeiner, U., Seeber, J., Species richness and beta diversity patterns of multiple taxa along an elevational gradient in pastured grasslands in the European Alps. Sci Rep 10, **2020.**

Forrest, J., Thorp, R., Kremen, C., Williams, N., Contrasting patterns in species and functional-trait diversity of bees in an agricultural landscape, Journal of Applied Ecology, 52, **2015**.

Garnier, E., Navas, M.-L., A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology, A review, Agronomy for Sustainable Development, 32, **2012**.

Gregory S. & Wright I., Creation of patches of bare ground to enhance the habitat of ground-nesting bees and wasps at Shotover Hill, Oxfordshire, England. *Conservation Evidence*, 2, **2005.**

Goettel, M.S., Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), in: Capinera, J.L. (Ed.), Encyclopedia of Entomology, Springer Netherlands, Dordrecht, **2008.**

González-Zamora, J.E., Hidalgo-Matas, J.A., Corell-González, M., Wild solitary bees and their use of bee hotels in southwest Spain. Journal of Apicultural Research, 60, **2021**.

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E.L., Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers, Science 347, **2015.**

*Halictus quadricinctus* (Fabricius, 1776) https://www.bwars.com/bee/halictidae/halictus-quadricinctus (Erişim tarihi: **14.06.2022**).

Hamblin, A.L., Youngsteadt, E., Frank, S.D., Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density, Urban Ecosystems, 21, **2018**.

Heneberg, P., Bogusch, P., Hlaváčková, L., Experimental confirmation of empty snail shells as limiting resources for specialized bees and wasps, Ecological Engineering, 142, **2020**.

Hopfenmüller, S., Steffan-Dewenter, I., Holzschuh, A.,Trait-Specific Responses of Wild Bee Communities to Landscape Composition, Configuration and Local

Factors. PLOS ONE 9, **2014.**

iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers) Methods in Ecology and Evolution - Wiley Online Library https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.12613 (Erişim Tarihi **21.03.23**)

Kasparek, M., Bees in the Genus Rhodanthidium: A Review and Identification Guide., Entomofauna, **2019**

Kasparek, M., The Resin and Wool Carder Bees (Anthidiini) of Europe and Western Turkey, Edition Chimaira, **2022**

Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A.L., Cariveau, D., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Cunningham, S.A., Danforth, B.N., Dudenhöffer, J.-H., Elle, E., Gaines, H.R., Garibaldi, L.A., Gratton, C., Holzschuh, A., Isaacs, R., Javorek, S.K., Jha, S., Klein, A.M., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L., Neame, L.A., Otieno, M., Park, M., Potts, S.G., Rundlöf, M., Saez, A., Steffan-Dewenter, I., Taki, H., Viana, B.F., Westphal, C., Wilson, J.K., Greenleaf, S.S., Kremen, C., A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems, Ecology Letters, 16, **2013**.

Khaghaninia, S., Güler, Y., Mousavi, M., Megachilids Bees (Hymenoptera: Apoidea) of Aynalı Forests with Four New Records For Iran, Munis Entomology and Zoology, **2010.**

Konzmann, S., Kluth, M., Karadana, D., Lunau, K., Pollinator effectiveness of a specialist bee exploiting a generalist plant—tracking pollen transfer by Heriades truncorum with quantum dots, Apidologie, 51, **2020.**

Laliberté, E., Legendre, P.,A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits, Ecology, 91, **2010.**

Larkin, L.L., Neff, J.L., Simpson, B.B., The evolution of a pollen diet: Host choice

and diet breadth of Andrena bees (Hymenoptera: Andrenidae), Apidologie 39, **2008.**

Lenth, R.V., Bolker, B., Buerkner, P., Giné-Vázquez, I., Herve, M., Jung, M., Love, J., Miguez, F., Riebl, H., Singmann, H., emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means, **2023.**

Matteson, K.C., Ascher, J.S., Langellotto, G.A., Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens, Annals of the Entomological Society of America 101, **2008.**

McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E., Westoby, M., Rebuilding community ecology from functional traits. Trends in Ecology & Evolution, 21, **2006.**

Michener, C.D., Evolution of the Nests of Bees. American Zoologist, 4, **1964.**

Michener, C.D., The bees of the world, The John Hopkins University, **2000.**

Michez, D., n.d. Monographic revision of the melittid bees (Hymenoptera, Apoidea, Melittidae sensu lato). Social Insects, **2008**

Michez, D.; Rasmont, P.; Terzo, M.; Vereecken, N.J., Bees of Europe. Hymenoptera of Europe 1, Napeditions, **2019**

Moretti, M., Dias, A.T.C., de Bello, F., Altermatt, F., Chown, S.L., Azcárate, F.M., Bell, J.R., Fournier, B., Hedde, M., Hortal, J., Ibanez, S., Öckinger, E., Sousa, J.P., Ellers, J., Berg, M.P., Handbook of protocols for standardized measurement of terrestrial invertebrate functional traits, Functional Ecology ,31, **2017.**

Müller, A. (2022), Palaearctic Osmiine Bees, ETH Zürich, http://blogs.ethz.ch/osmiini (Erişim Tarihi: **13.07.2022**)

