T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Camponotus aethiops ve *Formica cunicularia* TÜRLERİNİN BESİN KAYNAKLARININ TESPİTİ, GÜNLÜK AKTİVİTE RİTİMLERİ VE BUNU ETKİLEYEN ABİYOTİK FAKTÖRLER

SEVİL SARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
PROF. DR. YILMAZ ÇAMLITEPE
EDİRNE 2013

Camponotus aethiops ve *Formica cunicularia* TÜRLERİNİN BESİN KAYNAKLARININ TESPİTİ, GÜNLÜK AKTİVİTE RİTİMLERİ VE BUNU ETKİLEYEN ABİYOTİK FAKTÖRLER

SEVİL SARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

2013

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. YILMAZ ÇAMLITEPE

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

13 / 02 / 2013

Sevil SARI

İmzası

Yüksek Lisans Tezi

‘’*Camponotus aethiops* ve *Formica cunicularia* Türlerinin Besin Kaynaklarının Tespiti, Günlük Aktivite Ritimleri Ve Bunu Etkileyen Abiyotik Faktörler‘’

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada, *Camponotus aethiops* ve *Formica cunicularia* türü karınca işçilerinin doğal ortamlarındaki günlük aktivasyon ritimlerinin belirlenmesi, bu aktivasyona etki edebilecek abiyotik faktörler ile aktivasyon ritmi arasındaki olası ilişkilerin tespit edilmesi ve bu iki türün beslenme ekolojilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaç ile Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü bahçesinde bulunan iki farklı yuvada Mayıs 2012 - Eylül 2012 arasını kapsayan 5 aylık dönemde gözlemler yapılarak karıncalara ait aktivasyon verileri elde edilmiştir. Abiyotik faktörlerden zemin sıcaklığı, hava sıcaklığı, yuva sıcaklığı, hava nemi, aydınlanma şiddeti, atmosferik basınç, havanın genel durumu, toprağın genel durumu ve rüzgâr şiddeti gibi farklı parametreler her iki tür için de ayrı ayrı ölçülerek kaydedilmiştir. Günün faklı zamanlarında beslenen bu iki karınca türünün yuvadan ayrılıp besin arayan işçilerin tercih ettikleri besin kaynakları tespiti ve bu kaynaklar arasında bir faklılık olup olmadığı, buna ek olarak beslenme alanlarının yuvadan uzaklıkları da saptanarak beslenme ekolojileri hakkında veriler toplanmıştır.

Sonuçlar, her iki türün aktivasyonlarının birincil olarak havanın aydınlanma şiddeti ile belirlendiğini ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, çalışma periyodu olan Mayıs - Eylül ayları arasında havanın nemi, hava sıcaklığı, atmosferik basınç ve rüzgâr şiddeti gibi parametrelerin aktivasyon ritimleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı, yuva ve zemin sıcaklık değerlerinin ise çok düşük oranda aktivasyonu etkileyebileceği bulunmuştur.

2013

112 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Formica cunicularia*, *Camponotus aethiops*, koloni aktivitesi, sıcaklık toleransı, görev paylaşımı, besin tercihi, günlük aktivasyon ritmi, abiyotik faktör.

Master Thesis

‘’ Determination of Food Sources, Daily Activity Rhytms and the effect of abiotic factors on the Rhytms in two ant species *Camponotus aethiops* and *Formica cunicularia.’’*

Trakya University Institute of Natural Sciences

In Biology Department

ABSTRACT

In this sudy, the type of ant species *Camponotus aethiops* and *Formica cunicularia* determination of natural environments, the activation day workers activation can influence the rhythm of the possible relationships between abiotic factors and the activation to be identified and is intended to be put out to these two species nutrition ecology. With this purpose Trakya University Faculty of Science Department of Biology in the slot in two different covering 5 month period between May 2012 September 2012, the activation data with observations the ants. Abiotic factors, soil temperature, air temperature, atmospheric pressure, humidity, illuminance of air, general state of the soil and the overall condition of the air, wind intensity, as well as other parameters measured separately for each of the two species has been recorded. Fed at different times of day are looking for workers from these two ant species and their preffered food sources of nutrients and whether it is a difference between these resources, in addition to diet and nutrition from distances of the collected data about ecology.

The results of both species activation is determined with the air illuminance Besides that, working period of May – September the air humidiy, air temperature, atmospheric pressure and wind intensity does not have a significant impact on the

activation parameters, such as slots and ground temperature may affect the very low rate of activation.

2013

112 pages

Keywords: *Formica cunicularia*, *Camponotus aethiops*, colony activity, temperature tolerance, task allocation, food suply, daily activation rhythms, abiotic factor.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bana her konuda destek olan, değerli bilgi birikiminin yanı sıra her türlü maddi ve manevi yardımlarını benimle paylaşan, çalışmanın son halini alması için elinden geleni esirgemeyen, tecrübelerinden yararlandığım çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yılmaz ÇAMLITEPE'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Gerek ders aşamasında gerek diğer konularda yardım ve tecrübelerini benden esirgemeyen ve çalışmalara katkılarından dolayı çok değerli hocalarım, Uzman Dr. Volkan AKSOY' a, Dr. Ayşe YILMAZ'a, içtenlikle minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Vazgeçilmez desteğim, maddi manevi her zaman yanımda olan çok sevdiğim ailem, sevgili annem Gülay SARI'ya, saygıdeğer babam Ömer SARI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Verdiğim kararları her zaman destekleyen, yüksek lisansım boyunca ellerinden gelen her türlü yardımı gösteren çok sevgili ablam Anıl SARI IRMAK, ve kendi öz abim gibi gördüğüm eniştem Kerem IRMAK' a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmaya TÜBAP – 155 kodlu proje ile maddi destek sağlayan Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi' nin başta yöneticileri olmak üzere tüm yetkililerine teşekkür ederim.

Sevil SARI

Edirne, 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VII
TABLOLAR DİZİNİ XI
1.GİRİŞ 1
1.1. Karıncalarda Günlük Aktivasyon Programları 7
1.2. Karıncaların Beslenme Ekolojileri 6
1.2.1. Karıncaların Beslenme Şekilleri 10
1.2.2.Karıncalarda Besin Kaynaklarına Göre Oluşan Beslenme Biçimleri 17
1.2.3. Besin Kullanımı 35
1.2.4. Ekolojik Etkileşim 36
1.2.5. Karıncaların Coccoidea ile olan Beslenme İlişkileri 38
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI 39
2.1. Karıncaların Aktivasyon Ritimleri 39
2.2. Karıncaların Beslenmeleri 40
3. MATERYAL YÖNTEM 43
3.1. Materyal 43
3.1.1. *Camponotus aethiops* 43
3.1.2. *Formica cunicularia* 44
3.2. Karıncalarda Yuva Seçimi 46
3.2.1. Arazi Çalışması ve Karınca Yuvalarının Tespiti 47
4.SONUÇLAR 50
4.1. *Formica cunicularia* Aktivasyon Sonuçları 50
4.2. *Camponotus aethiops* Aktivasyon Sonuçları 67
4.3. *Formica cunicularia* Beslenme Sonuçları 85
4.4. *Camponotus aethiops* Beslenme Sonuçları 88
5.TARTIŞMA 91
6.EKLER 100
6.1. *Formica cunicularia* Aktivasyon Takip Tablosu 100
6.2. *Camponotus aethiops* Aktivasyon Takip Tablosu 106
6.3. *Formica cunicularia* ve *Camponotus aethiops* Besin Takip Tablosu 101
7. KAYNAKLAR 102
8. ÖZGEÇMİŞ 112

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 3.1.*Camponotus aethiops* görünüşü **44**

ŞEKİL 3.2. *Camponotus aethiops* majör işçi, minör işçi **44**

ŞEKİL 3.3. *Formica cunicularia* görünüşü **45**

ŞEKİL 3.4. *Formica cunicularia* işçi, kraliçe erkek **46**

ŞEKİL 3.5. *Formica cunicularia* çalışma yaptığımız yuva **49**

ŞEKİL 3.6. *Camponotus aethiops* çalışma yaptığımız yuva **49**

ŞEKİL 4.1. *F. cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs zemin sıc. **50**

ŞEKİL 4.2. *F. cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs hava sıc. **50**

ŞEKİL 4.3. *F.cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs yuva sıc. **51**

ŞEKİL 4.4. *F. cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs hava nemi **51**

ŞEKİL 4.5. *F. cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs aydınlanma **52**

ŞEKİL 4.6. *F. cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs basınç **52**

ŞEKİL 4.7. *F. cunicularia* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs rüzgar **53**

ŞEKİL 4.8. *F. cunicularia* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran zemin sıc. **53**

ŞEKİL 4.9. *F. cunicularia* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran hava sıc. **54**

ŞEKİL 4.10. *F. cunicularia* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran yuva sıc. **54**

ŞEKİL 4.11. *F. cunicularia* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran nemi **55**

ŞEKİL 4.12. *F. cunicularia* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran ayd. **55**

ŞEKİL 4.13. *F. cunicularia* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran rüzgâr **56**

ŞEKİL 4.14. F.*cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temuz zemin sıc. **56**

ŞEKİL 4.15. *F. cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temuz hava sıc. **57**

ŞEKİL 4.16. *F. cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temuz yuva sıc. **57**

ŞEKİL 4.17. *F. cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temuz nemi **58**

ŞEKİL 4.18. *F. cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz ayd. **58**

ŞEKİL 4.19. *F. cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz basınç **59**

ŞEKİL 4.20. *F.cunicularia* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz rüzgar **59**

ŞEKİL 4.21. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos zemin sıc. **60**

ŞEKİL 4.22. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos hava sıc. **60**

ŞEKİL 4.23. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos yuva sıc. **61**

ŞEKİL 4.24. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos hava nemi **61**

ŞEKİL 4.25. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos ayd. **62**

ŞEKİL 4.26. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos basınç **62**

ŞEKİL 4.27. *F.cunicularia* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos rüzgâr **63**

ŞEKİL 4.28. *F.cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül zemin sıc. **63**

ŞEKİL 4.29. *F. cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül hava sıc. **64**

ŞEKİL 4.30. *F. cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül yuva sıc. **64**

ŞEKİL 4.31. *F. cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül hava nemi **65**

ŞEKİL 4.32. *F.cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül ayd. **65**

ŞEKİL 4.33. *F. cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül basınç **66**

ŞEKİL 4.34. *F. cunicularia* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül rüzgâr **66**

ŞEKİL 4.35. *C. aethiops* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs zemin sıc. **67**

ŞEKİL 4.36. *C.aethiops* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs hava sıc. **67**

ŞEKİL 4.37. *C. aethiops* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs yuva sıc. **68**

ŞEKİL 4.38. *C. aethiops* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs hava nemi **68**

ŞEKİL 4.39. *C. aethiops* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs ayd. **69**

ŞEKİL4.40. *C.aethiops* Mayıs ayı günlük aktivasyonları, Mayıs basınç **69**

ŞEKİL 4.41. *C. aethiops* Mayıs günlük aktivasyonları, Mayıs rüzgâr **70**

ŞEKİL 4.42. *C. aethiops* Haziran ayı günlük aktivasyonları, Haziran zemin sıc **70**

ŞEKİL 4.43. *C.aethiops* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran hava sıc. **71**

ŞEKİL 4.44. *C.aethiops* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran yuva sıc. **71**

ŞEKİL 4.45. *C. aethiops* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran nemi **72**

ŞEKİL 4.46. *C.aethiops* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran ayd. **72**

ŞEKİL 4.47. *C. aethiops* Haziran günlük aktivasyonları, Haziran basınç **73**

ŞEKİL 4.48. *C. aethiops* Haziran ayı günlük aktivasyonları, Haziran rüzgâr **73**

ŞEKİL 4.49. *C.aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz zemin sıc. **74**

ŞEKİL 4.50. *C. aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz hava sıc. **74**

ŞEKİL 4.51. *C. aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz yuva sıc. **75**

ŞEKİL 4.52. C. *aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz hava nemi **75**

ŞEKİL 4.53. C. *aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz ayd. **76**

ŞEKİL 4.54. *C.aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz basınç **76**

ŞEKİL 4.55. *C. aethiops* Temmuz günlük aktivasyonları, Temmuz rüzgâr **77**

ŞEKİL 4.56. *C.aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos zemin sıc. **77**

ŞEKİL 4.57. *C. aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos hava sıc. **78**

ŞEKİL 4.58. *C. aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos yuva sıc. **78**

ŞEKİL 4.59. *C. aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos nemi **79**

ŞEKİL 4.60. *C.aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos ayd. **79**

ŞEKİL 4.61. *C. aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos basınç **80**

ŞEKİL 4.62. *C.aethiops* Ağustos günlük aktivasyonları, Ağustos rüzgâr **80**

ŞEKİL 4.63. *C. aethiops* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül zemin sıc. **81**

ŞEKİL 4.64. C. *aethiops* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül hava sıc. **81**

ŞEKİL 4.65. C. *aethiops* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül yuva sıc. **82**

ŞEKİL 4.66. *C.aethiops* Eylül ayı günlük aktivasyonları Eylül hava nemi **82**

ŞEKİL 4.67. *C.aethiops* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül ayd. **83**

ŞEKİL 4.68. *C.aethiops* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül basınç **83**

ŞEKİL 4.69. *C.aethiops* Eylül günlük aktivasyonları, Eylül rüzgâr **84**

ŞEKİL 4.70. *F.cunicularia* Mayıs besin yuva arası uzaklık **85**

ŞEKİL 4.71. *F. cunicularia* Haziran besin yuva arası uzaklık **86**

ŞEKİL 4.72. *F.cunicularia* Temmuz besin yuva arası uzaklık **86**

ŞEKİL 4.73. *F.cunicularia* Ağustos besin yuva arası uzaklık **87**

ŞEKİL 4.74. *F.cunicularia* Eylül besin yuva arası uzaklık **87**

ŞEKİL 4.75. *C.aethiops* Mayıs besin yuva arası uzaklık **88**

ŞEKİL 4.76. *C.aethiops* Haziran besin yuva arası uzaklık **89**

ŞEKİL 4.77. *C. aethiops* Temmuz besin yuva arası uzaklık **89**

ŞEKİL 4.78. *C. aethiops* Ağustos besin yuva arası uzaklık **90**

ŞEKİL 4.79. *C. aethiops* Eylül besin yuva arası uzaklık **90**

TABLOLAR DİZİNİ

TABLO 1.1. Günlük aktivasyon ritmi çalışılan karınca türleri **5**

TABLO 1.2. Karıncaların en fazla aktif olduğu sıcaklık **6**

TABLO 2.1. Karıncaların en fazla aktif olduğu nem **39**

TABLO 2.2. Karıncaların en fazla aktif olduğu nem ve sıcaklıklar **39**

TABLO 2.3. Karınca türlerinin besin aradığı sıcaklıklar **40**

TABLO 2.4. Karınca türlerinin besin aradığı nem değerleri **40**

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

1.1. Karıncalarda Günlük Aktivasyon Programları

Zamansal bilginin kontrolü temelinde aktivite ritimlerinin kapsamındadır. Sosyal böceklerin aktivite ritimlerinin biyolojik doğasını araştıran önemli sayıda çalışma mevcuttur. Bu ritimler ya dışsaldır (eksojen - exogeneous) yani dış uyaranlar tarafından yönlendirilir, ya da içseldir (endojen - endogeneous) periyodik olarak dışsal sinyal tarafından yönlendirilen içsel saatden (Zeitgeber) kaynaklanır [1].

Günlük aktivasyon ritimleri özellikle karınca türleri arasında en ayırt edici karakterlerden bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı karınca türlerinin aktivite modelleri ve beslenmeleri günün farklı zamanlarında ve yılın farklı zamanlarında olur [2]. Aktivasyon ritimlerindeki bu farklılık, türlerin sahip olduğu belirli morfolojik, fizyolojik ve davranışsal özelliklerden kaynaklanır [3].

Ekolojik çevresine adaptasyon gösteren bir koloninin aktivitesi periyodik olarak ritmik değişimler gösteren, spontan veya otomatik gerçekleşen büyüme ve gelişme periyodunda bireylerin, bireysel ve toplu olarak gerçekleştirdikleri etkinliktir [4]. Bunun sonucu olarak türlerin ‘‘ekolojik toleransları’’ ortaya çıkar. Bu durum ile ‘‘spesifik beslenme ve aktivasyon periyotları’’ belirlenir [5]. Karınca toplumlarının bu aktivasyon programları sırasında abiyotik faktörlere karşı toleransı, hayat hikayelerinde ve ayakta kalma mücadelerinde çok önemli bir alt yapı sağlar [6]. Aynı zamanda bu zamansal ve konumsal heterojenite türlerin rekabet ilişkilerini etkileyerek farklı türlerin aynı çevre şartlarında farklı zamanlarda avantajlı hale geçmesini sağlar [7]. Baskın (dominant) türler alttürlere oranla çevresel faktörlere karşı daha geniş fiziksel tolerans sınırına sahiptir. Bu durum baskın (dominant) türlerin faaliyet sürelerinin uzaması nedeniyle alttür çeşitliliğin azalmasına yol açar.

Bitkisel ve hayvansal organizmaların çoğunda izlenen fizyolojik aktiviteler gece-gündüz periyoduna ve mevsimlere bağlı olarak değişir. Organizmalarda ışık

süresiyle ilgili olarak oluşan ritimler günlük, mevsimsel, aylık, olmak üzere üç grupta incelenebilirler. Hayvanlarda fotoperiyodizmle oluşan biyolojik ritimler iki tiptir; birincisi üreme periyodunu uygun mevsime rastlatmak, diğeri ise uygun olmayan koşullarda diapoza girmek.

Karıncaların mevsimsel aktivasyon ritimlerini ise 3 aşamada inceleyebiliriz;

1-) Aktivasyona hazırlık (pre-aktivasyon) (ilkbahar: Şubat-Nisan aylarını kapsar),

2-) Aktivasyon (Yaz: Mayıs-Eylül aylarını kapsar),

3-) Diyapoz (Sonbahar- Kış: Ekim-Ocak aylarını kapsar).

Aktivasyon ritmi türler arasında değişiklik göstermesinin yanı sıra tür içinde farklı sınıflarda da farklılık gösterir. Örneğin kesiksiz polimorfizim görülen bazı karınca türlerinde de minör ve majör işçilerin aydınlanma şiddetine bağlı olarak; farklı beslenme davranışları, koloni içindeki görev dağılımı ile birlikte farklı aktivasyon ritimleri sergilerdikleri belirlenmiştir [8]. Sharma, (2004) *Camponotus compressus* ile yaptığı çalışmasında major işçiler nokturnal aktivite gösterirken orta boy işçilerin %75 nokturnal %25 diurnal aktivite gösterdiği belirlenmiştir [9].

Aktivasyon ritimleri göz önüne alındığında ***diurnal*** (gündüz aktif)***, krepeskular*** (alacakaranlıkta aktif) *ve* ***nokturnal*** (gece aktif) olmak üzere günün farklı zamanlarında aktif bir yaşam tarzı benimsemiş böceklerin varlığı bir ilginçlik oluştursa da özellikle nokturnal ve krepeskular bir yaşam tarzının evrimleşmiş olmasının altında yatan temel itici güçler arasında ilk sırada diğer organizmalarla olan besin rekabetinin en aza indirilmesi ve düşmanlardan maksimum düzeyde bir korunma sağlanması gelmektedir. Diğer taraftan, gece koşullarında çeşitli predatör ve yuva paraziti türlerle karşılaşma olasılığı da azalmaktadır. Dolayısı ile diurnal aktivite gösteren böceklerin sayısı daha fazla olsa da krepeskular/nokturnal aktivite gösteren böceklerin olması da hiç şaşırtıcı değildir. Sınırlı ekolojik koşullarda ve sınırlı zaman aralığında hayatta kalmak ve üremek zorunda olan bu böcekler, krepeskular/nokturnal yaşam koşullarına bir şekilde uyum sağlayabilmek amacı ile çeşitli adaptasyonlar geliştirmişlerdir.

Ağırlıklı olarak diurnal bir yaşamı tercih etmelerine rağmen, krepeskular ve nokturnal yaşamı benimsemiş karınca türleri olduğu gibi, aynı tür içerisinde farklı

dönemlerde farklı aktivasyon ritmi geliştiren türlerde bulunmaktadır. Örneğin, Ponerine cinsine ait *Odontomachus chelifer* türüne ait işçiler, sıcak mevsimlerde krepeskular olan aktivasyon ritmini, nokturnal olarak değiştirmektedir.

Karınca türlerinden bazıları yılın farklı mevsimlerinde farklı aktivite modelleri gösterebilir. Örneğin, *Pheidole militicida* kışın diurnal bir aktivite gösterirken yazın nokturnal bir aktivite modeli gösterebilir [10].

Bir başka tür olan *Camponotus cruentatus* için ilkbahar ve sonbahar aylarında diurnal bir aktivite davranışı sergilerken, yaz aylarında günün her saati aktivite göstermiştir [11].

Karıncaların günün farklı saatlerinde ve yıl boyunca yılın farklı zamanlarında değişik sıcaklıklara kendilerini tolere etme yetenekleri vardır. Bu sıcaklık değişimlerine karşı tolerasyon (uyum) gösterirler. Fakat bazı eşik değeri üstündeki sıcaklıklarda ‘’termal strese’’ girerler. Termal stres; Sıcak ortamlarda durgun hava ve nemin canlı yapısında birikerek dışarıya atılamayan ısıdan canlının rahatsız olmasıyla oluşan özel bir durumdur. Çevresel koşulların değişimi, farklı karınca türlerinin komunite organizasyonunu ve buna bağlı olarak aktivitelerini etkiler. Karıncalar soğukkanlı (ektoderm) canlılar olduğu için sıcaklık değişimleri aktivitelerinde önemli rol oynar Örneğin, sıcaklığa karşı tolere sınırı yüksek olan türler genellikle diurnal bir yaşam tarzı gösterirken, sıcaklığa karşı tolere sınırı düşük olan türler krepeskular nokturnal bir yaşam tarzı gösterir. Sık ağaçlarla kaplı alanlar güneşlenme ve gölgelik yerler bakımından gün boyunca heterojen bir yapı sergiler. Nemli ve açık alanlar ise (çayırlar, ağacın olmadığı veya seyrek olduğu alanlar) daha homojen bir özellik gösterir ve bu alanlarda sıcağa tolere gösteren (diurnal) türler daha sık görülür.

Bir ortamda yaşayan canlı organizmalar (biyotik) ve onların içinde bulunduğu cansız çevre (abiyotik) birbirlerinden ayrılmayacak derecede kaynaşmıştır ve etkileşim içindedir. Çeşitli canlı türlerinin yaşadığı belirli bir alandaki canlılar (biyotik komunite) hem birbirleriyle hem de kendilerini kuşatan fiziksel çevre ile etkileşim halindedir. Bir organizma, bir populasyon veya tüm bir biyotik komunite çok karmaşık çevresel faktörlerin etkisi altında bulunur. Canlıların bu faktörlere karşı belirli tolerans (dayanma, hoşgörü) sınırları vardır ve bu yerel koşullara uyum sağlayacak şekilde

ayarlanmıştır. Canlı, bu sınırların dışında varlığını sürdüremez. Canlılar, fiziksel çevre etkilerine karşı tamamen boyun eğmiş değildir. Nitekim canlı türleri sıcaklık, ışık, su ve diğer fiziksel faktörlerin sınırlayıcı etkilerini azaltıcı yönde çeşitli davranışlar gösterir. Canlılar bulundukları fiziksel çevreyi belirli ölçüde değiştirir ve yaşadıkları ortama uyum sağlar. Bu olay çevresel faktörlere uyum olarak bilinir ve aynı türün farklı bölgede yetişen bireylerinde görülür.