Oksanen, J., Simpson, G.L., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M.,

Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., Caceres, M.D., Durand, S., Evangelista, H.B.A., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M.O., Lahti, L., McGlinn, D., Ouellette, M.-H., Cunha, E.R., Smith, T., Stier, A., Braak, C.J.F.T., Weedon, J., Vegan, Community Ecology Package. **2022.**

Özbek, H., Bogusch, P., Straka, J., A contribution to the kleptoparasitic bees of Turkey: Part I.,the genus *Sphecodes latreille* (Hymenoptera: Halictidae). Turkish Journal of Zoology, 39, **2015.**

Ozbek, H., New Data on Large Carpenter-bees of Turkey with Considerations About Their Importance as Pollinators, Journal of the Entomological Research Society, 15, **2013.**

Palaearctic Osmiine Bees, https://blogs.ethz.ch/osmiini/ (Erişim tarihi **25.01.23)**.

Peat, J., Darvill, B., Ellis, J., Goulson, D., Effects of climate on intra- and interspecific size variation in bumble-bees. Functional Ecology 19, **2005.**

Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrology and Earth System Sciences, 11, **2007**.

Pesenko, Y., Subgeneric classification of the Palaearctic bees of the genus Evylaeus Robertson (Hymenoptera: Halictidae), Zootaxa, 1500, **2007**.

Pereboom, J.J.M., Biesmeijer, J.C., Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration, Oecologia, 137, **2003**.

Pesenko, Y.A., Banaszak, J., Radchenko, V.G., Cierzniak, T., Bees of the family Halictidae (excluding Sphecodes) of Poland: taxonomy, ecology, bionomics, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Bydgoszczy. **2000**.

Petchey, O.L., Gaston, K.J., Functional diversity: back to basics and looking

forward, Ecology Letters, 9, **2006**.

Pinheiro, J.C., Bates, D., DebRoy, S., The R Core Team nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package nlme version 3, **2007**.

Prendergast, K.S., Dixon, K.W., Bateman, P.W., A global review of determinants of native bee assemblages in urbanised landscapes, Insect Conservation and Diversity, 15, **2022**.

Rasmussen, C., Camargo, J.M.F., A molecular phylogeny and the evolution of nest architecture and behavior in Trigona s.s. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Apidologie, 39, **2008**.

Razo-León, A.E., Vásquez-Bolaños, M., Muñoz-Urias, A., Huerta-Martínez, F.M., Changes in bee community structure (Hymenoptera, Apoidea) under three different land-use conditions. Journal of Hymenoptera Research, 66, **2018**.

Schleuning, M., García, D., Tobias, J.A., Animal functional traits: Towards a trait-based ecology for whole ecosystems. Functional Ecology, 37, **2023**.

Shebl, M., Elaasr, R., Mohamed, A., Nesting Biology and Seasonality of Long-Horned Bee Eucera nigrilabris Lepeletier (Hymenoptera: Apidae). Sociobiology, 63, **2016**.

Sick, M., Ayasse, M., Tengö, J., Engels, W., Lübke, G., Francke, W., Host-parasite relationships in six species ofSphecodes bees and their halictid hosts: Nest intrusion, intranidal behavior, and Dufour's gland volatiles (Hymenoptera: Halictidae). Journal of Insect Behavior, 7, **1994**.

Smith, A.R., Wcislo, W.T., O'Donnell, S., Survival and productivity benefits to social nesting in the sweat bee *Megalopta genalis* (Hymenoptera: Halictidae). Behavioral Ecology and Sociobiology, 61, **2007**.

Tavşanoğlu, Ç., Pausas, J.G., A functional trait database for Mediterranean Basin plants, Scientific Data, 5, **2018**.

Theodorou, P., Albig, K., Radzevičiūtė, R., Settele, J., Schweiger, O., Murray, T.E., Paxton, R.J., The structure of flower visitor networks in relation to pollination across an agricultural to urban gradient, Functional Ecology, 31, **2017**.

Torchio, P.F., Observations on the Biology of Colletes ciliatoides (Hymenoptera: Apoidea, Colletidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 38, **1965.**

Vides-Borrell, E., Porter-Bolland, L., Ferguson, B.G., Gasselin, P., Vaca, R., Valle-Mora, J., Vandame, R., Polycultures, pastures and monocultures: Effects of land use intensity on wild bee diversity in tropical landscapes of southeastern Mexico, Biological Conservation, 236, **2019.**

Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E., Let the Concept of Trait Be Functional!, Oikos, 116, **2007**.

Wildbiene.com | Die Webseite zum Thema Wildbienenschutz
https://www.wildbiene.com/lexikon/index.php?am=8&as=57&am_a=
(Erişim Tarihi **08.07.2022**).

Wilson, J.S., Jahner, J.P., Starley, L., Calvin, C.L., Ikerd, H., Griswold, T., Sampling bee communities using pan traps: alternative methods increase sample size. J Insect Conserv 20, **2016.**

Wilson, C.J., Jamieson, M.A., The effects of urbanization on bee communities depends on floral resource availability and bee functional traits, Plos One 14, **2019.**

Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D.P., LeBuhn, G., Aizen, M.A., A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance, Ecology, 90, **2009.**