Organizmalar bulundukları ortama, bir yandan oradaki fiziksel çevre faktörlerine tolerans göstererek adapte olurken, bir yandan da belirli aralıklarla tekrarlanan doğal süreçlere uyum sağlarlar. Canlılar, düzenli tekrarlanan bu doğal süreçleri kullanarak yaşamlarını programlar ve böylece yaşam için uygun olan koşullardan en üst düzeyde yararlanırlar. Canlılar bunu, biyolojik saat denilen ve zamanı ölçmeyi sağlayan bazı fizyolojik mekanizmalarla başarmaktadır. Bu fizyolojik fonksiyonlar günün 24 saati boyunca ritmik değişiklikler gösterir. Günlük ritm (circadian rhythm) olarak bilinen fonksiyonel aktivite değişikliklerine göre günlük aktivite ritimleri çeşitli hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalarda farklı derecelerde ve farklı zamanlarda artış ya da azalış gösterir [12]. Canlılarda yaygın olarak görülen sirkadiyan ritim olayı biyolojik saat mekanizmasına güzel bir örnektir. Sirkadiyan ritmi gün ışığı gibi etkin bir çevresel uyarıcı olmadığında bile, belirli fizyolojik tepkilerin 24 saat aralıklarla düzenli bir şekilde ortaya çıkması olayıdır. Komuniteler mevsimsel ve diğer ritimlere uyacak şekilde programlanmıştır.

Birçok karınca türü için aktivite ritimleri genellikle çevresel faktörlere göre ayarlanır;

Aktivasyonu etkileyen abiyotik faktörler arasında; ‘’**sıcaklık**’’[13],‘’**nem**’’[9],‘**’toprak ısısı**’’ [9] , ‘’**klimatik değişimler**’’ [9], ‘’**lokal vejetasyon yapısı**’’, ‘’**aydınlanma şiddeti-ışık yoğunluğu (light intensity)**’’ [9], ‘’**rüzgar**’’ [9] ,’’**aydınlanma şiddeti süresi**’’, ‘’**güneşlenme ve gölgelik alan**’’ [14], ‘’**güneş ışınlarına maruz kalma derecesi**’’ [15; 16; 17; 18], ‘’**güneş ışıması**’’ [19], ‘’**yuva içinin nisbi nemi**’’ [19], ‘’**toprak profili**’’ [19]. ‘’**toprağın nemliliği**’’[20] ‘’**mevcut olan besin maddesi**’’ [21; 22] ‘’**mevcut olan besin maddelerinin limitleri**’’ [21; 22] sayılabilir. Bunların yanında aktivasyonu etkileyen biyotik faktörler de mevcuttur. Bunlardan bazıları; ‘’türler arası etkileşim’’, ‘’rekabet’’, ‘’avlanma’’ dır [23; 24; 25; 21].

Tüm bu abiyotik ve biyotik faktörler koloni aktivasyonunu etkiler, yuva konumunu belirleme de anahtar özellik gösterir ve koloni davranışlarını belirlemede önemli rol oynar.

Tablo1.1. Günlük aktivasyon ritmi çalışılan bazı karınca türleri**.**

Tür	**Aktivasyon**	**Referans**
Formica cunicularia	Diurnal	[26]
Odontomachus chelifer	Diurnal/Nokturnal	[5]
Pogonomyrmex pronotalis, Pogonomyrmex rastratus	Diurnal/Nokturnal	[28]
Camponotus spp	Diurnal/Nokturnal	[13]
Messor barbarus	Diurnal/Nokturnal	[29]
Pheidole cares	Nokturnal	[30]
Pogonomyrmex rugosus	Diurnal	[31]
Messor bouvieri	Diurnal	[22]
Leptothorax allardycei	Diurnal	[4]
Dorymymex antarticus,	Diurnal/ Nokturnal	[32]
Cataglyphis cursor Aphaenogaster senilis Tapinoma nigerrimum Tetramorium semilaeva	Diurnal/ Nokturnal	[14]
Myrmecia croslandi *Myrmecia pyriformis*	Diurnal Nokturnal	[33]
Camponotus sylvaticus	Nokturnal	[34]
Camponotus aethiops	Nokturnal/Krepeskular	[2]

Tablo 1.2. Karınca türleri ve en fazla aktivite gösterdiği hava sıcaklık durumları [6].

	Sıcak	Serin	Hem Sıcak Hem Serin
Karınca Türü	*Lasius lasoides*	*Plagiolepis pygmaea*	*Crematogaster scutellaris*

Karınca Türü	*Camponotus lateralis*		
Karınca Türü	*Camponotus piceus*		

Fergus ve Rourke (1950)' de yaptıkları çalışmada, karınca kolonilerini yaşam alanlarındaki toprak nemliliğinin derecesine göre sınıflara ayırmıştır. Sınıflandırmayı şu şekilde yapmışlardır [19];

a-) düşük toprak nemliliğinde yaşayan karınca kolonileri: Örn. *Myrmica sabuleti, Tetramorium caespitum*.

b-) orta dereceli toprak nemliliğinde yaşayan karınca kolonileri: Örn. *Formica fusca, Lasius niger, Myrmica scabrinodis, Lasius flavus, Myrmica laevinodis*.

c-) yüksek toprak nemliliğinde yaşayan karınca kolonileri: Örn. *Leptothorax acervorum, Lasius fuliginosus, Formica rufa, Myrmica rubra*.

1.2.Karıncaların Beslenme Ekolojileri

Araştırıcılar, uyum gücünü (fitness) "organizmaların üreyebilmek için hayatta kalmalarını sağlayan özelliklere sahip olmaları" olarak tanımlamıştır. Bu nedenle, uyum gücünü arttırma eğiliminde olan doğal seçilim tüm türlerin, yavrularının hayatta kalma şanslarını maksimum düzeye çıkarmalarına neden olmaktadır. Bu amaca ulaşmak için kullanılan üreme stratejileri üreme oranını arttırmadan, yapılacak daha fazla yatırım ve ebeveyn bakımı ile daha az yavrunun hayatta kalabilirliliğini arttırmaya kadar değişmektedir. Hymenopterlerin Aculeata grubuna dahil olan pek çok soliter üye, koruyucu hücrelere bıraktıkları her bir yumurtaya büyüme ve gelişmelerini tamamlamalarına yetecek kadar besin sağlamak suretiyle ebeveyn bakımı gerçekleştirir. Bu nedenle larvalar besin seçimi ve elde edilmesi gibi aktiviteler erginler tarafından üstlenildiği için bunların ortaya çıkaracağı tehlikelerden uzak durmuş olurlar. Yumurtadan ergin birey çıkışına kadar geçen zamanda hayatta kalma oranının %59,9

gibi yüksek bir oranda olduğu soliter tropikal bir eşek arısı türü olan *Sceliphron assimile* bu stratejinin başarılı olduğunun bir göstergesidir [35].

Arılar, eşek arıları ve karıncalar gibi eusosyal Hymenopterler yukarıda bahsedilen ve yavrularına yiyecek temin eden soliter türlere göre daha fazla bir evrimsel ilerleme örneği gösterirler; eusosyal Hymenopterlerde larvaların bakımı erginlerin uzun ömürlü olmaları ve steril bir işçi sınıfının evrimleşmiş olmasıyla geliştirilmiştir. Üreyen dişiler veya kraliçeler besin seçimi, aranıp bulunması, işlenmesi, larvaların beslenmesi ve savunma gibi işlevleri yerine getiren işçileri kullanarak kendi üreme başarılarını arttırırlar. Henüz olgunlaşmamış olan kuluçkayı sabit bir yuvanın sınırları içinde tutmanın getirdiği faydalar ister istemez sınırlanmış olan bir bölgeden besin toplanmasıyla ilgili problemler tarafından bir noktaya kadar dengelenmektedir.

Ergonomik sınırlamalar, işçiler arasındaki iletişimin bireyleri besine doğru ikmal ettiği ve besin aranması ve elde edilmesi konusundaki verimi arttırdığı beslenme sistemlerinin katkısıyla aza indirilmiştir. Bu nedenle eusosyal Hymenopterler hareket kabiliyetleriyle sınırlanmış bir alan içinde bulunan yüksek kaliteli besin kaynaklarını ele geçirme ve tüketmeye adapte olmuşlardır. Arıların ve eşekarılarının uçma yetenekleri yuvalarından birkaç kilometre uzakta bulunan yerlerden besin toplamalarına olanak sağlar. Buna karşın karıncalar yürümek zorundadırlar ve bu nedenle de besin arayacakları alan yuvalarından en fazla birkaç yüz metrelik uzaklıklar ile sınırlıdır. Bu nedenle besinin karıncalar tarafından ergonomik olarak toplanması ve kullanılması bir avantajdır ve koloni içinde işlenmesi ve paylaşılmasıyla kaynak değişimi verimliliğini üretim verimi şeklinde arttırarak koloninin uyum gücünü arttırıcı bir rol oynar.

Pek çok karınca türü populasyonu bireysel (tek haldeki) organizmalara beslenme bakımından bazı benzerlikler gösteren, birbirlerinde ayrı ve çoğu kez de karşılıklı olarak saldırgan koloniler halinde bulunurlar. Besin toplanması, ayrılması ve işlenmesinden sorumlu olan işçi populasyonu bazı durumlarda depolamak için protein ve lipit asimilasyonu yapsalar da esas olarak enerji veren karbohidratları tüketirler [36]. Aktif olarak doku yapının meydana geldiği larvalar esas protein tüketicileridirler. Eşeysel bireylerin meydana getirilmesi larval evredeki ve koloni oluşturulması hazırlıklarında kullanılmak üzere besin depolamak zorunda olan çiftleşmemiş kraliçelerde olduğu gibi metamorfoz sonrası dönemdeki yüksek protein ve lipit alınımına bağlıdır [37]. *Eciton*

cinsinin göçmen (nomadic) olduğu evresinin yoğun bir şekilde besin toplanılan ve aynı zamanda larval gelişimin en üst düzeyde olduğunu evre göstermiştir. Bu nedenle karıncalar tarafından besin toplanması, besin kaynaklarının elde edilebilirliliğiyle ve koloni kurulması esnasında eşey bireyleri üretimi için en uygun zaman ile ilişkili olarak alınacak kararlar gerektirmektedir.

Karıncalarda besin arama modelleri; spontan olarak gerçekleşen, bireyler arasında otomatik ilişkiler (kooperasyon) sonucu şekillenen, çevresel faktörlerce etkilenen, kimyasal iletişime dayalı bir modellemedir [38; 39].

Çoğu karınca türünde besin arama oranlarının farklı dereceler gösterdiği bilinmektedir [32]. Bu günün farklı zamanlarında ve mevsimlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Genellikle yakın alanlarda yaşayan karınca türlerinin besin tercihleri ve beslenme periyotları benzerlik gösterir [32].

Karıncalar, beslenme konusunda da bireysel değil, sosyal bir çalışma sürdürürler. Karıncalar, tek başlarına taşıyabilecekleri besinleri, yuvalara kendileri taşırlar. Büyük parçaları ise yardımlaşarak birlikte taşırlar. Koloni hayatı için en önemli aktivitelerden birisi besin aranması, bulunan besinin yuvaya taşınması ve yuvadaki diğer bireylerin besin yeri hakkında bilgilendirilmesidir. Bu amaçla yuvadan ayrılan ve besin aranmasından sorumlu olan işçi karıncalar dış ortam gezileri esnasında besin kaynağına ulaşmada ve yuvalarına doğru olan geri dönüş yolculuklarında başarılı bir şekilde yönlerini bulabilmektedirler.

Besin arama stratejilerini etkileyen önemli bir faktör çevresinde mevcut bulunan besin çeşididir [40; 41]. Vejetasyon karınca toplumlarının düzenini ve alt yapısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir [42, 43]. Vejetasyon karınca toplumlarının kullanılabilir besin kaynaklarını oluşturur. Örneğin, karıncaların direk olarak tükettiği besin kaynakları arasında tohum ve nektar gelirken, indirek olarak bitki özsuyuna dayalı bir beslenme gösterirler.

Ayrıca karıncaların beslenme davranışlarındaki farklılıklar karıncaların yeme gereksinimlerine bağlı olduğu gibi alternatif lipid ve protein kaynaklarına ulaşabilme şanslarına da bağlıdır [44].

Farklı besin maddelerinin karıncalar üzerinde farklı etkileri de vardır. Örneğin; protein ağırlıklı beslenilmesi bir kraliçe karıncanın yumurta yapması ve larvanın gelişmesi açısından önemlidir. Et veya şeker oranı yüksek besinlerle beslenilmesi karıncaların daha sıkı ve daha fazla çalışması için enerji sağlar.

Canlılar için yegâne enerji kaynağı olan besin, yeterli miktarda bulunmadığı hallerde sınırlayıcı bir faktör olarak iş görür. Besin faktörü canlıların yumurtlamasına, gelişme hızına, yaşam süresine, populasyonların bolluğuna olan etkileri günümüz bilim araştırıcıları tarafından araştırma konusu yapılmıştır.

Besin arama davranışı deneyimli işçi karıncaların sorumluluğunda farklı türlerde günün farklı saatlerinde aktiflik gösterir. Bu besin arama sırasında sergilenen aktivasyon farklılıkları karıncalara beraberinde bazı avantajlar getirir. Aynı karınca ayrı günler de günün aynı saatlerinde aktif değildir ve aynı saatlerde besin arayışına girmezler. Bu da, türler arasındaki doğal rekabette başarı sağlamada, gece saatlerinde predasyondan korunmada ve yazın aşırı sıcaklıkta yuvada kalınarak türün korunmasında başarı sağlar.

Karıncalar şu durumlarda besini kullanırlar:

1-) Yuva Havalandırması [45],

2-) Başka bir yere göç [56],

3-) Çiftleşme uçuşu ve yeni koloni oluşturma [46; 47].

Karıncalar genel olarak yüksek sıcaklık, düşük nem de çevresinde bulunan ağaçlardan ve bitkisel kaynaklardan besin arayışına girerler. Düşük sıcaklık, yüksek nem de yuvalarını yaptıkları çevrede ve yerde geniş alana yayılarak besin ararlar ve temin ederler [48].

1.2.1. Karıncaların Beslenme Şekilleri

Karıncalar merkeze bağlı beslenme stratejisine sahiptirler. Diğer bir deyişle yiyecek bulmadan sorumlu işçiler sürekli yuvadan çıkarak besini arama, bulma ve yuvaya getirmekle sorumludurlar. Karıncaların başarılarındaki en büyük etken belki de bu şekilde bir beslenme stratejisine sahip olmalarıdır. Karıncalarda görülen besin arama stratejilerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz:

I- Bireysel besin arama

II- İkmal

1- İkili (Tandem running)

2- Kütle halinde (mass recruitment)

3- Grup halinde (group recruitment)

4- Grup-Kütle ya da grup akını (group-mass/group raiding)

5- Trunk trail

6- Grupla avlanma (group hunting)

I-) Bireysel besin arama (Individual foraging)

Bireysel besin arama davranışından kasıt, besin veya av parçalarının keşfi, yakalanması ve taşınmasında sistematik bir işbirliği ve iletişimin olmamasıdır.

Her birey yuvayı terk eder, besin arar ve bulduğu zaman da yuvaya tek başına taşır (*Cataglyphis bicolor, Pachycondyla apicalis*).

II-) İkmal

İkmal ile besin aranmasında öncü bir birey bir besin bulduğu zaman yuvasına döner ve besinin yeri ile bilgiyi yuvadaki inaktif bireylere aktarır ve bu bireyler de aynı döngüyü sırayla devam ettirirler. Burada şunu belirtmek gerekir ki, ikmal yapan türler de küçük kaynakların bulunması ve tüketilmesinde öncelikle bireysel besin aranmasına dayanmaktadırlar.

1) **İkili ikmal (Tandem Running) :** Tandem running ' de besin kaynağının yerini bulan öncü birey yuvaya döner ve (bir koku izi bırakarak veya bırakmadan) yuva arkadaşını dokunarak (tactile stimuli) uyarıp besin kaynağına götürür (*Leptothorax sp.*).
2) **Mass Recruitment (Kütle ikmal):** Mass recruitment ile besini bulan öncü bireyler ya da grubun yuvaya dönerken besin kaynağından yuvaya doğru yere bıraktığı koku izi ile yuvadaki bir grubun uyarılarak besin alanına yönelmesi (*Solenopsis invicta, Monomorium pharaonis*)

3) **Group recruitment (grup ikmal):** Bu tip ikmalde öncü birey besin bulup yuvaya döndükten sonra yuvadaki bir grup bireyi, bazı durumlarda koku izi bırakarak, besin kaynağına doğru götürür (*Tetramorium caespitum, Camponotus socius*).

4) Grup-Kütle ya da grup akını (group-mass/group raiding) : Bu sistem çok güçlü bir davet ve koku izi ile karakterizedir. Sonuçta da çok sayıda birey yuvayı bir telaş içinde terk ederler.

5)Trunk Trails: Trunk trails' da yarı - kalıcı koku izleri besin arayan bireyleri, uzun süre kullanılan besin kaynağına doğru yönlendirir (kırmızı orman karıncaları olan *Formica rufa* grubu türleri).

6)Group Hunting (grup halinde avlanma): Grup halinde avlanmada bireyler yuvayı toplu bir şekilde terk ederler ve sürü şeklinde bıraktıkları koku izi boyunca hareket ederek avlanırlar (sürücü karıncalar – Dorylinae ve ordu karıncaları- *Eciton* türleri).

Her bir yuvada 50 - 200 birey içeren Tropik Ponerin *Bothroponera tesserinoda* da yeni bir besin bulunduktan sonra yuvaya dönen öncü bireyler karakteristik bir çağırma davranışı sergilerler. Sonra birden dönerler ve vücutlarının arka uçlarını diğer bireye göstererek onu takip etmesi gerektiğini bildirirler. Eğer çağırma başarılı olmuş ise yuvadaki karınca öncü bireye katılır ve onu vücudunun arka kısmına ve arka bacaklarına saniyede 4 – 6 kez dokunmak suretiyle takip eder. Ara sıra da lider karıncanın arka kısmına başıyla dokunur. Bu ikili besin bulunan yere ulaşana kadar aynı şekilde kalırlar. Ancak eğer çift birbirlerini bu süre zarfında kaybederlerse o zaman ilk olarak lider karınca durur ve yaklaşık 4 saniye kadar bekler ve daha sonra kendini takip eden karınca gibi daireler çizerek döner ve kaybolan eşini arar. Bu şekilde tandem running yani ikili çift birbirlerini çabuk bir şekilde bulurlar ve yollarına devam ederler.

İkmal edilen karıncanın takibini sağlayan sinyal arkasındaki karıncanın dokunmasıyla meydana gelen mekanik bir sinyaldir, bunu Schildknecht ve arkadaşları yaptıkları deneylerle göstermişlerdir[70]. Bir karınca çiftinin arasına kâğıt konulmak suretiyle ayrıldıklarında lider karınca sabit durup beklerken takip eden karınca arama davranışı göstermiştir. Daha sonra bu lider karıncanın arka bacaklarına veya vücudunun

arka kısmına bir kıl ile en az 2 kez dokunulduğunda önceki şekilde yoluna devam etmiştir.

Camponotus sericeus ' un tandem davranışı *Bothrioponera* ' nınkinden değişiktir. Öncelikle tüm vücut kısımları karıncanın reaksiyonu üzerinde eşit etkili değildirler. Vücudun arka kısmı, baş veya toraksa göre daha fazla bir etkiye sahiptir. Ayrıca lider karıncanın kimyasal sinyalleri de önemlidir. *Camponotus* ' a ait öncü bireyler yeni buldukları besinden veya yeni yuva bölgelerinden yuvalarına doğru bir koku izi de bırakırlar. Bu izin ikmalde etkisi yoktur ama öncü bireye tandem esnasındaki oriyentasyonunda yardımcı bir unsur olarak rol oynar.

Leptothorax acervorum' da ise diğerlerinden ayrılan bir tandem davranışı görülür. Farklılık özellikle yuvadaki bireylerin çağırılmasında kullanılan metottadır. Yeni bir besin kaynağı bulan öncü bir birey *Camponotus* öncüsü gibi besinini yuva bireylerine sunar. Sonra etrafında döner ve bu sırada vücudunun arka kısmını havaya kaldırır ve üzerinde bir su damlacığı olduğu görülebilen iğnesini uzatır. Bu sıvı zehir bezinden salınmaktadır ve yuva bireyleri üzerinde cezbedici bir etki yapar. Yuvadan herhangi bir birey öncüye yaklaşıp antenleriyle onun arka bacaklarına ve vücudunun arka kısmına dokunduğu zaman öncü birey vücudunun kalkık olan arka kısmını indirir ve yuvayı terk eder. Böylece ikmal çifti oluşmuştur ve takip eden karıncanın dokunuşları ve liderin zehir bezi salgısı ile beraber sürüp gider. *L. muscorum, L. nylanderi* gibi *Leptothorax* cinsine ait diğer türler de benzer ikmal davranışları sergilerler. Yalnız bu türlerden *L. nylanderi* ' de bir fark vardır bu da bu türün öncü bireylerinin vücutlarının arka kısımlarını diğer türler gibi çok yukarı kaldırmamasıdır. Bu davranıştaki zehir bezi salgısı kısmen türe özgüdür. *L.acervorum, L. nylanderi* 'nin feromonuna yanıt verebilmektedir.

Bir hasatçı karınca türü olan *Pogomomyrmex badius* ve diğer bazı *Pogomomyrmex* türlerinde ekzokrin bezlerin salgılarının çeşitli fonksiyonları vardır. Bu türde zehir bezi bir ikmal feromonu üretirken Dufour's bezi de işçilerin oriyentasyonlarında kullanılmak üzere bir feromon üretir. *Pogomomyrmex badius*' un Dufour's bezi içeriğinin kimyasal analizi yapıldığında salgının çeşitli sayıda, dallanan veya dallanmayan, hidrokarbonlar içerdiği tespit edilmiştir. Bu maddelerin kimyasal yapı ve kombinasyonları yalnızca türe özgü değil, aynı zamanda koloniye özgü bile

olabilir. Bu fikir yapılan kimyasal analizler ve davranış deneyleriyle desteklenmektedir. Bu çalışmalar göstermektedir *Pogomomyrmex badius* işçileri *P. barbatus* işçilerinin bıraktıkları izler ile kendi koku izlerini ayırt edebildiklerini göstermektedir. *P. barbatus* ve *P. rugosus* gibi bazı *Pogomomyrmex* türlerinin Dufour bezi salgıları uzun süreli izler olarak kullanılabilmektedirler. Bu izler şiddetli yağmur altında bile etkinliklerini koruyabilmektedirler.

Acı veren iğneleri ile tanınan ateş karıncaları (*Solenopsis saevissima* grubu) Dufour bezlerini kullanarak koku izleri bırakırlar. Bırakılan koku izi hem yuva bireylerinin ikmalinde kullanılır hem de onların oriyentasyonlarında fonksiyoneldir. Bunu şu şekilde anlayabiliriz; iz üzerindeki bireylerin, besinin kalitesi ve miktarına bağlı olarak, koku izine az ya da çok katkıda bulunmalarıyla, besine giden bireylerin sayılarını ayarladıkları tespit edilmiştir.

Hangartner, (1969) *Solenopsis geminata* ile yaptığı çalışmada, işçilerin bıraktıkları izlerin çeşitlilik gösterdiğini bulmuştur [49]. Ateş karıncalarındaki izin sürekliliği ve aynı zamanda iğnenin basıncı koloninin artan besin ihtiyacına, besin kaynağının artan zenginliğine ve yuva ile besin arasındaki mesafenin azalmasına bağlı olarak artmıştır. Aynı deneyde, karıncalara verilen şeker solusyonunun artan konsantrasyonlarına bağlı olarak, tek bir birey daha yoğun koku izleri bırakmış, her ize daha fazla miktarda madde eklemiş ve buna bağlı olarak da izi takip eden işçilerin sayısı arttırılmıştır. Bu da göstermektedir öncü bireyler, bıraktıkları iz maddesinin miktarına bağlı olarak, yuvadan besine götürülen bireylerin sayılarını etkileyebilmektedirler.

Meliponini gibi Ponerinae karıncaları mandibular bezleri vasıtasıyla yardım alırlar. *Bothroponera soror* büyük bir av bulduğu zaman mandibular bezinden bir feromon salar bu feromon 20 cm. yakındaki diğer bireyleri oraya çeker. Bu tür, büyük avın bulunduğu yere diğer işçileri bu yolla çekerken diğer bazı türlerde farklı bir yol izlenir. Böylesi türlerde bir besin kaynağı bulunduğu zaman yuvaya dönüp yardım isteme görülür. Bu tip oriyentasyonda yuvaya dönen lider birey yuva bireylerinin kendisini takip etmesini sağlar. Takip eden işçiler lider bireyle sürekli bedensel teması koruyarak bir sıra halinde onu takip ederler ve böylesi takip etme davranışına lider karıncanın gasterinin dorsalinde bulunan pygidial bezden salınan kimyasallar da yardım eder. Önde giden karınca yürüdükçe gasterinin ucundan diğer karıncaların takip etmesi

için bir koku izi bırakır. Bu kokunun takibinde lider karıncanın peşinden bazı türlerde birkaç işçi giderken bazı türlerde de tek bir işçi birey gider.

Zorunlu olarak termitlerle beslenen bir Ponerinae türü olan *Megaponera foetens* ' de vücut büyüklüğüne göre üç tip işçi vardır. Bu tür oriyentasyonunda bitkisel materyali kullanır. Bir işçi birey yeni bir termit topluluğuyla karşılaştığı zaman yuvasına doğru bir ikmal (recruitment) izi bırakır. Yaklaşık 5 dakika sonra tekrar yuvasından onu yakından takip eden çok sayıda küçük işçi ve birkaç büyük işçi ile birlikte çıkar. Bu sırada liderin oradan alınmasının, koku izi olmasına rağmen bir karışıklığa neden olduğu gösterilmiştir. Termitlerin bulunduğu yere varıldığı zaman büyük işçiler toprak parçalarını kaldırırlarken küçükler de termitleri dışarı çıkarırlar.

Myrmicinae altfamilyası Ponerinlere göre daha fazla varyasyon gösterir. *Myrmica* ılıman çayır - fundalıklarda yaşar ve afidlerin salgıları ile küçük avlarla beslenirler. Besin aranması ve navigasyon esnasında yatay düzlemi referans olarak alır ve bitkisel materyalin şekilleri ile polarize ışık ve güneşin konumunu kullanır. Bu türün besinlere olan cevabı çeşitlilik göstermektedir. Su veya küçük bir av için yuvaya doğru venom bezinden bir koku izi bırakır. Yuva içinde de çok sakin hareketler yapar ve yuvadan çıkıp koku izini takip etmeleri için yalnızca birkaç işçiyi uyarır. Büyük veya çok sayıda küçük av bulunduğu zaman ise avı bulan işçi yuvaya boş olarak döner ve koku iziyle beraber buna ek olarak Dufour bezinden salgılanan bir kimyasalı da bırakır. Bu kez kokunun bırakıldığı yer özellikle yuvanın yakını ve besinin etrafıdır. İşçi yuvaya dönüp içeriye girdiği zaman, olan gücüyle ve hızlı bir şekilde koşuşur ve böylece onlarca işçi kokuyu takip ederek besine ulaşırlar. Venomun salgısı esas olarak protein ve aminlerden (uçucu amonyak bileşikleri) ibarettir ama aynı zamanda iz feromonu olan düşük polariteli uçucu bir bileşik de içerir. Dufour bezi düz zincirli hidrokarbonlar, terpenoidler ve 4 tane küçük, oksijenli bileşik içerir; asetaldehit, etanol, aseton ve bütanon. Tüm bu maddeler küçük alkollerden başlamak üzere derece derece buharlaşırlar ve böylesi bir sıra işçilerin koku izinin tazeliğini anlamalarını sağlar. Bu durum *Myrmica rubra* ve *M. scabrinodis* için geçerlidir ve bu iki tür birbirlerinin izlerini takip edebilirler. Ancak *M. scabrinodis*'in Dufour bezinin salgıladığı uçucu maddeler *M. rubra* 'nınkilerle aynı olmasına rağmen *M. rubra'* da teritorinin işaretlenmesi için kullanılan ve daha büyük molekül yapısına sahip bileşikler de vardır.

Myrmica türleri aynı zamanda, bir avla karşılaşıldığı zaman salınan ve yakındaki yuva bireylerinden yardım istenilmesini sağlayan mandibular bez salgılarına sahiptirler. *M. scabrinodis* %49 oranında 3 - oktanon, %18 oranında 3 - oktanol, %12 oranında 3 - dekanon ve bunlara ilave olarak 16 bileşik daha içerir.

Monomorium venustum işçileri ikmal edilecek karıncaları uyarmak için oldukça özenli davranışlar sergilerler. Böylesi hareketler sağa - sola sallanma, antennal temas ve hızlı hareketleri içerir. Bu davranışlar besin maddesi azaldıkça ilk önce sallanma, sonra antennal temas ve son olarak da hızlı hareketler olmak üzere sırayla azaltılırlar.

Küçük Afrika Myrmicinae ' i *Cardiocondyla venustula* taşıyabileceğinden daha büyük bir besin parçası bulduğu zaman yuvasına geri döner ve bir başka işçiyle temasa geçerek onu yönlendirir. Ve aralarındaki etkileşimi basmakalıp bir seri izler. İlk olarak lider karınca kendisini takip eden karınca abdomenine dokununcaya kadar hareketsiz bir şekilde durur. Daha sonra 3 – 10 mm. kadar bir yol alır ve tekrar sabit bir hal alır. Bazen aldığı yol vücudunun birkaç katı kadar olabilmektedir. Takip eden karınca da lider tarafından salgılanan bir sekresyona bağlı olarak heyecanlı bir şekilde onun arkasından koşar, yeni bir temas ile de öndeki karıncanın biraz daha ileri gitmesini sağlar. Her bir temastan ve liderin bir miktar daha ileriye gidişinden sonra takip eden karınca ilerleyip lider karıncanın tekrar ileri gitmesini sağlayabilir. Daha yaygın olarak takip eden karınca hızlı hareketlerle geniş daireler çizer ve bu lideri 1 cm. kadar ileriye götürebilir ancak kısa bir zaman içinde bu dönüş hareketi takipçiyi liderle tekrar bir temas haline getirir. *C. venustula* ' daki bu tandem koşma genelde 2 işçi bireyi içermektedir. 3. bir işçinin de lideri takip ettiği görülse de bu ekstra işçinin aldığı yol birkaç cm.' den daha fazla olmamıştır.

Camponotus socius türünde ikmal edilecek olan karıncalar, ikmalcinin kafasını ani olarak sağa - sola çevirmesiyle uyarılırlar. Daha sonra uyarılan bu bireyler lider karıncanın rektal ve zehir bezlerinden yere bırakılan bir kokuyu takip ederek besine ulaşırlar.

Besini bulan karıncalar tarafından bırakılan koku izinin miktarı, dolayısıyla etkinliği, bulunan besin kaynağının zenginliği ile doğru orantılıdır. Zengin besin

kaynaklarına doğru uzun süre kalıcı, daha fakir kaynaklara doğru ise kısa süre kalıcı ve hemen buharlaşabilen koku izlerinin bırakıldığı tespit edilmiştir.

İlginç bir olay bazı omurgalıların yine bazı karınca türlerinin bıraktıkları koku izlerini takip ediyor olmalarıdır. Buna örnek olarak *Leptothyplops dulcis* adlı yılanın *Neivamyrmex nigrescens* ' in gece bıraktığı izleri takip etmesidir. Laboratuarda yapılan deneyler ile bu kör yılanın yapay olarak hazırlanan izleri takip edebildiği gözlenebilir. Doğada bu yılan karıncaların bıraktığı izi takip ederek onların yuvalarına ulaşmakta ve kuluçkaları ile beslenmektedir. Yılan karıncalardan korunmak için kloakından salgıladığı bir maddeyi vücuduna sürer. Bu maddenin analizi, glikoprotein ve yağ asitleri olmak üzere iki temel bileşenden oluştuklarını göstermektedir. Muhtemelen glikoprotein yılanın vücudunu kayganlaştırarak karıncaların yılanı kavramalarını güçleştirmekte, yağ asitleri de karıncaları korkutmaktadır.

1.2.2. Karıncalarda Besin Kaynaklarına Göre Oluşan Beslenme Biçimleri

Hymenopterlerin çoğu insektivordur ve bu nedenle de ikincil tüketicilere ya da daha yüksek beslenme düzeylerine dâhil edilirler. Larval besin kaynağı olarak polenler üzerine özelleşmiş birer herbivor olan arılarda bu özellikten sapma görülmektedir. Larvalarını hayvansal protein ile besleyen eusosyal eşek arıları soliter atalarının primitif karnivorluk özelliklerini halen taşırlar. Muhtemelen sosyal olmayan tiphiid eşek arılarından türemiş olan karıncaların primitif olarak predatör özellik taşımaları olasıdır pek çok karınca türü en önemli larval besin olarak böcek proteinini kullanırlar. Ancak, taksonomik olarak en küçük eusosyal grup olmasına ve tek bir familyadan (Formicidae) oluşmasına karşın karıncalar ekolojik olarak arı ve eşek arılarından çok daha fazla çeşitlilik gösterirler. Yalnızca omurgasızları değil aynı zamanda Homopterler tarafından salgılanan bal özütü, simbiyotik funguslar ve bitki özsuyu ve tohumlarını da içeren geniş çapta bir besin çeşitliliğine sahiptirler. Bazı karınca türleri sınırlı bir beslenme şekline ya da tek bir besin çeşidine adapte olsalar da çoğu tür omnivordur ve temelde karnivori tarzında olan besinlerini diğer besinlerle tamamlarlar.

Son derece özelleşmiş beslenme şekillerine sahip karınca türleri çoğunlukla, besin kaynaklarının tüm yıl boyunca mevcut olduğu zengin, tropikal habitatlarda bulunurlar. Ancak omnivor olan türler bile (daha genel diyetlerine rağmen) yüksek protein ve karbonhidrat içeriğine sahip besinleri tercih ederler. Bu nedenle bitki özsuları

ve tohum toplanmasıyla, avcılık ve çöpçülük özelliklerinin kombinasyonu mevcut olan en besleyici besinlerin kullanılmasına olanak sağlar. Dahası omnivor türler elde edilebilirlikleri hem zamana hem de mekâna bağlı olarak değişen farklı besin kaynaklarını tüketerek besin konusunda esnek bir özellik sergilerler.

I) Spesialistler

a-) Karnivorlar

Oldukça iyi bir protein kaynağı olan hayvan dokusu karıncalar tarafından ya predasyon ya da çöpçülük ile elde edilir. Çoğu kez omurgalı leşleri yenilse de aralarında daha çok eklembacaklıların göze çarptığı diğer omurgasızlar en önemli kaynaktır.

Çoğu karınca bir dereceye kadar predatör özelliktedir ve hem primitif hem de ileri gruplar arasında yalnızca karnivor olan türler de bulunmaktadır. Güçlü iğnelere sahip ve yenilmesi zor predatörler olan primitif ponerin karıncaları soliter olan atalarının avcılık özelliklerini devam ettirmektedirler. Toprak üstünde ve içinde yaşayan ve avlarını zengin eklembacaklı faunası arasından seçen bu karıncalar esas olarak nemli tropiklerde bulunurlar. Batı Afrika'da belli eklembacaklı gruplarına özelleşmiş olan 9 ponerin cinsine dâhil 13 tür vermektedir. Bunlar arasında Oniscid İsopod Crustacea'lerle avlanan *Leptogenys* cinsine ait 2 tür ve geophilid chilopodlarla beslenen *Amblypone* ve *Apomyrma* cinslerine dâhil birkaç tür bulunmaktadır. Çok sayıda ponerin türü Diplopoda ile avlanırlar. Bu türler arasında *Myopias* [50], iki *Plectrotena* türü [50] tarafından avlarının savunma için salgıladıkları cyanide'e karşı dirençli oldukları bildirilmiş olan Güney Amerika türleri *Heteroponera manticola* ve *Gnamptogenys perspicans* sayılabilirler. Diğer ponerinler de toprak içindeki oyuklarda yaşayan belli böcekler üzerine özelleşmişleridir; örneğin *Hypoponera caeca* Collembola'ları avlamaktadır.

Toprak içinde yaşayan diğer sosyal böcek türleri savunmalarının üstesinden gelindiğinde avlanmaları fayda sağlayacak olan potansiyel av niteliğindedirler. Örneğin 2 Batı Afrika ponerini, *Centromyrmex sellaris* ve *Megaponera foetens,* termitler ile beslenirler; Nijerya'nın nemli bozkırlarında *M. foetens*'in diyetini %72 oranında *macrotermes bellicosus* ve %22 oranında da *Odontotermes* oluşturur [51]. Av olarak tüketilen tek sosyal böcek termit değildir; ponerinlerin Cerapachyini grubunun tümü

karınca predatörüdür [52]. Bazı karınca predatörleri, avlarının gelişim evrelerinden yalnızca bir tanesini avlayarak diyetlerini daha bir sınırlandırmışlardır. Örneğin bir ponerin olan *Discothyrea oculata* çoğunlukla Arthropod yumurtaları ile beslenirken, *Plectrotena lygaria* da Diplopoda yumurtalarına özelleşmiştir.

Özelleşmiş avcılık yalnızca Ponerinae altfamilyasında görülmez. Myrmicinae'nin Dacetini grubu sıçrarkuyrukluları yemeye özelleşmiş çok sayıda tür içermektedir. Bu grupta avcılığa yönelik morfolojik adaptasyonlar taşıyan türler mevcuttur [53]. Bazıları açık tutulabilen ve duysal kıllar ile tetiklenen hızlı bir kapama mekanizmayla aniden kapatılabilen mandibüllere sahiptirler. Carroll ve Janzen, (1973) bunun avın aranması ve tutulması zamanını azaltarak bol olan toprak faunası arasındaki bir predatörün vereceği fonksiyonel tepkisini geliştirmeye yönelik bir adaptasyon olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ancak Sudd, (1987) *Daceton* ve *Strumigenys* gibi özelleşmiş uzun çeneli formların genellikle epigeik hatta arboreal olarak beslenirlerken, hipogeik olan *Smithistruma* ve *Trichoscapa* cinslerinin kısa çeneli olduklarına dikkat çekerek bu görüşü sorgulamaktadır[15]. Kısa çeneli olan bu cinsler avın yerinin belirlenmesi ve tutulmasını kısa zamanda yapabilmelerine rağmen, yaklaşımları gizli gizlidir ve Collembola (Sıçrarkuyruklular) ile avlanan ve avları üzerine ani hamleler yapan fakat çoğunlukla ele geçiremeyen diğer karıncalarla tezatlık oluşturmaktadır. Sudd, Dacetinlerin uzun madibüllü mekanizmasının belli bir av tipinden ziyade avın kaçış metoduna karşı yapılacak ani bir fırlamaya yönelik bir adaptasyon olduğu görüşündedir. Aynı zamanda Sudd böylesi bir özelleşmenin mandibüllerinin yuva kazımı ve kuluçka taşınması gibi ek işlerde kullanan karıncalarda nadir olduğunu da ileri sürmektedir. *Carebara* gibi diğer myrmicinler özelleşmiş termit avcılarıdırlar ve termit yuvalarına girip burada yaşayabilen küçük işçilere sahiptirler [54].

Avlanan tüm karıncalar arasında en göze çarpanlar Yeni ve Eski Dünya Dorylinae ve Ecitoninae altfamilyalarına dâhil olan tropikal sürücü ve ordu karıncalarıdır. Bu karıncaların karşılaşabilecekleri her canlı hayvanı yiyebilen ekstrem generalistler olduklarına dair inanışın aksine pek çoğu oldukça spesialisttir. Bu durum özellikle besin tercihlerini diğer karıncalarla sınırlı tutan çok sayıda tür içeren Ecitoninae için geçerlidir. Örneğin *Eciton vagans, Novomyrmex esenbecki* ve *Neivamyrmex pilosus* hemen hemen yalnızca karınca kuluçkası ile beslenirler [55].

Kuluçka üzerine özelleşen diğer bir predatör karınca *Eciton hamatum'*un diyetinde sosyal eşek arılarının kuluçkası da bulunur ancak bunlar tüm avın toplam kuru biomas ağırlıklarının %2-10 kadarını oluştururlar. Her yerde bulunabilseler dahi farklı lokalitelerdeki farklı karınca türlerine saldıran *Eciton hamatum'*un lokal olarak özelleştiği görünmektedir.

Ordu karıncaları diğer sosyal böceklere de saldırırlar; *Neivamyrmex nigrescens Pheidole*'den oluşan diyetini termitler ile destekler [56], *Nonamyrmex hartigi* de diyeti arasına sürekli olarak çok sayıda termit dahil eder. Benzer şekilde, *Aenictus* türlerinin genel olarak monofag ya da oligofag karınca kuluçkası predatörleri olduğu eski dünya dorylinleri spesialist predatör türler içerirler. *Dorylus* cinsi de esas olarak termitofag ya da myrmecofag olan türler içermektedir. Sürücü ve ordu karıncaları kendi türlerinden diğer karıncalara saldırmasalar da böylesine bir diyet özelleşmesi göstermeleri diğer sosyal böcekleri avlamalarına neden olmaktadır.

b-) Fungivorlar (Fungus Yiyenler)

Sadece herbivor olan bir karınca yoktur; yüksek bitkilerin dokularının direkt olarak alınması her zaman daha dar bir beslenme biçiminin bir parçasını oluşturur. Bununla birlikte myrmicinlerin *Attini tribus*'u fungivori tarzda bir özellik geliştirmiştir ve funguslarını genel olarak bitkisel kökenli substratlarda kültive ederler. *Atta* ve *Acromyrmex* cinsleri fungal substratlar için taze bitkisel materyal toplarlar ve aynı zamanda da bitki özsuyunu direkt olarak alırlar, bu nedenle de herbivorlara benzer ekolojik etki gösterirler.

Fungivor olarak attiniler, her bir koloninin larvaları için gerekli besinlerin hepsi olmasa bile çoğunu sağlayan bir fungusu kültüre ettiği, ekstrem derecede özelleşmiş karıncalardır. *Atta colombica tonsipes* yuvasından alınan fungal materyalin kimyasal analizi fungusların % 27 karbonhidrat, % 13 protein-bağlı amino asit, % 4,7 serbest amino asit ve % 0,2 lipit içeren ve lipit haricinde zengin ve tam bir besin sağladığını ortaya çıkarmıştır. Yine bu analizde toplam 19 amino asit tanımlanırken karbonhidratlar arasında her hangi bir polisakkarite rastlanmamıştır.

Karıncalar fungus kolonilerini bir spor evresi olmaksızın devam ettirdikleri için bu kültürler bir klon ya da klon serisi oluşturabilirler. Dahası attinilerin farklı türleri

gongylidia üretimleri olgun koloni populasyonuyla ilişkili olan fungus suşlarını kültive ederler ki bu da karınca diyetleri arasında en özelleşmiş olanlardan bir tanesidir.

Attinilerin fungus kültürasyonunun evrimsel orijini ile ilgili çok sayıda hipotez ileri sürülmüştür. Bunlardan Garling, (1979) tarafından ileri sürülen ve mutuslistik ilişkinin ve gittikçe artan fungus bağlılığının, toprak altı yuvalarının kazılması esnasında karşılaşılan ektotrofik mikorizal fungusların kullanılmasından köken aldığını ifade eden hipotez en akla yatkın görünmektedir [57].

Attinilerin yapmış olduğu fungikültür ekstrem bir besin özelleşmesi anlamına gelse de *Atta* ve *Acromyrmex* cinsleri tarafından substrat ve özsu için kullanılan materyalin tipi, bulunduğu yere ve elde edilebilirliliğine bağlı olarak türler arasında değişiklik göstermektedir. Örneğin Güney Amerika'nın bozkır bölgelerinde bulunan bu karınca türlerinden bazıları Graminae'lerin tüketimine özelleşirken Amerika Birleşik Devletleri' nin güneyinde *Acromyrmex versicolor* yılın farklı zamanlarında farklı substratlar toplar. Bununla birlikte Cherrett, (1968) Guyana'da bir ormanda 10 haftalık bir gözlemde tek bir *Atta cephalotes* kolonisinin saldırısına uğrayan 36 ağaç türü belirlemiştir. Bu bakımdan yaprak kesen karıncalar oligofag olma eğiliminde olan diğer fitofag böceklere oldukça ters düşmektedirler. Attiniler tümüyle Yeni Dünya'ya ait bir grupturlar ve Orta ve Güney Amerika yağmur ormanlarında büyük *Atta* kolonileri çok belirgin bir özelliktir. Burada, çok miktardaki bitki türleri arasında, polifaginin avantajı muhtemelen büyüktür.

Atini funguslarının selüloz enzimi ürettiklerinin ortaya çıkarılması [59], karıncaların fungusları vejetasyonda bolca bulunan karbonhidrat stoğuna ulaşabilmek amacıyla yetiştirdiklerine dair var olan yaygın inanışı başlangıçta destekler gibi görünmüştür. Ancak selülozdan yararlanmak için aradaki bir beslenme düzeyinin kullanılmasının, karıncalar için, bitki özsuyunun direkt olarak tüketilmesine göre daha az faydalı olacağına ve fungusların esas rolünün bu olamayacağına dikkat çekmiştir. Daha olası bir açıklama fungusların flora tarafından savunmada kullanılan çok çeşitli kimyasalları atlatmak için kullanımıyla ilgilidir. Fungikültür attinilerin polifag özellik gösterecek şekilde yeterli sayıda bitki türüne ulaşabilmelerine olanak sağlasa da hiç saldırıya uğramayan ya da çok az uğrayan pek çok bitki türü de vardır. Stradling, (1978) yapışkan latekse, curare ve ryanodine gibi güçlü toksinlere ve diğer zararlı maddelere

sahip olunmasının attini ataklarına karşı etkili bir bitkisel savunma olarak görev yapabileceğini göstermiştir. Bazı yazarlar yüksek (higher) attinilerin yeni çıkmış yaprakları çoğu kez daha eski olanlara tercih ettiklerini belirtmişlerdir ve bu durumun eski yaprakların tannin gibi fenolik maddelerin birikmesi sonucunda sindirilebilirliğinin azalmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ancak karıncalar yaprak materyalini direkt olarak tüketmedikleri için yaprağın fungus tarafından sindirilebilmesi daha önemli bir faktör olacaktır ve karıncaların bu nedenle en uygun substratı sağlayan yaprak materyalini seçmeleri gerektiği iddia edilebilir. Yeni çıkmış yaprakların tercihiyle ilgili diğer bir açıklama metatorasik bez salgıları için gerekli öncü maddeler için bir kaynak teşkil etmeleri olabilir. Bu nedenle attiniler tarafından substrat seçimi birtakım kriterler tarafından yönlendirilen kompleks bir işlem olmalıdır.

Attinilerler ve besin olarak kullandıkları funguslar arasındaki zorunlu simbiyotik ilişki, besinlerin işlenmesinde özel bir durum oluşturur. Aralarındaki bu ilişki, bu karıncaların fungal enzimlerden yararlanarak zengin ve çeşitli bitkisel materyalleri temin etmelerine olanak tanır. Powell ve Stradling, (1986) tarafından yapılan son çalışmalar ortak sindirim işleminin oldukça kompleks olduğunu göstermektedir [61]. Funguslar tarafından üretilen tannase ve polifenol oksidaz gibi detoksifikasyon enzimleri, kullanılan bitki türlerinin birçoğunda bulunan sekonder metabolitler üzerine etkilidirler. Sindirim enzimleriyle beraber bu enzimlerden bazıları, işçiler tarafından alınarak barsaklarına aktarılırlar ve daha sonra yeni getirilmiş bitkisel materyal üzerine dışkıyla beraber bırakılırlar. Optimum bir fungal gelişme sağlamak için kültürün asiditesi karıncalar tarafından düzenlenir [61] ve metapleural bezlerden salgılanan antibiyotikler, bakteriyel ve fungal kontaminasyonu engelleme yönünde hizmet vermektedir [62].

II-) Generalistler

Karınca türlerinin çoğu için diyet attinilere göre çok daha az özelleşmiştir ve çok daha fazla çeşitli besinler kullanılır. Bu polifaglık özelliğinin kapsamı Porto Rico'da 3 habitat tipinde 4 altfamilyadan 25 karınca türü tarafından toplanan besin parçalarını kaydetmiş olan Torres (1984)'in bulguları ile çok iyi açıklanmaktadır. Çok çeşitli bitkisel ve hayvansal materyali içine alan bu besinler 17 kategoriye ayrılmıştır. 17 tür bunların yarısından fazlasını yerken 8 tanesi de %70'den fazlasını kullanmıştır. En az

tecrübe gerçekleştiren karıncalar bile en belirgin şekilde tanımlanmış kategorileri tüketmişlerdir. Çoğu karınca, büyük bir bölümü omurgasızlardan orijinlenen hayvansal protein, bitki özsuları, meyve ve değişik boyutlarda tohumlar ile beslenirler.

a-) Omurgasız Avcılığı ve Leş Yiyiciliğinin Genişliği

Çok geniş bir spektrumda mevcut hayvansal protein kaynaklarını kullanma eğilimi Myrmicinae, Formicinae ve Dolichoderinae gibi büyük altfamilyalara mensup türlerin çoğunun bir özelliğidir ve karıncaların en tipik beslenme şeklini göstermektedir. *Diacamma rugosum*'un diyetinin böceklerden (% 40), Crustacea'lerden (% 24) ve örümceklerden (% 12) oluştuğunu bildirmişlerdir. *Paltothyreus* cinsi türleri solucanları, millipedleri, ve en azında 6 ordoya ait böcekleri kapsayan geniş bir omurgasız grubuna saldırırken, *Platythyrea* hem çeşitli bitkisel materyalleri hem de örümcek ve 7 ordoya ait böcekleri besin olarak kullanmaktadır. Kajak vd. (1972) *Myrmica* türleri tarafında Polonya otlaklarında toplanan avları kaydetmişler ve bunların % 78-88'inin çekirgelerden, lycosid örümceklerden ve yeni erginleşmiş Dipterlerden oluştuğunu bulmuşlardır. Bunlardan çekirge ve örümcekler, oranlar elde edilebilirliklerine göre değişse de, en fazla sayıdadırlar. Kajak vd. (1972) 3 batı Afrika *Camponotus* türü tarafından toplanan besin tiplerini karşılaştırmıştır. Avlanan böcekler arasında 10 ordodan temsilciler vardır ve *C. solon* bunlardan 9'unun, *C. vividus* 6'sının ve *C. acvapimensis* de 5'inin üyelerini avlamaktadırlar. *C. acvapimensis* aynı zamanda chilopod ve örümcekleri de avlamaktadır. Karıncaların avlarına ait çok sayıdaki bu kayıtlar, çoğu böcek ordosunun av olarak kullanıldığını ve arachnidlerin, myriapodların, krustaselerin ve oligoketlerin de düzenli olarak avlandıklarını göstermektedir. Omurgalı ve omurgasız leşleri de elde edilebildikleri zaman kullanılırlar.

Diğerlerine göre en iyi bilinen generalist diyetler *Formica rufa* grubuna dâhil kırmızı orman karıncalarınınkilerdir. Bu karıncalar orman zararlısı böceklerin biyolojik kontrolündeki rolleri nedeniyle çok kapsamlı olarak çalışılmışlardır. Wellenstein (1952), *F. rufa* diyetinin yaklaşık olarak % 33'ünün avlanmış böceklerden oluştuğunu hesaplamıştır ayrıca, *F. polyctena* işçileri tarafından taşınan katı maddeleri otomatik olarak onlardan alan bir alet kullanarak bunlardan yaklaşık olarak % 50'sinin sinek olduğunu belirtmiştir. Cherix ve Bourne, (1980) Chauvin'in tekniğini kullanarak *F. lugubris'in* diyetinin detaylı bir analizini yapmış ve avların % 76'sını böceklerin, kalan

% 24'ünü de aralarında arachnid ve myriapodların mollusk ve oligoketlere göre daha bir önemli bir yer tuttuğu diğer omurgasızların oluşturduğunu kaydetmiştir. Esas olarak 6 ordoya ait böcekler avlanmıştır ki bunlardan %30'unu bitki bitleri, % 14'ünü dipterler, % 9'unu hymenopterler, % 5'ini kınkanatlılar, % 4'ünü kelebekler ve % 3'ünü Psocopterler oluştururlar. Kelebeklerin düşük derecede öneme sahip olmaları büyük *F. rufa* kolonileri için hesaplanan günlük 65.000 ila 100.000 tırtıl girdisi ile tezatlık oluşturmaktadır. Farklı bitkisel kompozisyona sahip ormanlar tarafından barındırılan fitofag böcek faunalarındaki farklılıklar yukarıdaki gibi bir farktan kısmen sorumlu olabilir.

*F. polyctena'*nın farklı av kaynaklarını bolluklarına ve verimliliklerine göre seçtiğini belirterek bu karıncanın en verimli besin kaynağı için özelleşmiş bir karınca olmadığı sonucuna varmaktadır. Seçici olmak konusundaki eğilim *F. rufa* için de belirlenmiştir. Bu türün Lepidopterleri ve Colerpterleri tercih ederken Gasteropoda, Araneae, Collembola, Orthoptera, Formicinae ve Hemiptera gruplarından uzak durduğunu bulmuştur. İngiltere'nin kuzeybatısında *F. rufa* kolonilerinin besin toplanmasını incelemiş ve belli başlı 10 omurgasız grubundan faydalanıldığını ve diğerlerine göre en çok avlananların bir bitki biti türü ile bir kelebek larvası olduğunu bulmuştur. Skinner,(1980) çeşitli unsurların elde edilebilirliklerinden görülen değişimlere bağlı olarak meydana gelen ve mevsimsel bir değişimi gösteren veriler de sunmaktadır. Bu nedenle Avrupa orman karıncaları protein kaynağı olarak çok çeşitli omurgasızları toplayan ve elde edilebilirliklerine bağlı olarak farklı kaynakları kullanabilme yeteneklerinde çok yönlülük gösteren polifag özellikte avcı böceklerdir. Bu çok yönlü polifaglık muhtemelen pek çok formicin, myrmicin ve dolichoderin türü için tipiktir [64].

b-) Şekerler

Şekerlerin karıncalar için cezp edici olduğu çok iyi bilinen bir konudur ve bu karbonhidratlar en çok tüketilen bitkisel ürünleri oluştururlar. Yüksek bitkiler böceklere tozlaşmaya yapacakları yardımlar için nektar sunarlar ve bu şekilde cezp edilmelerine rağmen karıncalar düşük devingenlikleri nedeniyle zayıf birer tozlaştırıcı özelliğindedirler. Bu nedenle çoğu çiçeğin yapılarının karıncaların nektara ulaşabilmelerini engelleyecek şekilde olması şaşırtıcı değildir. Bununla birlikte,

karıncaların her yerde bulunuyor olmaları ve avcılık özellikleri bitkilere antiherbivor savunması sağlar. Çok çeşitli bitkiler ekstrafloral nektarilerinden salgılanan şekerler ile karıncaların bu özelliklerinden yararlanmışlardır. Neotropikal *Passiflora* türü her bir yapraklarının taban kısımlarında çiftler halinde nektarilere sahiptir ve bunlar yaprak üzerinde hareket eden her şeye saldıran *Ectatomma* cinsin üyelerince düzenli olarak ziyaret edilirler.

Ekstrafloral nektarinler şekerlerden daha fazlasını verebilirler. Inouye ve Taylor (1979), perennial bir ayçiçeği bitkisi olan *Helianthella quinquenervis*'in çiçek braktelerinin kenarlarında floral nektardakinden 16 kat daha fazla bir konsantrasyona sahip 19 amino asit içeren zengin bir sukroz solusyonu salgılayan ve *Formica obscuripes* için oldukça cezp edici olan nektarilere sahip olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde, tropikal bir zencefil türü olan *Costus woodsonii* de, çiçek braktelerindeki nektarilerden sukroz ve amino asit bakımından zengin bir sıvı salgılar. Bu bitkiler hem *Camponotus platanus* hem de *Wasmannia auropunctata* tarafından ziyaret edilirler. Böylesi sekresyonlar angiospermlerle sınırlı değildirler. *Pteridium aquilinum*'un glukoz, fruktoz ve % 5'den daha az bir oranda sukrozdan oluşan bir solusyon salgılayan ekstrafloral nektarilere sahip olduğu bulunmuştur. Bu solusyon ayrıca çeşitli konsantrasyonlarda toplam 21 amino asit içermektedir. New Mexico'da bu bitkilerden beslenen 8, İngiltere'nin kuzeyinde de 4 karınca türü kaydedilmiştir**.** Bununla birlikte, İngiltere'nin kuzeyi *F. rufa* ve yakın akraba türlerden yoksundur [65].

Yukarıdaki gibi bir takım bitki-karınca ilişkileri incelenmiş ve Bentley, (1977) konu yeniden incelemiştir. Bir bitki, besin arayan karıncaların kısmi enerji ihtiyaçlarını karşılayan ve aynı zamanda onlara bir amino asit karışımı da veren bir diyet sağlayarak, karıncaları avlanmalarından maksimum düzeyde fayda sağlayacağı bir yere yöneltir. Meyva suları ve bitki özsuyu da karıncalar tarafından kolay özümlenebilir karbonhidrat kaynağı olarak kullanılırlar. İşçi karıncaların enerji gereksinimlerinin karşılanmasında bitkisel şekerlerin kullanılmasının proteinlerin larval gelişim için korunmasına yardım ettiğine dikkat çekmiştir. *Myrmica* cinsine ait laboratuar kültürlerinde, böcek proteinlerinden oluşmuş bir diyetin sukroz ile tamamlanması yumurta üretimini ve larval gelişimi arttırmaktadır [66].

Şüphesiz ki en çok kullanılan şeker kaynağı bitkilerle beslenen Homoptera grubuna dâhil Aphidae, Coccidae, Aleurodidae ve Membracidae familyaları üyelerince salgılanan balözüdür. Bu böcekler özelleşmiş yapıdaki ağız parçalarını bitkilerin floemleri içine sokup zengin besleyicilerle dolu bir sıvı çekerler. Bu sıvının fazlası, alt yaprakların üzerine düşüp içinde küflerin gelişebileceği yapışkan bir örtü oluşturabilen balözü olarak anüsten çıkarılır. Karıncalar balözü toplamanın yanı sıra Homopterlerle sık sık, balözünü direkt olarak istenildiği mutualistik bir ilişki de kurarlar. Zoebelin tarafından yapılan analizler balözünün %20 gibi yüksek konsantrasyonlarda çeşitli şekerler içerdiğini ve kısmi olarak melezitoza dönüşmesi nedeniyle de yapısının bitki özsuyundakine göre değişik olduğunu göstermiştir. Bu madde diğer böcekler tarafından tüketildiğinde zararlı olabilse de karıncalar üzerine zararlı bir etkisi yoktur.

Ekstrafloral nektarilerin salgılarında olduğu gibi balözü de sadece bir şeker kaynağı değil aynı zamanda azotlu besleyiciler, mineraller ve B vitaminleri bakımından da zengin bir maddedir. Maltais ve Auclair (1952), bir afit türüne ait balözünün kuru ağırlığının % 13.2' sini oluşturan 22 serbest amino asit tanımlamıştır. Balözüyle ilgili pek çok analiz yapılmıştır [67]. Tatlı salgılar ile karıncaların ilgisini çeken en önemli böcek grubu Homopterler olmasına rağmen, bu özellikte başka gruplar da vardır. Lepidopterlerin Lycaenidae familyası larvaları karıncalarla simbiyozdan predasyona kadar değişen şekillerde ilişkiler kuran bir takım türler içermektedir. Karıncaları bu larvalara çeken şey abdominal bir bezin salgısıdır ve bu salgı *Lysandra hispana*'da % 10'dan daha fazla bir total konsantrasyonda fruktoz, sukroz, trehaloz ve glukoz içerir.

c-) Tohumlar

Bitkiler genel olarak hayvansal dokulara göre daha az besleyici madde sağlasalar da bazı yapıları zengin konsantrasyonlarda depo maddeler içerirler. Özellikle tohumlar lipit ve azot içeriği bakımından zengindirler. Hiçbir karınca türü tamamen karnivor özellikte olmasa da tohumlar kuru ortamlarda yaşayan birtakım türlerin en önemli besinini oluştururlar. Bu gruba *Messor, Novomessor Veromessor, Pogonomyrmex* ve *Pheidole* gibi myermicin hasatçı karınca cinsleri dâhildirler. Pek çok farklı bitki türünün tohumları toplanabilir; örneğin Tevis, (1958) *Veromessor pergandei* için 12'den fazla, *Pogonomyrmex occidentalis* için 29 bitki türü kaydetmişlerdir. Pek çok granivor karınca türü belli bitkilerin tohumlarını tercih eder bu da o anki mevcudiyeti temsil edebilir.

Örneğin *Novomessor* cinsi üyeleri uygun mevsiminde olduklarında *Prosopis glandulosa*' nın büyük tohumlarına yoğunlaşırken *V. pergandei* de diğer tohumlar azaldıkları zaman çok fazla miktarda *Plantago* tohumu toplar fakat yağan yağmurdan sonra tekrar diğer çöl bitkilerinin tohumlarını toplamaya devam eder. *Plantago* tohumları toksin ihtiva ederler ve Carroll ve Janzen, (1973) bu maddelerin kısmen tohum seçimini belirleyici rol oynayabileceklerini ileri sürmüşlerdir [40]. Ancak Whitford, (1978)'a göre tohum tercihindeki esas kriter beslenme mevsimi esnasındaki tohum bolluğudur [69].

Hayvanların ihtiyaç duydukları temel protein diyetine ek olarak tohumlar çeşitli derecelerde kullanılmaktadırlar. Örneğin ılıman bölgelerde yaşayan bir myrmicin karıncası olan *Tetramorium caespitum, Calluna vulgaris* ve çimen tohumlarını toplar. *C. vulgaris'*in tohumları direkt olarak işçiler tarafından parçalanıp yenilirken çimen tohumlarının embriyoları çıkarılarak larvalara besin olarak verilirler. Bu zengin yağ ve protein kaynağının eşeysel bireyleri verecek olan kuluçkanın esas diyetini oluşturabileceğini ileri sürülmüştür. Gerçek granivor karıncalar tüm tohumu yemek suretiyle embriyo ve endosperm dokusundan besin elde etmelerine rağmen tohumları daha az işleyen hasatçı karıncaların çoğu tohumların lipit kaynağı olan periferal kısımlarını (testa) tüketirler. Örneğin, *Lasius alienus* ve *L. niger*'in *Ulex minor* tohumlarını topladıklarını fakat yalnızca karunkullerini yediklerini bildirmişlerdir. *Aphaenogaster rudis* tarafından *Carex pedunculata* ve *Aphaenogaster sp.* tarafından da *Viola spp.*'nin kullanılması yaygın olan bu özelliğe ait diğer örneklerdir. Gerekli kısımları kullanıldıktan sonra ıskartaya çıkan tohumlar hala canlılıklarını sürdürebilmektedirler bir bitki karıncaların kullanabileceği bir besini tohumlarına yapışık bir şekilde sunarak tohumlarının dağılımını sağlayabilir. Böylesi ilişkilerin yaygın olduğu Avustralya'nın kuru fundalık habitatlarında karıncaları bu amaçla kullanan 24 familyadan 1500 bitki türü olduğunu hesaplamıştır.

d-) Özel bitkisel "besin kitleleri"

Karıncaları cezbetmek için bitkilerden salınan tatlı içerikli ekstrafloral nektarinlerin kullanımı çok yaygındır. Ancak bazı neotropik ağaçlar daha yakın ve daha spesifik ilişkiler geliştirmişlerdir. *Acacia sphaerocephala* ve *Cecropia peltata Pseudomyrma* ve *Azteca* karıncalarınca kullanılan ve protein ve yağ bakımından zengin farklı besin kitleleri oluştururlar. *Acacia*'nın "Beltian" kitleleri küçük yaprakların uçlarında tek tek meydana gelirlerken *Cecropia*'nın "Mullerian" kitleleri her bir yaprak sapının bazalinde bulunan bir trachilium üzerinde toplu olarak üretilirler. Her iki bitki de karıncaların yuva olarak kullanabilecekleri ve besin maddelerini depolayabilecekleri diken ve gövde gibi içi boş yapılara sahiptirler. *Cecropia*'nın "Mullerian" kitleleri en azından 12 serbest amino asit içermektedir ve bu maddelerin hayvan glikojeni ile aynı yapıya sahip glikojen ihtiva ettiğini kaydetmiştir.

e-) Diyetin Kompozisyonu

Diyetin genel oluşu tam ve sürekli bir besin tedarikinin sağlanması için, çeşitlilik gösteren ve çoğu kez değişken olan hayvansal proteinin geçici olarak daha emin fakat daha az besleyici olan bitkisel ürünlerle beraber kullanılmasını sağlar. Sınırlı hareket nedeniyle kaynaklara ulaşım kısıtlandığında besine özelleşmenin doğasında var olan sınırlamaların üstesinden gelinmesi için böylesi çeşitlilik ve esnekliğe gereksinim duyulur. Genel bir beslenme şekline sahip karıncalar fırsatçıdırlar ve alınan faklı besinlerin nispi oranları zaman ve mekana bağlı olarak değişiklik gösterir.

Temeli avlanan böcekler ve balözüne dayanan karışık bir beslenme şekline sahip olan *Formica rufa* grubuna dâhil kırmızı orman karıncaları bu durumu çok iyi yansıtmaktadırlar. Bu karıncaların besin toplamalarına ilişkin kayıtlar değişik ağaçlık alanların sahip oldukları ağaç türlerine ve bu nedenle de mevcut herbivorlara bağlı olarak elde edilen avlarda önemli faklılıklar olduğunu göstermektedir. Diyette temporal bir varyasyon olduğu da açıktır.

Skinner, (1980) İngiltere'nin kuzeyinde *F. rufa* diyetinin en önemli öğelerinin bir afit türü olan *Drepanosiphum platanoides*, *Operopthera brumata* larvaları, bibionid sinekler ve balözü olduğunu bulmuştur [64]. İki afit türüne karıncalar tarafından sergilenen davranış biçimlerinde farklılıklar vardır; *D. platanoides* en önemli avlardan

birisi iken, çınar ağacı üzerinde yaşayan *Periphyllus testudinaceous* balözü kaynağı olarak kullanılır. Av olarak kullanılan yukarıdaki üç organizmanın hepsi mevsimsel bolluklarında ve bundan dolayı da tüketimlerinde ani olarak zirve noktalarına ulaşırlar ve mevsimin ilerleyen zamanlarında mevcudiyetleri azaldığında daha fazla çeşitli avlar elde edilir. Balözü yılın ilk zamanlarında önemlidir ve farklı ağaç türlerinde gerçekleştirilen besin arama davranışında meydana gelen bir değişikliğin balözü oluşturan afitlerin bolluklarındaki değişimlerle ilişkili olduğu görülmektedir. Cherix vd., (1980) orta Avrupa'da *F. lugubris*'in beş afit türünden yararlandığını ancak Haziran ayı sonu itibarıyla tüm ilginin doğrudan doğruya ladin üzerinde yaşayan *Cinara pruinosa* üzerine yoğunlaştığını bulmuştur. Wellenstein (1952), *F. rufa*'nın, diğer besinlerin az olduğu yılın ilk zamanlarında bitki özsuyu elde etmek amacıyla bitkilerin yumuşak sürgünlerine saldırdığını ve mevsimin ilerleyen zamanlarında besin dengesinin balözüne doğru kaydığını gözlemlemiştir. Larval gelişim için gerekli hayvansal protein kaynakları değişse de değişik kayıtlar orman karıncalarının, işçilerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için çok fazla miktarda balözü kullandıkları konusunda hemfikirdirler. Skinner, (1980) balözünün koloninin toplam enerji girdisinin her zaman % 50'sinden daha fazlasını oluşturduğunu ileri sürmüştür [64].

Orman karıncaları, daha bol bulunan bu besin kaynaklarına ilaveten başka besinlerden de faydalanırlar. Wellenstein (1952), *F. rufa* kolonilerinin az bir oranda tohum kullandıklarını belirtirken, Cherix vd., (1987) de büyük bir *F. lugubris* kolonisinin bir mevsimde 12 farklı bitki türüne ait 50.000 tohum topladığını hesaplamıştır [38]. Bu tohumlardan çoğu *Thesium alpinum* bitkisine aittir ve yalnızca lipit karunkulleri tüketilmiştir. Ancak büyük ölçüde predatör özellikte olan formicinler için tohumlar diyetin nispeten küçük bir parçası durumundadırlar.

Sonuç olarak, genel bir beslenme tarzına sahip karıncalar (generalistler) kullandıkları besinlerin çeşitliliğini arttırabilme yetenekleri ile sosyal organizasyonlarının esnekliğini göstermektedirler. Bu da kuşkusuz başarılı bir koloninin oluşturulması için en uygun zamanda eşeysel bireylerin yetiştirilmesine olanak sağlaması bakımından selektif bir öneme sahiptir.

Besinlerin İşlemden Geçirilmesi:

Nutrient: Bir bitkinin ve bir hayvanın vücuduna absorbe ettiği ve onların büyümesine yardımcı olan maddelere nutrient denir.

Kast sisteminin ve polyethismin evrimi, ortaklaşa gerçekleştirilen besin arama işlemini kolaylaştırmasının yanında, karınca topluluklarına besinlerin depolanması, işlemden geçirilmesi ve dağıtılması için özel fırsatlar sağlamaktadır. Karınca kolonilerinde uyum göstermiş önemli bir güç olan besin paylaşımı, aynı zamanda besinlerin daha faydalı bir şekilde kullanılması ile sonuçlanır. Hemen hemen bütün besin stoku besin arama işlemini gerçekleştiren ergin işçiler yolu ile koloniye girer. Yuvaya giren besin daha sonra işçilerin, larvaların ve diğer kast erginlerinin çeşitli besin gereksinimlerini gidermek için dağıtılmalıdır. Larvalar hem aldıkları besinler, hem de farklı maddeleri alma ve sindirebilme yetenekleri bakımından ergin bireylere göre farklılık göstermektedir. Larvalar katı besinleri alırlar ve bu besinleri sindirebilmek için enzimlere sahiptirler ve proteine ihtiyaç duyarlar. Erginler sadece sıvı besinleri alabilirler ve sindirmelerini kolaylaştıran, daha az protein ve daha çok karbonhidrata ihtiyaç duyarlar. Karıncaların sindirim enzimleri ile ilgili yayınlanmış az sayıda araştırma vardır ancak bunlar sindirim kanalı ile ilişkili çeşitli ekzokrin bezlerden bir seri karbohidradazların salgılandığını ve bazı türlerde bu enzimlerin türün diyeti ile ilişkili olduklarını belirtmektedirler. Orta barsaktaki çok küçük katı partiküller dışındaki tüm partiküllerin geçişinin engellenmesi ve ön barsaktaki endopeptidaz enziminin bulunmaması ergin karıncaları çözünür proteinlere ve amino asitlere bağımlı hale getirir. Ağız yoluyla geri çıkarılan maddelerin değiş tokuşu sayesinde, bireylerin sahip olduğu farklı sindirim yetenekleri birbirini tamamlayabildiğinden bir karınca kolonisinin gerçekten kommunal bir mideye sahip olduğu söylenebilir. Attinilerde bu durum simbiyotik bir fungusun yardımıyla sağlanır.

İşçiler ve larvalar arasındaki trophallaxis, sıvı ve çiğnenmiş besinlerin değiş tokuş edilmesinden daha fala şey içermektedir. Besinlerin (nutrient) kısmi sindirimi ve hatta tamamlanmış asimilasyonu, onların diğer bireylere bağışlanmasından daha önemlidir. Örnek vermek gerekirse, *Iridomyrmex humilis* işçileri tarafından genç larvalara verilen sıvı besin büyük ölçüde postpharyngeal bez salgılarından meydana gelmektedir. Bu bezlerin karıncalar arasında büyük ölçüde larval beslenme için

kullanıldığı ileri sürülebilir ancak onlar sadece işlemden geçirilen besinlerin kaynağı değildirler. Birçok karınca türünde genç işçiler iki çeşit yumurta üretebilen aktif yumurtalıklara sahiptir. Erkek bireyleri oluşturacak yumurtalara ek olarak larvalar tarafından kolayca parçalanan ve yoğun, protein bakımından zengin yumurta sarısına sahip ince kabuklu trofik yumurtalar mevcuttur. Bundan başka işçi karıncalar larvalara verilen besinleri (nutrient) düzenleyebilme yetenekleri ile kast belirlenmesine temel oluştururlar.

Larvalar besin temini için işçilere bağımlı olsalar da, besin transferi tek yönlü değildir. Larval tükürük birçok karınca türünde işçiler tarafından alınır ve sindirimde kullanılır. Bu tükürük çoğu kez aktif olarak istenir. Schilgknecht vd., (1966) iki myrmicine ve bir formicin türünün larvalarının bu salgılarını analiz etmiş ve bunların yüksek konsantrasyonda aminoasit ve protein içerdiklerini ancak hiç karbonhidrat içermediklerini bulmuştur. Söz konusu salgı maddesi larvaların tükürük bezlerinden salınmaktadır. Bu nedenle iş bölümü (poliethism) sindirime katkıda bulunmaktadır ve işçilerin katı proteini kullanabilme yeteneklerindeki eksikleri larvaların yardımı ile giderilmektedir. Çok açıktır larvalar bazı besin tiplerinin kullanımı için gereklidirler. Çalışmalarda, *V. pergandei* işçilerinin topladıkları bazı kalın kabuklu tohumların içeriklerini çıkaramadıklarını gözlemişlerdir; karıncalar çoğu kez tohumun bir ucuna delik açmakta ve buradan içeriye embriyoyu yumuşatacak sindirim enzimleri bırakmaktadırlar. Karıncalar daha sonra başlarını bu delikten içeriye sokmakta ve tohum içeriğini ekstre etmektedirler. Larvaların sindirim keselerini temsil etmeleri bu keseler yalnızca gelişim için besin depo etmezler aynı zamanda ergin dönemde kullanılacak besin deposunu da oluşturabilirler, endopterigot böcekler için karakteristiktir. Bazı karınca türlerinde ise geri çıkarılan besinlerin (nutrient) direkt olarak erginlere transferinin bu fonksiyonun yerini almış olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Trophallaxis:

İşçi kursağının proventrikular bir kapakçıkla orta barsaktan ayrılan genişleyebilir bir keseye gelişimi, kursağın sıvı besinler için bir depo olarak kullanılmasına olanak tanır. İşçiler arasında ağız yoluyla çıkarılan besinlerin karşılıklı olarak değiştirilmesi karınca türlerinin çoğunluğunda meydan gelir ve boya ve radyoaktiflerin yardımı ile çalışılır. İşçiler arasındaki değiş tokuşun modeli ve değişme oranı besinin tipine ve

türlere göre değişiklik gösterir. Aktarılan karbonhidrat miktarı, farklı türlerde büyük bir farklılık gösterse de bal ile beslendikten sonra geri dönen besin arayıcılarının, tercihen kursak içeriklerini diğer besin arayıcılarına hibe ettikleri gözlenmektedir.

Schneider (1972), bu durumu *F. polyctena*' da göstermiştir. Karbonhidratlar esasen bir enerji kaynağı olduklarından, bu uygulama açık bir şekilde aktif besin arama işlemini destekleme yönünde hizmet verir. Lipidler de işçiler arasında oldukça hızlı bir şekilde yayılır. Sıvı protein kaynağı olarak böcek hemolenfini kullanarak, besin arayıcıları tarafından gerçekleştirilen lipid dağıtım modelinin karbonhidratların dağıtım modelinden farklı olduğunu bulmuştur. Lipid dağıtım modelinde besin, tercihen bakıcı karıncalara hibe edilmektedir.

Besini diğer bireylere aktarma yeteneği, besin (nutrient) kaynaklarının ekonomik bir şekilde kullanımını kolaylaştırır ve karınca kolonilerinde besinin aktif bir şekilde yeniden dağıtılması ile sonuçlanır. Sorensen ve Vinson (1981), bu oluşumu, *Solenopsis invicta*' da farklı tiplerde radyoaktif maddelerle işaretlenmiş su ve besin kullanarak çalıştı [72]. Elde ettiği sonuçlar, besinlerin (nutrient) larva ve işçiler arasında etkili bir şekilde bölündüğünü gösterir. Katı protein süratle larvaya geçirilir. Larvaların % 85'i bir saat sonra yumurta sarısı ve albümini alır ve 48 saat sonunda larva besinin tamamını vücuduna almış olur. Sıvı haldeki protein daha yavaş toplanır. Larvaların yaklaşık olarak % 95'i sıvı proteini 48 saat sonra almış olurlarken işçiler sadece % 50'sini geçirmişlerdir. Tersine bal ve soya fasulyesi yağı, işçiler tarafından larvalara verilmeden önce daha uzun süre tutulur. Larvalar balın yaklaşık olarak %50'sini 12 saat sonra, soya fasulyesi yağını ise 48 saat sonra alırlar. Orantılı olarak kraliçeler bu besinlerden daha fazla miktarlarda alırlar ve önemsiz miktarlarda su larvalara geçirilir.

İşçiler tarafından larvalara verilecek besinin önceden hazırlanmasında büyük bir varyasyon görülür. Primitif cins *Myrmica*' da görülen basit şeklinde, sokarak öldürülen ya da etkisiz hale getirilen av yuvaya doğru sürüklenir ve güçlü mandibulları ile avları parçalayan larvalar arasına bırakılır. Daha yüksek karınca cinslerinde, büyük besin parçaları işçiler tarafından parçalara ayrılır ve larvaların ağız parçaları üzerine bırakılır. Bununla birlikte işçiler tarafından larvaların beslenmesi daha kompleks olabilir. Küçük larva katı partiküllerle baş edemeyebilir ve *S. invicta'* da olduğu gibi işçilerin

kursaklarından sıvı besinlerin onlara aktarılmasına güvenirler. İşçiler dönüşte larvalar tarafından geri çıkarılan sıvı besini alabilirler.

Besin Depolanması:

Besin gereksinimini besinin elde edilebilirliği ile aynı döneme denk getirmek, gelişimi besin temini ile senkronize hale getirmek ile çözülebilecek sınırlamalar ortaya çıkarır. Alternatif olarak böylesi sınırlamalar beslenme şeklini çok daha uzun bir zaman zarfı boyunca birbiri ardı sıra elde edilebilir besin kaynaklarını içerecek şekilde daraltma yolu ile indirgenebilirler. Besin (nutrient) reservlerinin depolanabilme ve kullanılabilmeleri beslenme konusundaki esnekliğe bir başka boyut kazandırmaktadır. Karıncaların depolanmış besinlerin idareli bir şekilde kullanmaları besin paylaşımı ile daha da artar. Bu durumda mobilize edilip diğer bireylere aktarılabilen tüm besinler kısa süreli bir çözüm olsa da potansiyel olarak depolanabilir özellik gösterirler.

Karıncalar uzun dönemde besinlerini çeşitli şekillerde depolayabilirler. Kursak gerekli olursa büyük oranda genişleyebilir ve sıvı besin deposu olarak iş görebilir. Ekstrem durumlarda çölde yaşayan bal karıncaları *Myrmecocystus*' ta olduğu gibi bazı işçiler morfolojik olarak, tek fonksiyonları çok fazla genişlemiş kursaklarında sıvı besin depo etmek olan bal depoları olarak hizmet vermeye adapte olmuşlardır. Burgett ve Young, (1974) iki *Myrmecocystus* türünün kursak içeriklerin analiz etmişler ve glukoz, fruktoz ve maltoz gibi şekerlerin yanı sıra gliserol ve kolesterol esterleri şeklinde lipit içerdiklerini bulmuşlardır [73]. *M. mexicanus* türünün bal deposu şeklindeki işçilerinin çok az bir kısmının kursaklarında kursak içeriğinin karbonhidrat ve lipit içeren farklı sıvı fazlarına ayrıldığını da belirtmişledir. Lipit kısmının kompozisyonu bu lipitin böcek kökenli olduğunu göstermektedir. Bazı *Myrmecocystus* türleri bal depolarının çoğunlukla su deposu olarak iş gördüklerine dikkati çekmektedir. Bu, karıncalara toplanıldıklarında kısa periyotlar boyunca geçici kaynakları kullanmayı sürdürmelerine olanak tanır. Bazı karıncalarda bal deposu olarak görev yapma fonksiyonu savunma ile beraber yapılmaktadır. Wilson, (1962) morfolojik olarak yuva girişini savunmaya adapte olmuş *Camponotus fraxinicola* işçilerinin besin çok bol olduğunda çok büyük miktarda şekerli sıvılar depo ettiklerini ve bu işçilerinin abdomenlerinin çok büyük yağ kütleleri içerdiklerini bulmuştur. Depo olarak yağ kütlelerinin kullanımı hem erginler hem de larvalar arsında çok yaygındır. Rosengren ve Fortelius, (1987) ılıman bölgede

yaşayan *Formica* türlerinin bu şekilde depolanmış lipit depoları ile kış mevsimine girdiklerini belirtmektedir [92].

Genellikle besinlerin çoğu, çöllerde sürekli olarak var olmadığından, reservlerin depolanması burada yaşayan karıncalar için önemli bir stratejidir. Özellikle besin bakımından zengin ve uyku halindeki tohumlar, depolanan değerli ürünlerdir ve genellikle kurak bölgelerdeki karıncalar tarafından kullanılırlar. Bununla birlikte, henüz olmamış (ham) ya da çimlenmeye başlamış tohumlar, saklanmazlar. *Messor* spp' nin bu tohumları hemen yediklerini ve nemli tohumları yuvalarına depolamadan önce kurumaları için yuva girişlerine yerleştirdiklerini bulmuştur. Tohum depolarının kuru ve karanlık olmaları idealdir. Eğer depo kuruysa tohumlar çok uzun bir süre saklanabilir. Tevis, (1958) *V. pergendai* türünün, tek yıllık bitkilerin çimlenmesi için oldukça kuru olan havalarda birkaç yıl yaşayabildiğini bulmuştur [68]. Karıncaların çimlenmeyi önlemek için ilave yollar kullanıp kullanmadıkları bilinmemesine rağmen, çok sayıda myrmicinenin metapleural bezlerinden salgılanan ß-hidroksidecanoik asit bu etkiye sahiptir [62].

Bazı karıncalar tohumlara göre daha az dayanıklı olan besinleri depolarlar. Soliter yaban arılarında yaygın olarak görülen, besin temin etmek için avların sokulması ya da felce uğratılması gibi atasal uygulamalar, bazı primitif karıncalarda da görülmektedir. *Cerapachys*' i avlayan karıncaların larva ve pupaları, bu şekilde beslenirler ve 2 aydan daha uzun bir süre için metabolik durgunluk durumunda kalabilirler [52]. Besin arama akınlarını sık sık gerçekleştirme zorunluluğu böylece azaltılır ve tek bir akınla elde edilen bol miktardaki av boşa götürülmeden kullanılmış olur.

Karınca larvaları iyi bir protein kaynağıdır ve av stokları kısa süre içerisinde tüketildiğinde bazı primitif ponerinelerin birbirlerini yedikleri bilinir. İşçiler tarafından gerçekleştirilen kuluçka kannibalismi birçok karınca türünün besine bağlı laboratuvar kültürlerinde görülmektedir [40]. Muhtemelen geçici açlık dönemlerinde hayatta kalmak için gerçekleştirilen yaygın bir davranıştır. Bu nedenle kuluçka depolama fonksiyonu olarak hizmet verir ve besin (nutrient) azaldığında depolanan nutrientler mobilize edilebilir.

Depolanan rezervler hem geçici kıtlık dönemlerinde hem de uzun süreli elverişsiz kurak ve soğuk mevsimler boyunca kullanılabilen besin stoku görevi görmektedir. Belki de daha da önemlisi onların üreme başarısına olan katkılarıdır. Aktif sezonun başlangıcında besin mevsimlik habitatlarda az bulunabilir ve böyle zamanlarda üreme kastlarının gelişimi büyük oranda besine ihtiyaç duyabilir. Bu nedenle *Tetramorium caespitum* tarafından ilkbaharın başlarında depolanan *Calluna* tohumlarının stoku, eşeysel kuluçkanın yetiştirilmesinde önemli olabilir. İlk kuluçkanın ayrı ayrı hücrelerde bulunan soliter kraliçeler tarafından yetiştirilmesiyle kurulan kolonilerde ilk işçi karıncaların yetiştirilmesi kritik bir dönemdir. Bu nedenle dişiler tarafından çiftleşme uçuşundan önce depolanan besinler, başarıları için önemlidir ve onları besin arama işleminin tehlikelerinden kurtarabilir. Hem *T. caespitum* hemde *S. invicta* kraliçeleri daha önce ait oldukları koloniden ayrılmadan önce kursaklarında yağ depolarlar: bu pharyngeal bez içinde sindirilir ve daha sonra ilk larvaya besin olarak verilir. Yağ kütleleri depoları koloni kurulmasına yardım etmek için de kullanılırlar ve kurucu kraliçe artık gereksiz olan uçuş kaslarını otolize ederek besinleri trofik yumurtalardan gelişen kuluçka için kullanılabilir hale getirir.

1.2.3. Besin Kullanımı

Karınca kolonilerinde, çok fazla seçiciliğe sahip tüketicilerin yüksek bir asimilaston / tüketim oranı elde etmeye eğilimli olduklarını çünkü onların daha iyi sindirebildikleri, daha besleyici (nutritional) besinleri seçtiklerini belirtmişlerdir. Bu nedenle karınca kolonilerinin zengin besin kaynaklarını seçme, depolama, paylaşma ve onları tekrar dağıtma yetenekleri, besin kullanımında verimliliğin artması ile sonuçlanır. Ne yazık ki gerçek anlamda vücuda alınmada, asimilasyonda ve tüketimin nicel olarak ayrılmasındaki güçlükler nedeniyle, karıncalar için bu şekilde çok az sayıda ölçüm bildirilmiştir [60]. Açık alanlardaki kolonilerde yaşayan omnivorların beslenme şekillerinde bulunan çok sayıdaki materyalin sindirilebilirliklerindeki ve miktarlarındaki çeşitlilik problemi daha kötü bir hale getirir.

Laboratuar çalışmalarında, *Myrmica rubra* kültürlerine *Drosophila* ve sukroz solüsyonu temin ederek üretim / ingestion (P/I) verimini hesaplamıştır. Bu koşullar altında kalıntılar tartılabilmiş ve üretim, larval kuru ağırlık kazancı ve bırakılan yumurta şeklinde hesaplanmıştır. İlkbahar larvaları ile P/I verimliliği kraliçenin varlığına

bakmaksızın %49' a yakın bir seviyede kalmıştır. Bununla birlikte diyaposa eğilimli olan yaz larvaları ile verimlilik daha değişken ve toplam ortalama (% 20) daha düşüktü. En yüksek P/I verimliliği (%56) hem kraliçenin hem de şeker solüsyonun yokluğunda ve verimliliği %4 e azaltılan şeker solüsyonunu arttırarak elde edilmiştir. Şeker stoğunu solunum için yeterli seviyeye yükseltme avların yakalanmasında ve su tüketiminde bir artışa neden olur ve larval büyümeyi arttırır. Şeker temini yakalanan avların asimilasyonundaki verimi hemen hemen iki katına çıkarır fakat asimile haldeki materyal ile beraber verilirse P/I oranında artan bir gerileme gözlenir. Böylece şeker, suyu daha içilebilir yapmak için hizmet verir, işçi aktivitelerini canlandırır ve proteinleri saklar.

1.2.4. Ekolojik Etkileşim

Karıncaların aynı anda her yerde bulunabilme yeteneklerinin bir sonucu olarak, onların beslenme aktiviteleri yaşadıkları kommuniteler üzerinde önemli bir ekolojik etkiye sahip olabilir. Bu etki, çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir. Böcek populasyonları honeydew meydana getirirlerse korunabilir ya da av olarak istismar edildikleri takdirde azaltılabilirler. Bitkiler karıncaların beslenme aktivitelerinden farklı şekillerde yararlanabilir ya da onların direkt saldırılarına maruz kalabilirler.

Daha yüksek attinilerin bir kimyasal sayesinde bütün bitki yapraklarını dökme aktiviteleri onlara, bitki yoğunluğunun düşük olduğu ekili alanlarda zararlı böcek statüsü kazandırır. Ancak bu canlılar primer ormanları tahrip etmezler. Bunun kullanılan bölgenin yuva alanından belli bir uzaklıkta gelişme gösterdiği "korunaklı beslenme alanı" sistemi sayesinde meydana getirildiğini belirtmektedir ki; bu durum bitki örtüsü üzerindeki etkiyi daha dağınık hale getirir. Bu etkinin karıncaların ihtiyatlı kaynak kullanımından ziyade, yenilebilir bitkilerin konumsal ve zamansal düzensizlikleri yüzünden meydana geldiğine inanır. Tespit edilen ağaç gövdesindeki patika yolun uç noktasından keşif yapma alışkanlığı kesinlikle, hızlı bir şekilde yapraklarını döken, tek tek bulunan ağaçların tekrar oranını azaltır [60]. Fungikültür bu karıncalara bir çok bitki türünün kimyasal savunmalarından kaçınmaları konusunda olanak tanısa da, hala korunmuş olarak kalanlar vardır ki; bunlara yapraklarında yapışkan latex içerenler dahildir. Besin aranılan alanlarda bu bitki türü bireylerinin önemli derecede yüksek frekansa sahip olmaları [60], yapışkan latexin seçici bir avantaj sağladığına işaret eder. Lugo vd., (1973), Costa Rica' da *Atta colombica*' nın yağmur ormanlarının potansiyel

verimliliğini günde 5.92 kj/m^2 oranında azaltabildiğini hesapladılar ve bu durumun karıncanın hızlanan enerji akışının etkisi ve fosfor döngüsü tarafından telafi edildiğini belirttiler [74].

Ilıman ormanlarda yaşayan orman karıncası *Formica* spp. bitki yapraklarını döken Lepidopterelerın oldukça iyi bilinen predatörleridir ve onların Alman ormanlarında biyolojik kontrol amacıyla kullanıldığı bilinir. Wellenstein, (1954) bitki yapraklarını döken tırtılların populasyon yoğunluklarının, *Formica*'nın besin aradığı iç alanlarda önemli derecede düşük olduğunu gösterdi. Laine ve Niemela, (1980) *Oporinia autumnata* güvesinin populasyon yoğunluğunun artış gösterdiği zamanlarda *F. aquilonia'* nın beslenme alanları içerisinde yetişen dağ huşlarının "yeşil adalar" gibi göründüğünü belirtti. Aynı zamanda *F. polyctena*' nın meşelerin yapraklarını döken *Tortix viridana* üzerindeki predasyonu üzerinde çalıştı ve populasyon artışları esnasında orta büyüklükteki kolonilerin bu tırtıllardan bir milyonun üzerinde aldığını belirtti. Bunla birlikte, karıncalar kesin olarak yaprak dökme yoğunluğunu azaltsa da, onların av yoğunluğuna ne sayısal ne de özel fonksiyonel yanıtlar gösterdiğini, bu durumda meşe ağacı tortricitlerini yoğunluğunu azaltmadığını buldu. Yine de bitkiler, karıncaların gösterdiği bu davetsiz ilgiden yararlanırlar.

Gerçekten karıncaların, bitki yapraklarını döken canlılar üzerindeki predasyonu sayesinde elde edilen bu seçici avantaj, çekici yuva alanları ve beslenme maddeleri sunan bitki yapılarının gelişimine neden olmak için yeterlidir. *Acacia cornigera* üzerinde yaşayan *Pseudomyrmex ferruginea* ve *Cecropia peltata* üzerinde yaşayan *Azteca* spp. üzerinde gerçekleştirdiği çalışması, aralarındaki işbirliğinin ekolojik etkisini betimler. Bitkiler karınca oyuklarını hem yuva alanları olarak hem de besin maddeleri olarak takdim ederler. Gövdelerinde yerleşmiş karıncalardan yoksun olan bitkiler, fitofagus böcekler tarafından büyük oranda zarar görürler. Karıncalar bitkiler için oldukça önemlidir, çünkü onların bitkilerin tohum üretmelerinde gerekli oldukları belirtilmiştir. Ayrıca Caroll ve Janzen, (1973) batı Afrika ağacı *Barteria* üzerinde yaşayan, oldukça agresif bir tür olan *Pachysima'* nın ağacı otlanan büyük memelilere karşı kaoruyabildiğini belirtmiştir [46]. Bitki yapraklarını döken canlıların saldırılarını önlemesinin dışında, *P. ferruginea* aynı zamanda üzerinde konakladığı ağaçlara onların

altında yetişen fidelere ve onunla temasa geçen diğer bitkilere zarar vererek, rekabete dayalı bir avantaj sağlar.

Karıncalar tohumların yayılmasına yardım ederek, bitki örtüsünü oldukça farklı şekillerde etkileyebilir. Avrupa anakarası bitkisi *Ulex minor*' ün tohumları, onları yeraltındaki yuvalarına götüren *Lasius alienus* işçileri tarafından toplanır. Sadece besleyici ariller tüketilir ve o anda yer altında olan tohumlar çimlenebilir. Tercihen gölge almayan yerlerde bulunan karınca yuvaları ve saklanan tohumlar yanma ya da kemirgenler tarafından tüketilme tehlikelerine karşı korunduğundan, çimlenme establishment için optimal alanlarda meydana gelir.

1.2.5. Karıncaların Coccoidea ile olan beslenme ilişkileri

Coccoidea (kabuklubitler, koşniller) türleri ile karıncaların oldukça ilginç ve çok yönlü ilişkileri vardır. Karıncalar, ballı madde salgılayan coccoidlerden, karbonhidrat, protein ve lipid kaynağı olarak faydalanırken, coccoidler bu ilişkiden, yeni bitkilere taşınarak, iklim koşulları ve doğal düşmanlardan korunarak çıkar sağlarlar. Bitkiler üzerinde (özellikle söğüt ve çam) karıncanın bulunması, coccoidlerin populasyonunu arttırırken, karıncaların diğer zararlı böcekleri avlamaları, bitkinin genel sağlığını olumlu etkilemektedir. Ballı maddenin atılması, karıncaların antenleriyle coccoidlere nazik bir şekilde veya düzenli aralıklarla dokunmasıyla teşvik edilir [76]. Daha sonra mandibulları açarak koşnilin vücudunun yan tarafına aşağı yukarı doğru sürtmektedir. Bu arada antenin dokunma hareketi devam etmektedir. Bu süreç koşnilin bir damla ballı madde salgılamasına kadar devam etmekte, daha sonra mandibulası ile damlacığı kavramakta, yuvaya taşımakta ya da emmektedir [76]. Sumner vd., (2004) karıncalar ve farklı gruplardan böceklerin ilişkilerine trophobiosis denir [77]. Ballı maddeden (karbonhidrat açısından zengin, şekerli bir sıvı) salgılayan hemipterler(coccoidler, beyaz sinekler, yaprak bitleri, yaprak pireleri, fulgoridler, cercopidler, psyllidler vb) ile karıncaların ilişkileri hem ekosistem hem de tarımsal savaşım açısından önemlidir. Bu böcekler tarafından üretilen ballı madde, karıncaların besin kaynağıdır [78]. Ballı madde salgılayan hemipterlerle ilişkili olan karıncalar Dolichoderinae, Formicinae, Myrmicinae (Hymenoptera: Formicidae) alt familyasına bağlı türlerdir. Genel olarak bir Formicidae familyasından bir karınca besinini %62 sini ballı madde %33 ünü avladığı böcekler, %5 ini resin, fungus, ölü böcek kalıntıları ve tohumlar oluşturmaktadır [78].

Karıncalar ile ballı madde salgılayan böcekler arasındaki ilişkinin 15-20 milyon yıl önce miosen döneminde başladığı bulunmuştur. Ülkemizde Ülgentürk, (2001) farklı bitki grupları üzerinde *Formica cunicularia*, *Camponotus aethiops*, *C.sanctus*, *Crematogaster ionia*, *Dolichoderus quadripunctatus*, *Lasius alineus*, Plagiolepis vindobonensis, Prenolepis nitens, Tapinoma *erraticum* ve *Tetramorium ferox* gibi 10 karıca türünün 12 Coccidae türünü ziyaret ettiğini bildirmiştir.

BÖLÜM 2

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Karıncaların Aktivasyon Ritimleri

Tablo2.1. Karınca türleri ve gün içerisinde en çok aktivite gösterdiği sıcaklık, nem değerleri

TÜR	En Fazla Aktivite Gösterdiği Hava Sıcaklığı	En Fazla Aktivite Gösterdiği Hava Nemi	REFERANS
Formica fusca	20-30°C	50%	[80]
Formica pratensis	16-25°C	25%	[80]
Formica sanguinea	20-30°C	60%	[80]
Formica truncorum	15-25°C	80%	[80]

Tablo2.2. Karınca türleri ve gün içerisinde en çok aktivite gösterdiği hava sıcaklık değerleri, hava nem değerleri

TÜR	En Fazla Aktivite Gösterdiği Hava Sıcaklığı	En Fazla Aktivite Gösterdiği Hava Nemi	REFERANS
Camponotus semitestaceus	15-20°C	50%	[81]
Formica subpolita	15-30°C	35%	[81]
Linepithema humile	10-30°C	60%	[81]
Messor andrei	12-35°C	40%	[81]
Pheidole californica	15-25°C	50%	[81]

2.2. Karıncaların Beslenmeleri

Tablo2.3. Karınca türleri ve en fazla besin arayışı gösterdikleri hava sıcaklık değerleri

TÜR	İşçi Karıncaların En Fazla Besin Arayışı İçinde Oldukları Hava Sıcaklığı	REFERANS
Myrmecia croslandi	9.8-30°C	[82]
Myrmecia pyriformis	5.4-26.2°C	[82]
Rhytidoponera convexa	13-31°C	[82]
Solenopsis invicta	15-43°C	[82]
Myrmica rubra	8-22°C	[83]

Tablo 2.4. Karınca türleri ve en fazla besin arayışı gösterdikleri nem değerleri

TÜR	İşçi Karıncaların En Fazla Besin Arayışı İçinde Oldukları Nem	REFERANS
Anoplolepis tenella	63.3%	[84]

Karıncalar oldukça çeşitli hayvansal ve bitkisel kaynaklardan farklı katı ve sıvı gıdalar tüketirler. Bazı karınca türleri direk olarak bitkisel kaynaklı beslenirken örneğin, meyve, yaprak ve tohum gibi, bazı karınca türleri hayvansal kaynaklı besinlerle beslenmeye özelleşmiştir örneğin, ölmüş hayvanlar ve hayvansal atıklar. Bazıları ise dolaylı olarak bitkileri beslenmede kullanır örnek olarak btki özsuyu, extra-floral nektar [40; 15; 85].

Daha önceki çalışmalarda,

Formica schaufussi (omnivor) besin kaynakları tespit edilmiş ve besinleri arasında, protein ihtiyaçlarını karşılamak için ölmüş arthropod türleri, karbonhidrat ihtiyaçlarını karşılamak için ise bitki sapları, şekerli özsuyu atıkları salgılayan homoptera türleri olduğu bulunmuştur [86].

Pheidole ceres türünün besin kaynakları arasında tohum, ölmüş böcek türleri, tatlı özsuyu salgılayan yaprak bitleri yer almaktadır [30].Yaz aylarında daha çok protein kaynaklı besin türü terih ederlerken ilkbahar aylarında karbonhidrat ağırlıklı bir beslenme gösterirler.

Solenopsis invicta türünün yazın sıcak zamanlarında daha çok protein ağırlıklı bir beslenme gösterdiği, hava sıcaklığının düştüğü serin zaman dilimlerinde ise karbonhidrat ağırlıklı beslenme davranışları sergiledikleri bulunmuştur [87]. Protein besin kaynağını daha çok koloninin çoğalma aşamasında karbonhidrat besin kaynaklarını ise koloninin büyüme aşamasında kullanmışlardır.

Acromyrmex octospinosus türü bireylerinin bitkisel kaynaklı besin tercihinde %24 taze yaprak, %40 düşmüş yaprak, %4 otsu tercihler, %4 çiçek veya tomurcuk, %28 meyve olduğu bulunmuştur [88].

Formica cunicularia ve *Camponotus aethiops* dikey (vertikal) yatay (horizontal) bir besine gidiş stratejileri gösterirler. Bu süreç geçmişten ve süregelen davranışsal koşullardan kaynaklandığı tanımlanmıştır. Organizmaların bu stratejileri birçok teorik ve deneysel çalışmada konu olmuştur, çevrelerindeki kaynakları elde etme sırasında uygunluğunu en yüksek düzeye çıkarmak amaçlı olduğu bulunmuştur [89]. Besin arayışı sırasında tanımlanan asıl amaç enerjiyi maximuma çıkarmak veya zamanı minimuma indirmektir. Yani, en az zamanda en fazla enerji ile besine ulaşmaktır [90]. Daha önceki çalışmalarda karıncaların beslenmeleri sırasında takip ettikleri yolda besine ulaşmada kullandığı stratejileri 4 farklı kategoride sayılmıştır: 1-) feromon izleri [91; 92; 86; 95]; 2-) yakındaki ve uzaktaki işaretler (landmark); 3-) kinestetik bilgi [94]; 4-) besin yolu boyunca art arta gelen ipuçlar [92; 93]. Birey sayısı az olan küçük

kolonilerde besin arayışı daha çok bireysel işçi karıncaların sorumluluğunda daha kısa mesafelerde yapılırken bu kolonilere örnek olarak *Iridomyrmex humilis* ve *Lasius niger* kolonileri örnek verilebilir, bu kolonilerin bireyleri besine ulaşmada ‘’ U’’ stratejisi kullanırken, büyük kolonilerde bireylerin ortaklaşa kararı geçerli olur ve besine gidiş sırasında genellikle feromon sinyalleri kullanılır [39; 96].

BÖLÜM 3

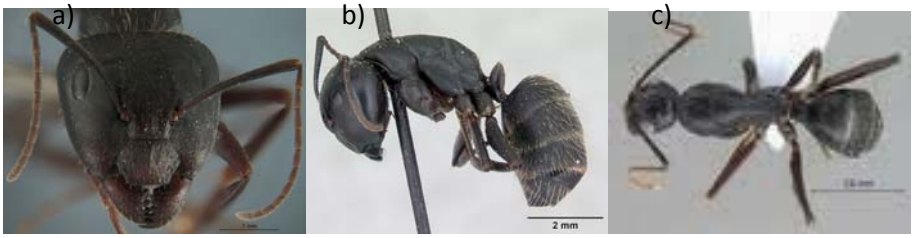
3. MATERYAL YÖNTEM

3.1.Materyal

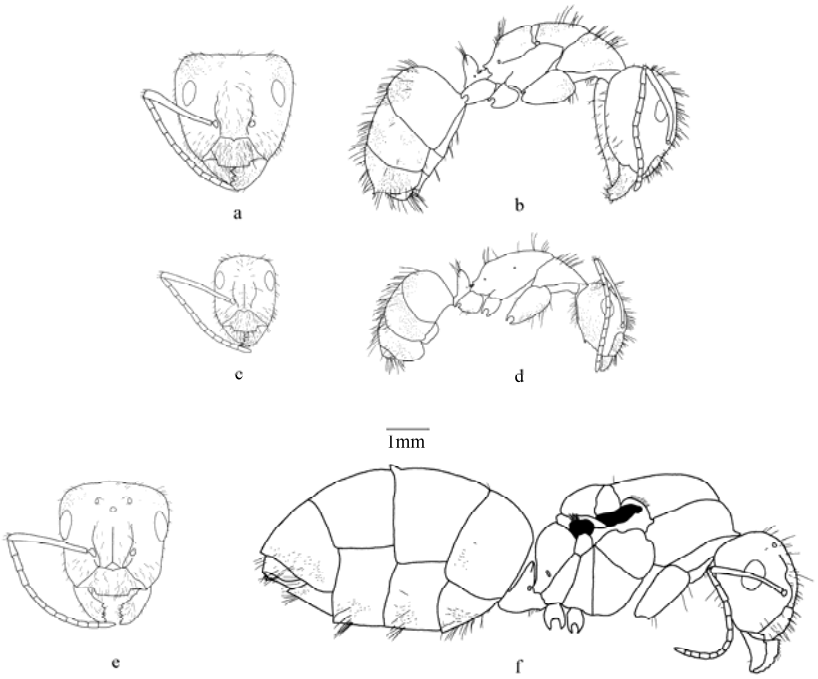
Bu çalışmada aynı habitat karakteristiklerine sahip ancak aktivasyon ritimleri farklı olan ***Formica cunicularia*** (Latreille) ve ***Camponotus aethiops*** (Latreille) türleri kullanılmıştır. *C. aethiops* işçileri, aktivasyonların, sıcaklığın ve gün ışığının nispeten az olduğu sabah erken ve akşam saatleri ile sınırlandığı krepeskular bir yaşam tarzına sahipken [2], *F. cunicularia* işçileri, gün içinde aydınlanma şiddetinın ve sıcaklığın fazla olduğu saatlerde aktivite gösterirler ve bu nedenle de diurnal olarak kabul edilirler [26].

3.1.1. *Camponotus aethiops*

C. aethiops türü yuvalarını, çayır, mera, çalılık, kavaklık, söğütlük, dere kenarı, karışık orman gibi çeşitli habitatlarda taş altlarında, toprak içinde, kuru dal parçacıkları ve bitki kökleri arasında yapmaktadır. Her bir yuva birbirinden ayrıdır ve normal olarak tek bir kraliçe içerir. Bu tür, Kuzeybatı Afrika, Orta ve Güney Avrupa, Doğu Avrupa'nın güneyi, Türkiye, Orta Doğu, Kafkasya, Afganistan ve Tacikistanda dağılım göstermektedir. Türkiye'den bilinen dağılımı, İzmir, Amasya, Cunda Adası, Edirne, Bursa, İzmit, Sultan Dağları, İstanbul, Ankara, Bodrum, Siirt, Trabzon, Hakkâri, Van, Muş, Erzurum, Kars, Erzincan, Malatya, Bitlis, Ağrı, Tunceli, Bingöl, Istranca Dağları, Çanakkale, Kırklareli, Tekirdağ, Gökçeada, Trakya, Bozcaada, Niğde, Sivas, Isparta, Balıkesir, Yalova, Adapazarı ve Bilecik'tir. Omnivor bir beslenme tarzına sahip olan *C. aethiops, Camponotus* cinsinin Edirne'de dağılım açısından en yaygın ve en tipik türüdür.



Şekil 3.1.a) *Camponotus aethiops* kafa yapısı, b) vücut yan görünüşü ve c) vücut üst görünüşü



Şekil 3.2. *Camponotus aethiops* (Latreille); ☿ majör işçi, a- baş (önden), b- toraks (yandan); ☿ minör işçi, c- baş (önden), d- toraks (yandan); ♀, e- baş (önden), f- toraks (yandan) (Karaman, 2011'den)

3.1.2. *Formica cunicularia*

Bu gruba ait karıncalar çok çeşitli alt tür ve varyeteler oluşturmuşlardır. Bunların tümünün biyolojileri yaklaşık olarak aynı olmakla birlikte morfolojik yapıları farklıdır.

F. cunicularia, taş altlarında ya da küçük toprak yığınları içerisinde yuvalanmakta, yuvalarını demiryolu kenarlarında, ağaçlık alanların güneş alan sınır bölgelerinde, kuru ve açık çayırlık alanlarda yapmaktadır. Çürümeye yüz tutmuş bir bitki kütüğü etrafında iğne yaprak ve bitkisel maddelerden inşa ettikleri çeşitli büyüklükteki tepecikler şeklinde yuvalarını inşa ederler yuvalarda koloni halinde yaşar. Yuvalarının içinde birçok yolları vardır. Bu yollar yuvalarının alt kısmındaki toprağın

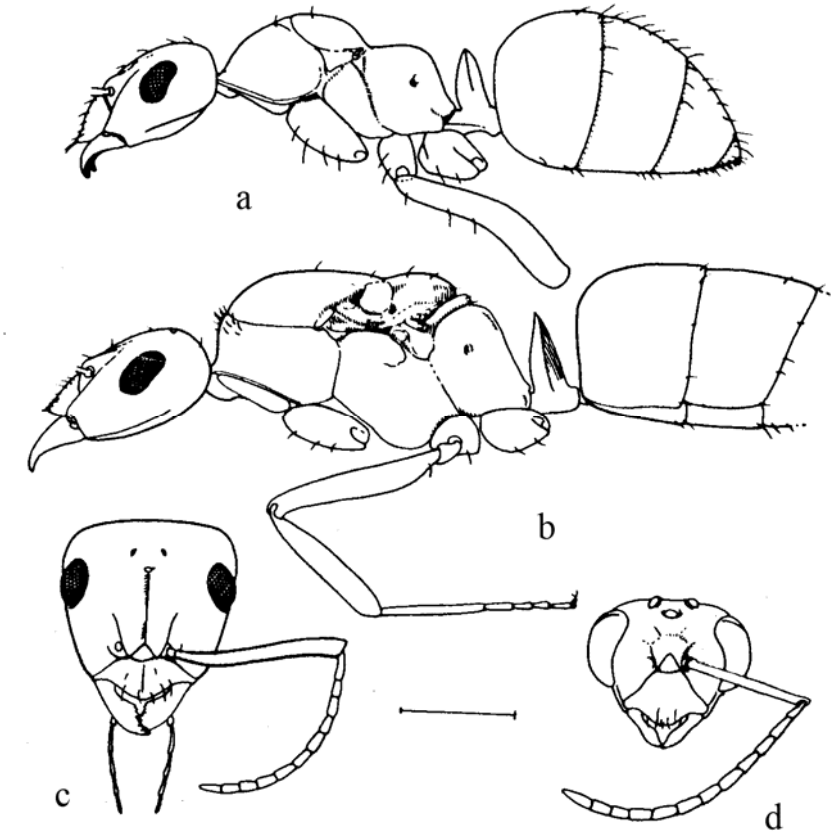
içinde 1-2 metre kadar derine gider. Kış mevsiminin soğuk günlerinde yuvalarının toprak altındaki kısımlarına inerek kış uykusuna yatarlar. İlkbaharda karların erimesi ve havanın ısınmaya başlamasıyla uykudan uyanan karıncalar çok geçmeden yuvanın toprak üstündeki kısmında toplanırlar. Yaz mevsiminin sıcak günlerinde özellikle saat 12 ile 17 arasında çok hareketli olurlar ve yuvadan 60 metre kadar uzaklaşarak besin ararlar. Yağışlı ve serin havalarda yuvadan fazla uzaklaşmazlar. Genellikle bol güneş ve az nemi severler. Her bir yuva birbirinden ayrıdır ve normal olarak tek bir kraliçe içerir. Bireyler arasında polimorfizm yoktur [97].

Bu tür, Kuzey Afrika'dan Güney İskandinavya'ya, Portekiz'den Urallara kadar dağılım göstermektedir [97]. Türkiye'den bilinen dağılımı Bursa, İstanbul, Artvin, Trabzon, Ağrı, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Kars, Malatya, Muş, Tunceli, Van, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Tekirdağ, Bozcaada'dır. *Formica* cinsine dair pek çok türün doğal ortamlarında görsel oriyentasyonları başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği bilinmektedir.

Hava sıcaklığının artmasıyla etrafa yayılarak besinlerini ararlar. Bunların besinleri arasında tırtıllar, solucan, yaprak arılarının larvaları, yumuşak Coleoptera türleri, kelebekler, arılar, böcek pupaları ile yumurtaları, çekirge, bitki bitlerinin dışkıları, gastropod kabukları bulunmaktadır.



Şekil 3.3. a) *Formica cunicularia* önden görünüş, b) vücut yan görünüşü, c) vücut üst görünüşü



Şekil 3.4. *Formica cunicularia* Latr. **a)** işçi (yandan) **b)** kraliçe (yandan), **c)** kraliçenin başı (üstten), **d)** erkek birey başı (üstten); [97].

3.2. Karıncalarda Yuva Seçimi

Yuva seçimi türlere göre değişir. Yer seçimi yuva kurucusu kraliçe tarafından gerçekleştirilir. Karınca türlerin çoğu yuvalarını, yer altnda yapar. Genellikle, bir taşın altında bulunan bir girişten; yumurtlama, erzak biriktirme ve dinlenme için ayrılmış odalara geçilir. Yuvanın, önemli bir bölümü de yer üstünde olabilir. İnce dallar ve çeşitli gereçlerle kubbe biçiminde oluşturulur. Yapı malzemesi olarak; ağaç, yaprak, çamur ve çok az da olsa ipek çıkarma yeteneğinde olan karınca larvasının salgısı kullanılır.

Karıncalar, yuvadan uzakta dolaşabilir ve gözleriyle işaretler koyarak, ya da topokimyasal yön bulma yöntemiyle, yuvalarını bulabilirler. Ayrıca Güneş'in konumuna bakarak da yönlerini bulabilirler.

Yumurtalar, kraliçeden alınır ve kurumayacak uygun yerlerde muhafaza edilir. Bunun için yumurtalar düzenli olarak yalanarak nemli kalmaları ve hacimce büyümeleri sağlanır. Larvlar beslenir, gelişebilmeleri için uygun nem ve sıcaklık oluşturulmaya çalışılır. Eğer yuvada sıcaklık yükselirse giriş geliği genişletilir ya da yeni delik açılır.

Bazen farklı tiplerde böcekle ve böcek larvaları kullanılarak yumurtaların ve larvaların üstleri kamufla olarak örtülür.

İşçiler sürekli olarak yuvanın havasını ayarlar. Yumurtalar, larvalar ve pupalar yuvanın çeşitli yerlerine taşınarak gerektiği gibi havalandırılır. Hava kanalları, havanın durumuna göre açılır ve kapatılır.

3.2.1. Arazi Çalışması ve Karınca Yuvalarının Tespiti (Metod)

Belirlenen çalışma alanı içerisinde gün ışığını direkt olarak alabilen açık bir alanda konumlanmış *Formica cunicularia* türüne ait tek bir yuva ve belli oranda gün ışığını alabilen çevresi otlarla çevrili bir ağaç dibinde konumlanmış *Camponotus aethiops* tek bir yuva ile gözlemler gerçekleştirilmiştir. Yuvaların yerleri işaretleme bayrakları ile işaretlenmiş ve belirlenen yuva etrafına sabitlenen alan ölçülerinde çekilen şeritler ile yerleri tespit edilmiştir. Çalışılan yuvalar arası uzaklık lazermetre ile ölçülmüştür. Haftanın 5 günü (Pazartesi-Salı-Çarşamba-Perşembe-Cuma) olmak üzere, günlük 14 saat süreyle aktivasyon ritimleri kaydedilmiştir. Ölçümlerimiz 2 saatte bir olmak üzere (07.00-09.00-11.00-13.00-15.00-17.00-19.00-21.00) saat periyodlarında, yuva başında kontrolleri yapılmıştır. Ağustos ve Eylül aylarında her iki tür için de 24 saatlik günlük aktivasyon ritmi gözlenmiş ve kameraya kaydedilmiştir. Yine Ağustos ve Eylül aylarında 24 saatlik abiyotik faktör ölçümleri yapılmış ve değerler ilgili takip tablolarına yazılmıştır. Yuvanın etrafına çekilen bir şerit ile bir sınırlı alan dahilinde ve yuva başında 5 dakikalık süre boyunca (bu süre kronometre ile sabitlenmiştir) yuvaya giren ve çıkan karınca sayısı sayılmıştır. Ayrıca bu sınırlar içerisinde yuva etrafında gezinen karınca sayısı da sayılmıştır. Besin taşıyan karıncalar ayrıca sayılmıştır. Karıncaların hiçbir kısıtlamaya maruz kalmaksızın besine gidip gelmelerine izin verilmiştir. Ne kadar sıklıkta besin topladığı, besini yuvadan ne kadar uzakta bulduğu, besini yuvaya kaç karıncanın getirdiği belirlenen saatler kapsamında yazılmıştır. Besinlerinin türleri teşhis edilmiştir. Aktivasyon ritimlerine etki edecek abiyotik faktörlerden, lokal sıcaklık; (zemin, hava, yuva) olan ölçümleri lazer termometre ile yapılmıştır. Elde edilen değerler C° cinsinden kaydedilmiştir. Nemlilik; havanın nemini ölçen dijital alet ile ölçülecek kaydedilmiştir, toprağın nemi, toprak üzerine yerleştirilecek tansiyometre aleti ile ölçülmüştür, aydınlanma şiddeti-ışık yoğunluğu; lüksmetre ile ölçülmüş ve lüx cinsinden belirlenmiştir. Atmosferik basınç; dijital

basınçölçer alet ile ölçülmüş ve değeri belirlenerek, kaydedilmiştir. Havanın genel durumu; açık, kapalı, yağışlı, bulutlu, rüzgârlı olması gün gün gözlemler ile belirlenmiştir. Rüzgarın esme şiddeti anemometre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Toprağın genel durumu; ıslak, kuru, nemli oluşu belirlenmiştir. Yağmurlu günlerde ölçüm yapılmamıştır.

Deneyleri toplam 7 parametre (zemin sıcaklığı, yuva sıcaklığı, hava sıcaklığı, havanın nemi, aydınlanma şiddeti, atmosferik basınç, rüzgâr şiddeti) belirler. Belirlenen parametreler kendi aralarında karşılaştırma imkânı sunar.

Formica cunicularia ve *Camponotus aethiops* türleri için elde edilen veriler ile istatistiksel analizler oluşturularak sonuçlar değerlendirilmiştir. Her iki türe ait işçilerin aktivasyon ritimlerini etkileyen abiyotik faktörler (zemin sıcaklığı, hava sıcaklığı, yuva sıcaklığı, havanın nemi, aydınlanma şiddeti -ışık yoğunluğu, atmosferik basınç, rüzgar şiddeti) değerleri arasındaki ilişkiler **pearson korelasyon testi** ile belirlenmiştir. Pearson korelasyon testi yapmamızdaki amaç, iki ya da daha fazla değişken arasında, birbirlerinin büyüklük değiştirmelerine uyum gösterme durumu olup olmadığını belirleyebilmek. Pearson korelasyon testi sonuçları yorumlanırken; **N** değerleri veri setlerine girilen değerleri vermektedir. **R** değerleri bağımlı değişkenin yüzde kaçının bağımsız değişken tarafından açıklandığını gösterir (0-0.30= ilişki yok, 0.31-0.50= zayıf bir ilişki var, 0.51- 0.75= orta derecede bir ilişki var, 0.76- 1= güçlü bir ilişki var.) Her bir analiz için anlamlılık değeri **P** değerlerimizi verir. Tüm verilerin analizinde SPSS 10.0 paket istatistik programı kullanılmıştır.



Şekil 3.5. *Formica cunicularia* çalışma yaptığımız yuvası. Üçgen şeklinde şerit yardımıyla sınırlandırılan alanın üst köşesi ile sol alt köşesi arası uzaklık 1 m 80 cm, üst köşesi ile sağ alt köşesi arası uzaklık 1 m 90 cm, lt sol ve sağ köşeleri arası uzaklık ise 1 m 80 cm olarak ölçülmüştür. Sağ alt köşesinin sol kenara olan uzaklığı 1 m 62 cm ve sol alt köşesinin sağ kenara olan uzaklığı 1 m 61 cm, üst köşesinin alt kenarına olan uzaklığı 1 m 66 cm olarak hesaplanmıştır. Üçgenin alanı, 1,49 m² dir.



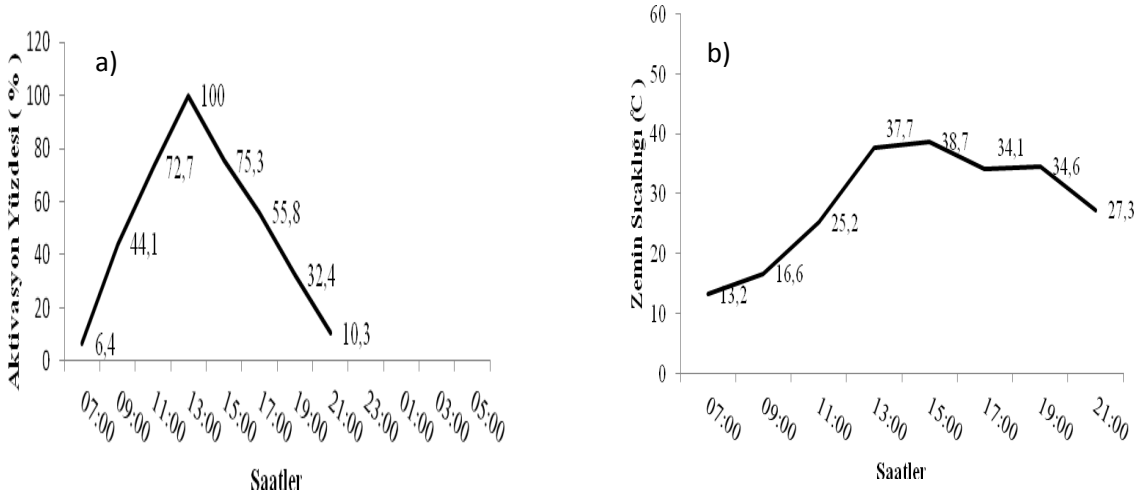
Şekil 3.6. *Camponotus aethiops* çalışma yaptığımız yuvası. Üçgen şeklinde şerit yardımıyla sınırlandırılan alanın üst köşesinin sol alt köşesine olan uzaklığı 90 cm, üst köşesinin sağ alt kenara olan uzaklığı 1 m ve sağ ve sol alt köşelerinin birbirine olan uzaklığı 90 cm dir. Üst köşesinin alt kenara olan uzaklığı 1 m 097 cm, sağ alt köşesinin sol kenara uzaklığı 1 m 237 cm sol alt köşesinin sağ kenara uzaklığı 1 m 045 cm olarak ölçülmüştür. Üçgenin alanı, 49,36 cm² dir.

BÖLÜM 4

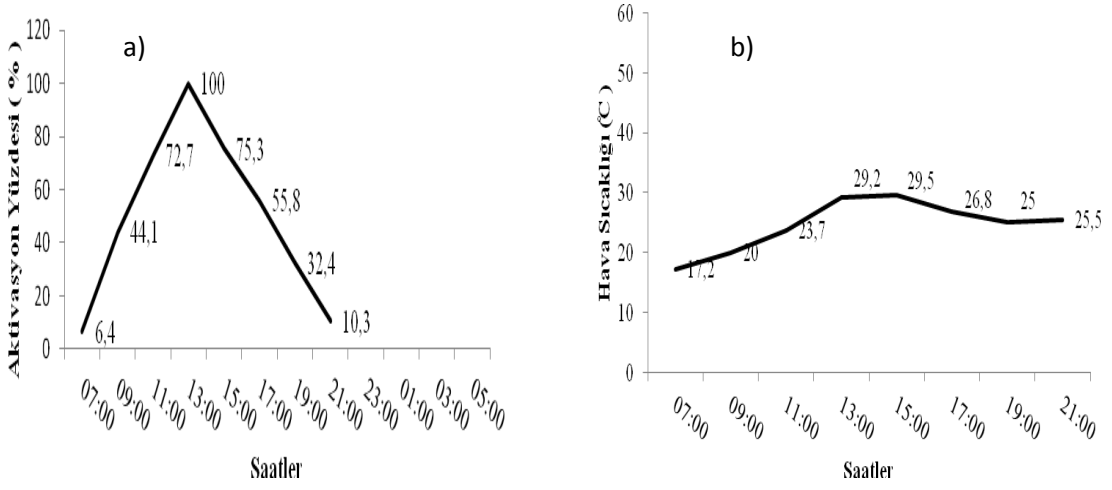
4. SONUÇLAR

4.1. *Formica cunicularia* Aktivasyon Sonuçları

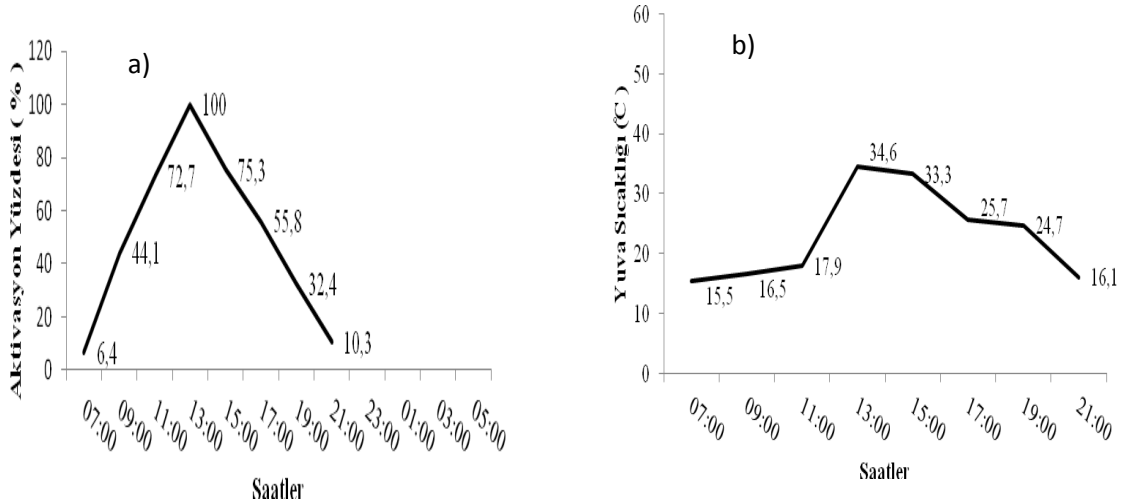
a-) Formica cunicularia Mayıs Aktivasyon Sonuçları



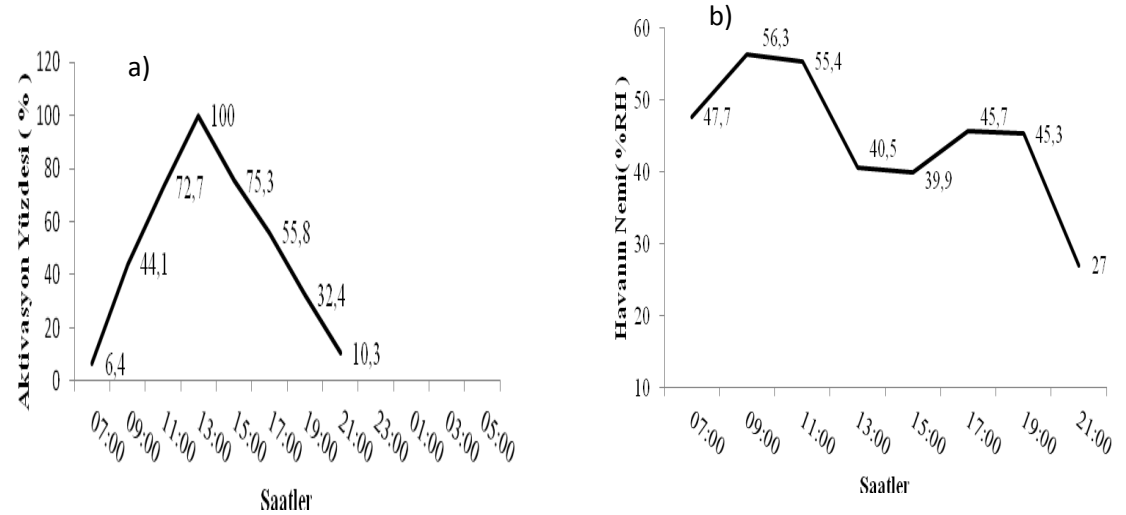
Şekil 4.1. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.615, P= 0.105**).



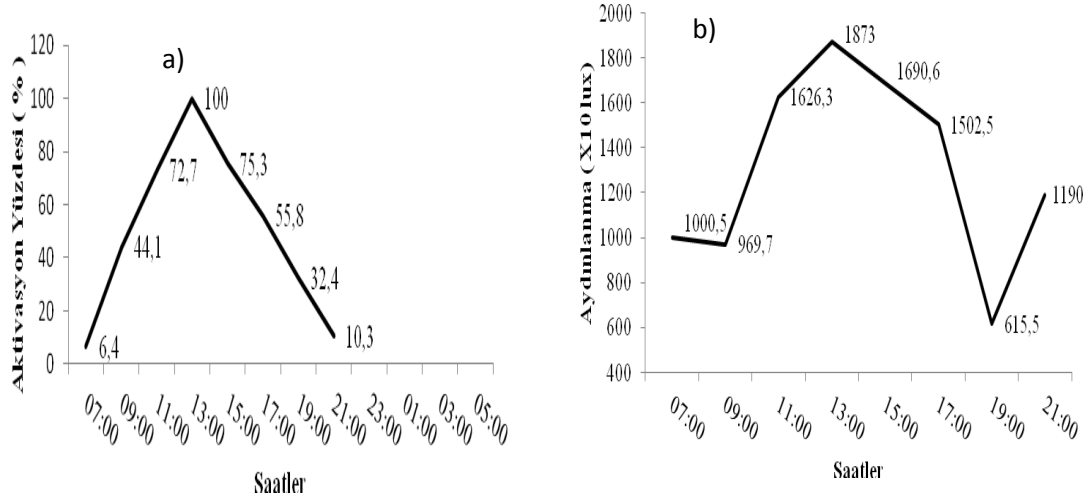
Şekil 4.2. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklığı değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklığı değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.667, P= 0.071**).



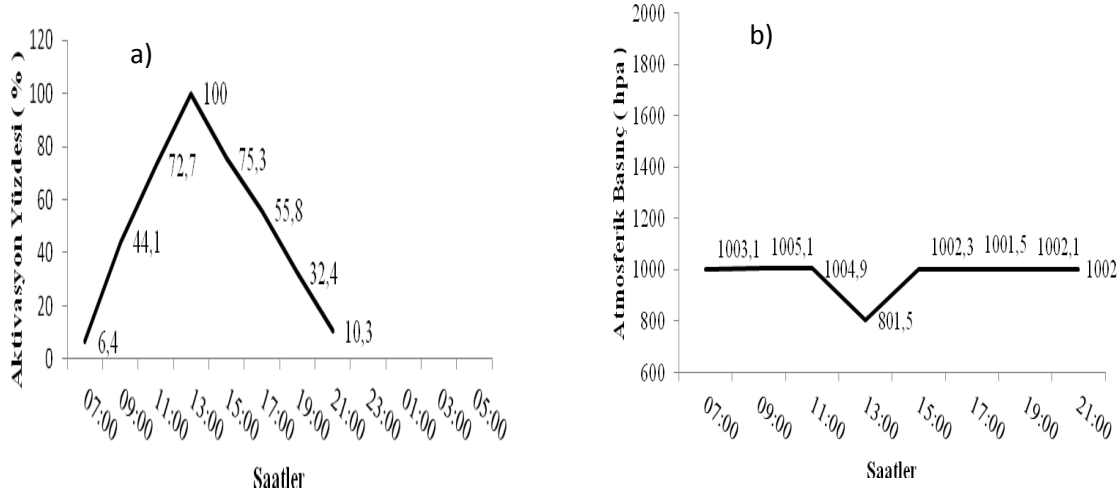
Şekil 4.3. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklığı değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklığı değerleri arasında güçlü derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.757, P= 0.029**).



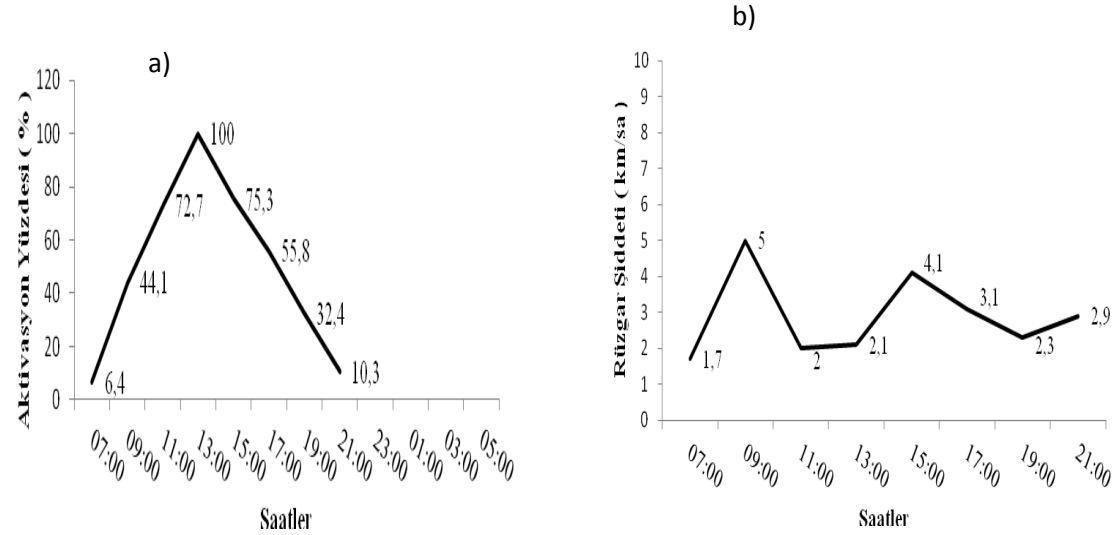
Şekil 4.4. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen hava nem değerleri (%RH). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nem değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.191, P= 0.650**).



Şekil 4.5. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10lux). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.793, P= 0.019**).

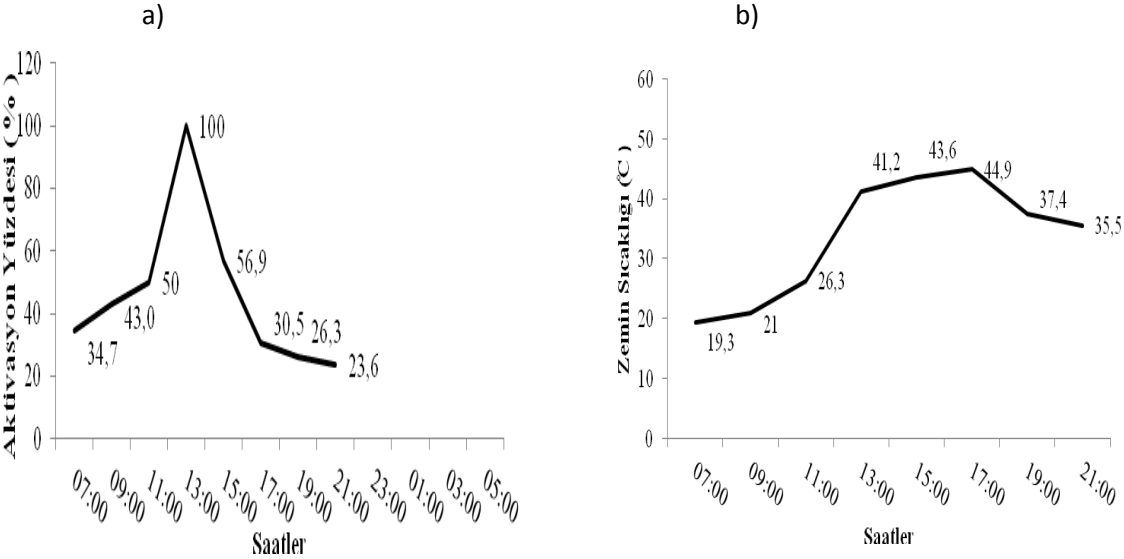


Şekil 4.6. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.614, P= 0.105**).

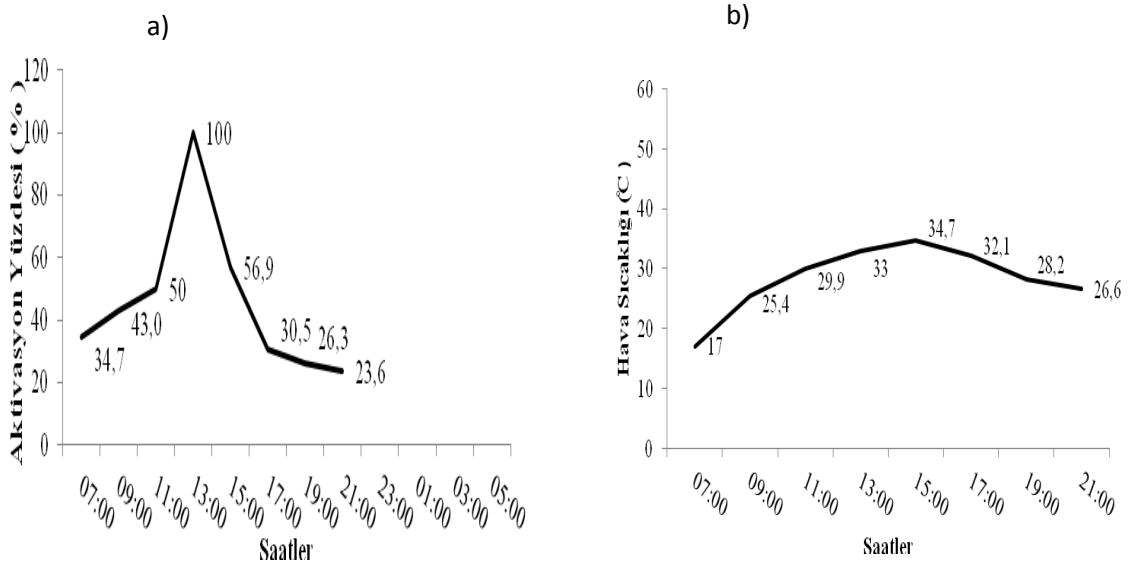


Şekil 4.7. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen rüzgar şiddeti değerleri(km/sa). *F. cunicularia*'nın Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.082, P= 0.846**).

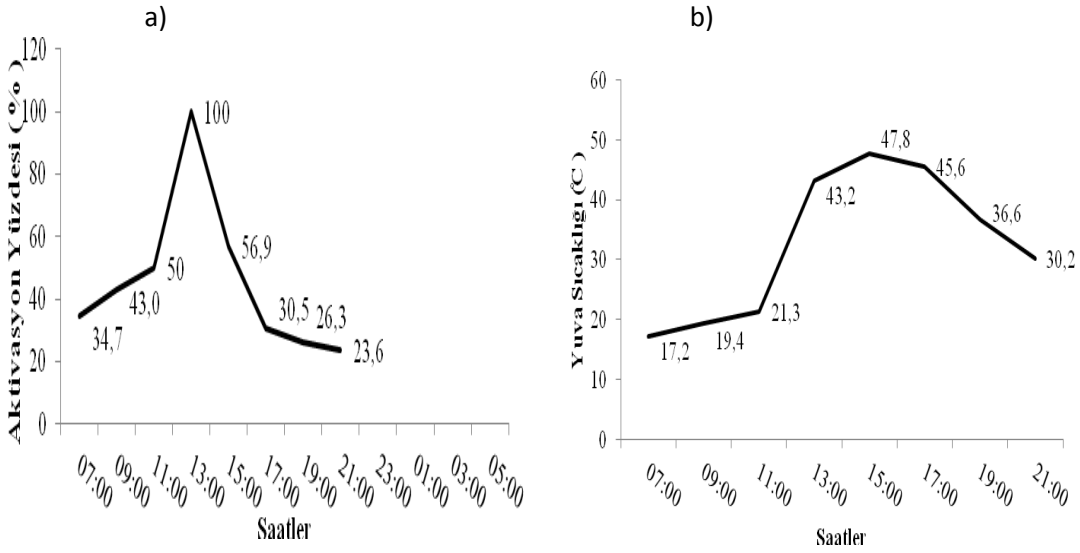
b-) *Formica cunicularia* Haziran Aktivasyon Sonuçları



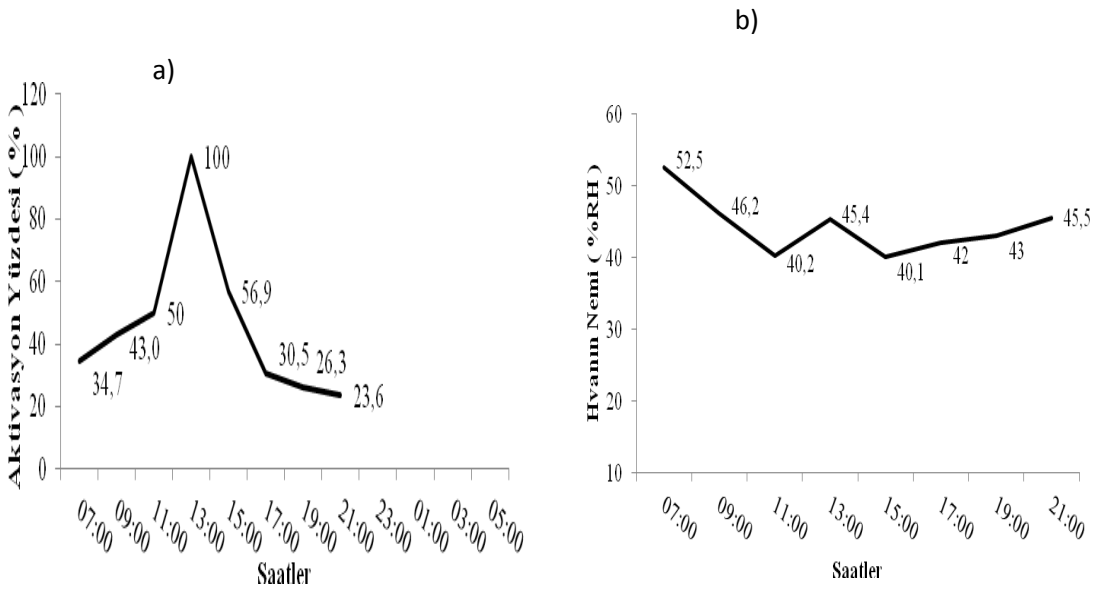
Şekil 4.8. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.225, P= 0.592**).



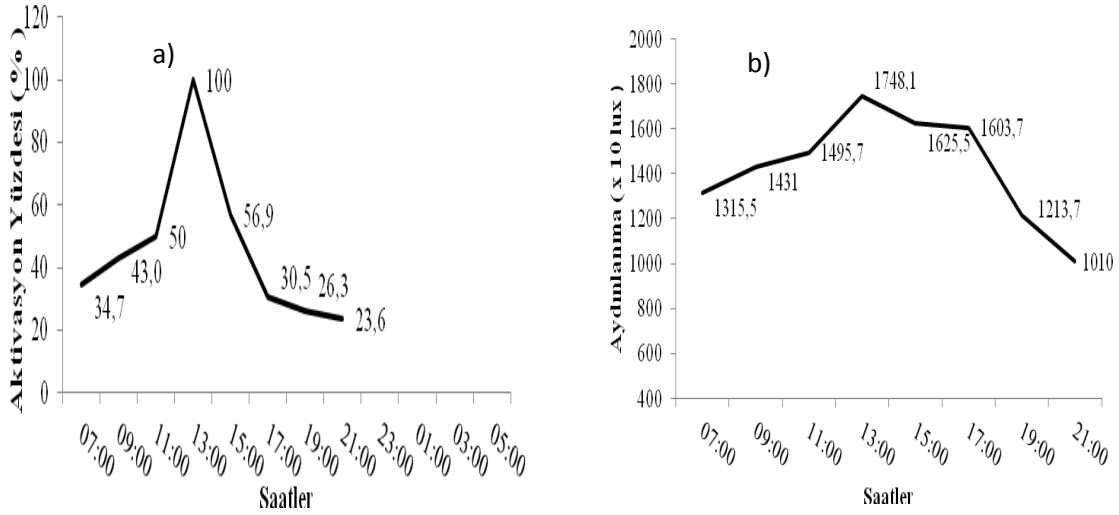
Şekil 4.9. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.460, P= 0.251**).



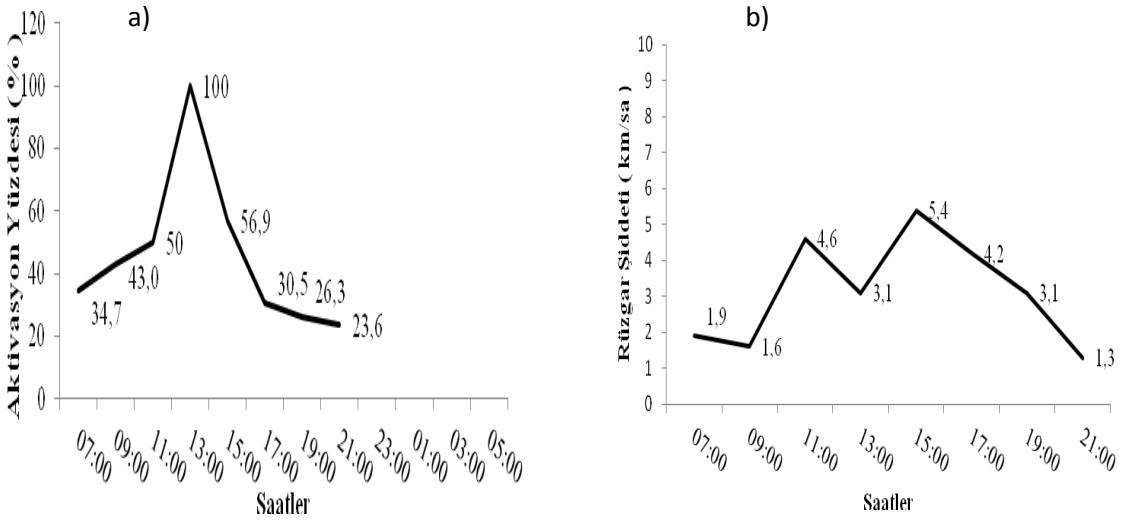
Şekil 4.10. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.316, P= 0.446**).



Şekil 4.11. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *F. cunicularia*'nın Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nem değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.095, P= 0.84**).

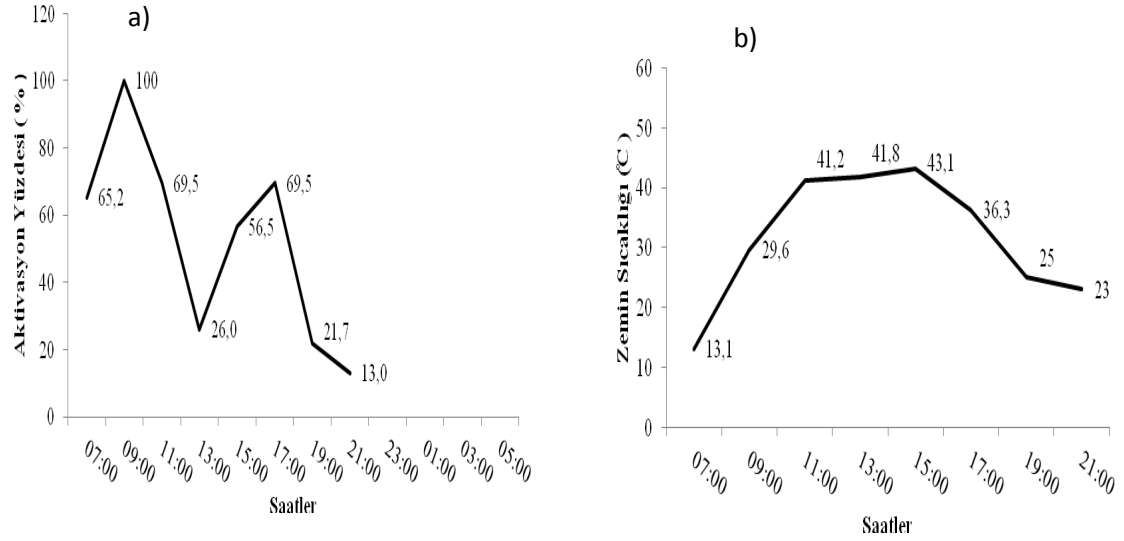


Şekil 4.12. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10lux). *F. cunicularia*'nın Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.757, P= 0.030**).

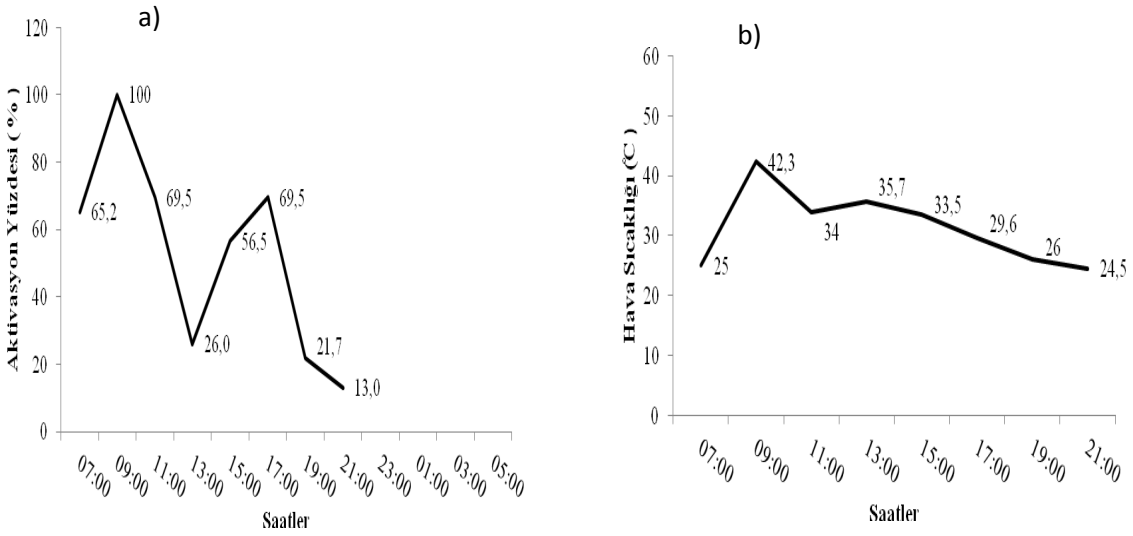


Şekil 4.13. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti (km/sa). *F. cunicularia*'nın Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.279, P= 0.503**).

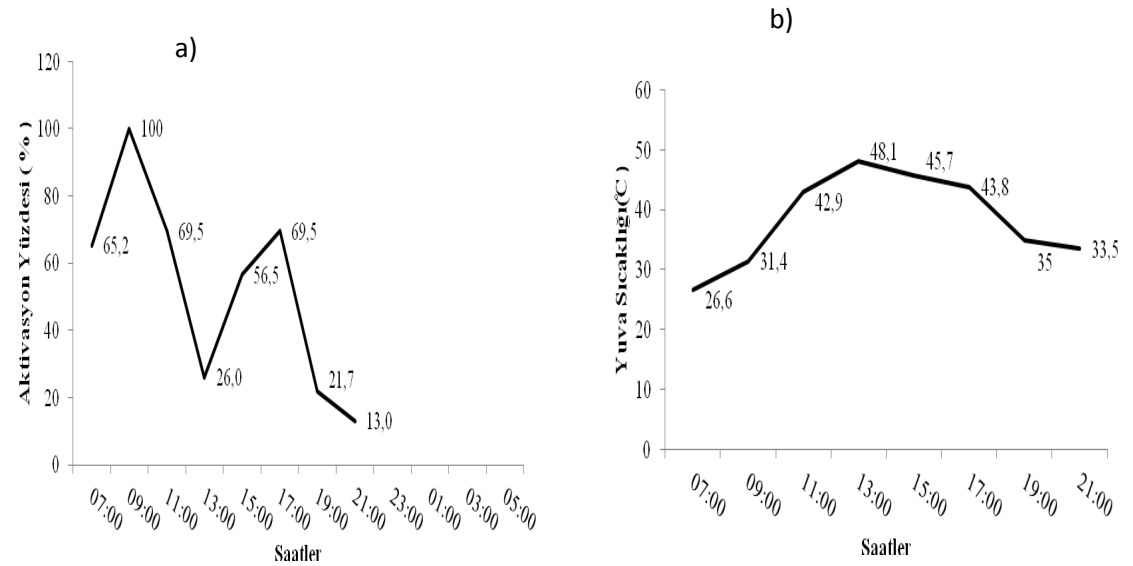
c) *Formica cunicularia* Temmuz Aktivasyon Sonuçları



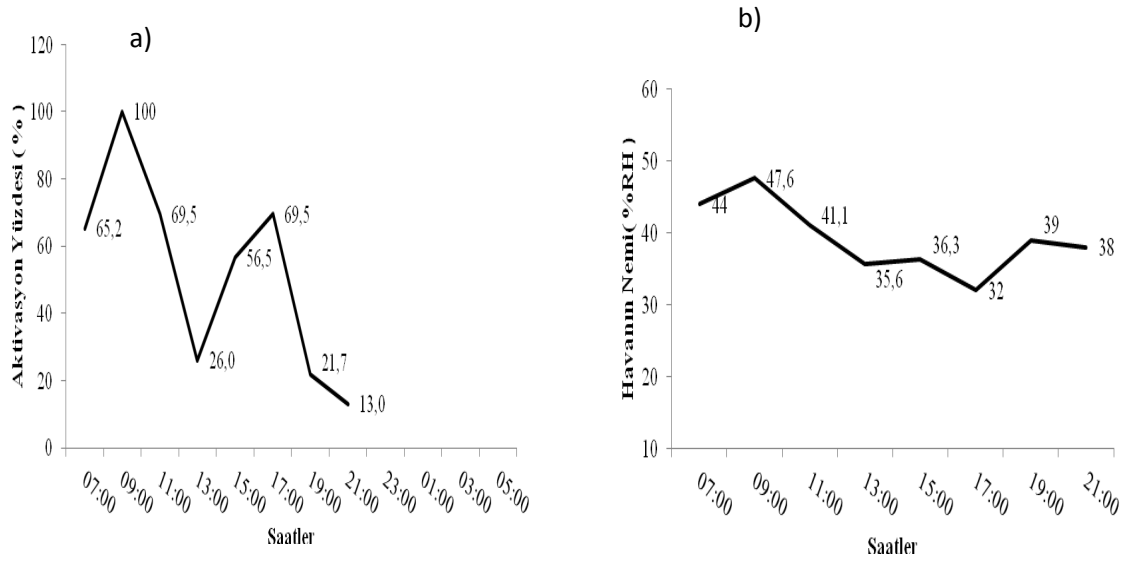
Şekil 4.14. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.103, P= 0.808**).



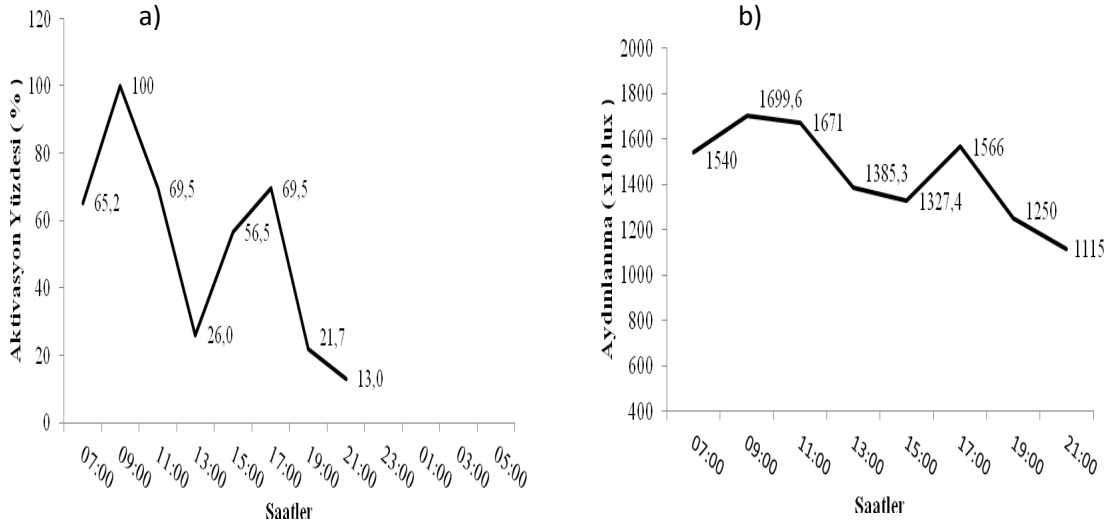
Şekil 4.15. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait havasıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.605, P= 0.112**).



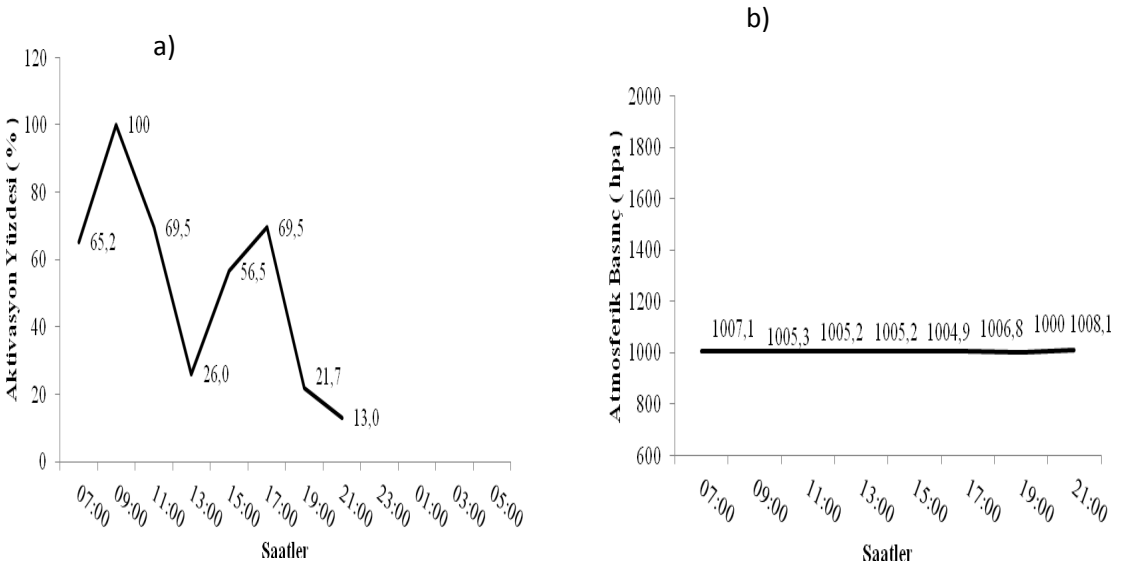
Şekil 4.16. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (ºC). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.151, P= 0.722**).



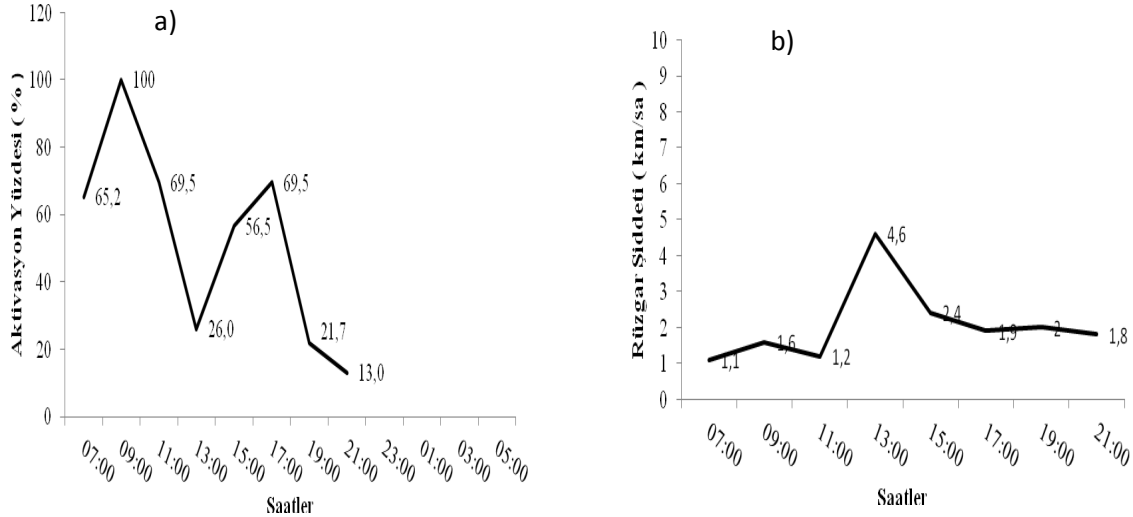
Şekil 4.17. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nem değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.490, P= 0.217**).



Şekil 4.18. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10lux). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.905, P= 0.002**).

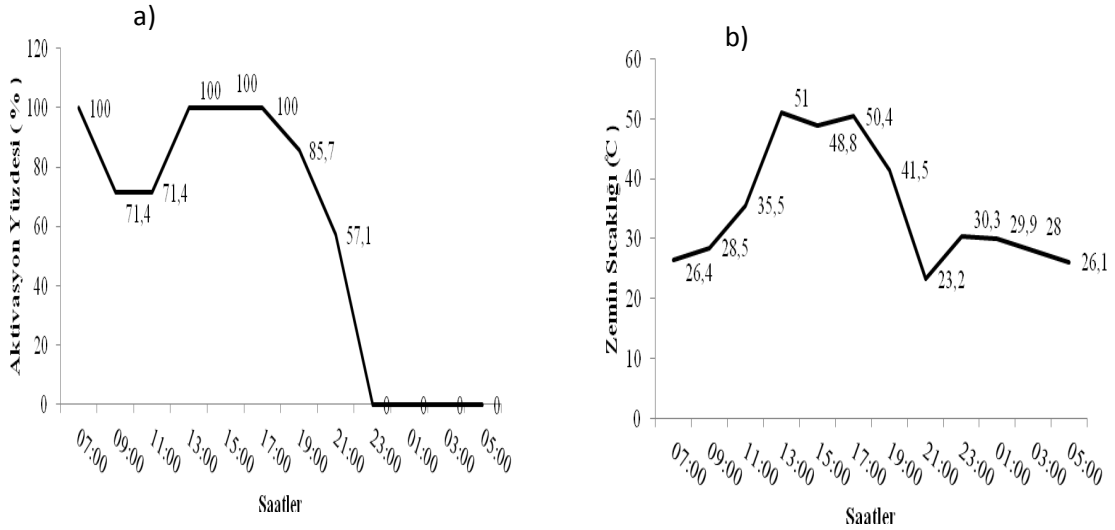


Şekil 4.19. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.197, P= 0.640**).

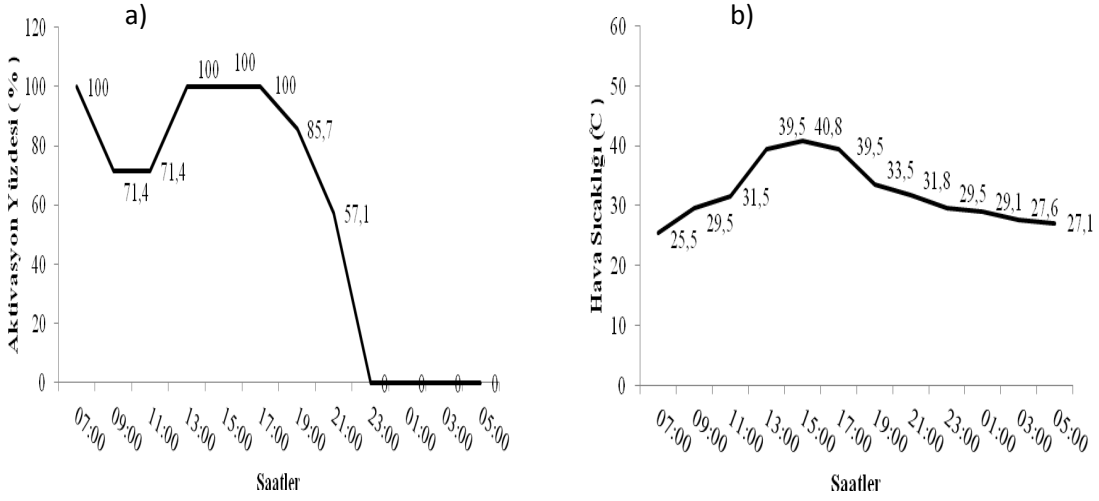


Şekil 4.20. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *F. cunicularia*'nın Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.457, P= 0.255**).

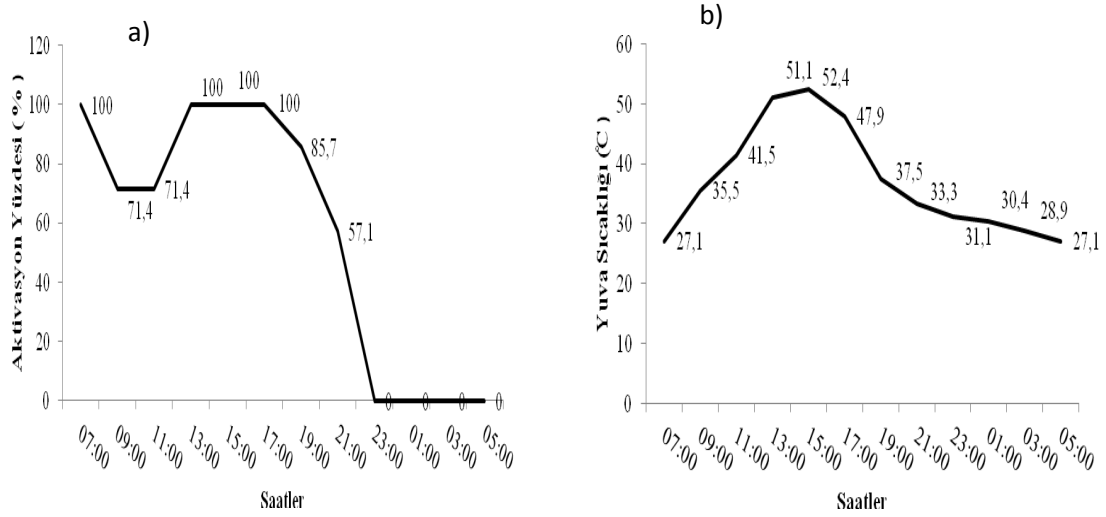
d) *Formica cunicularia* Ağustos Aktivasyon Sonuçları



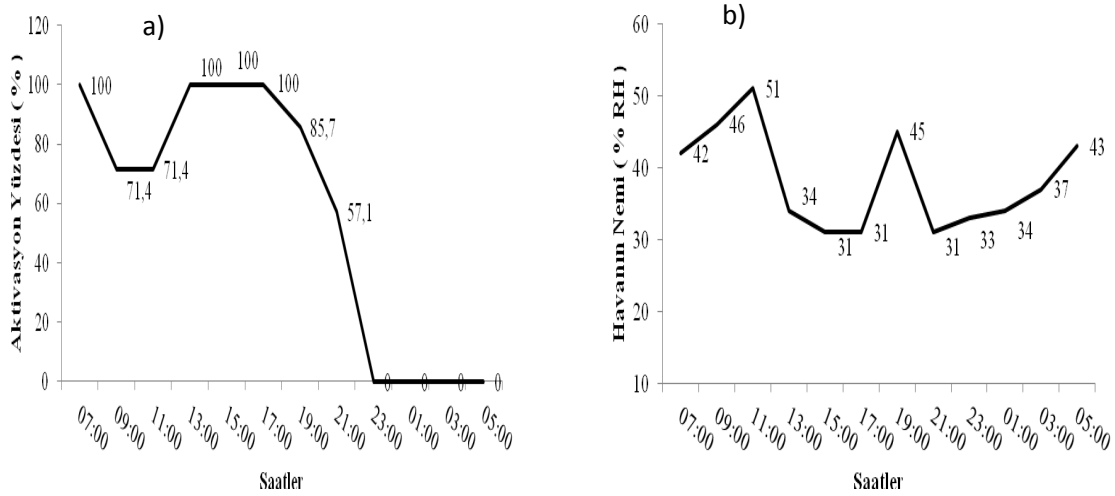
Şekil 4.21. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri(°C). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya zemin sıcaklık değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.627, P= 0.029**).



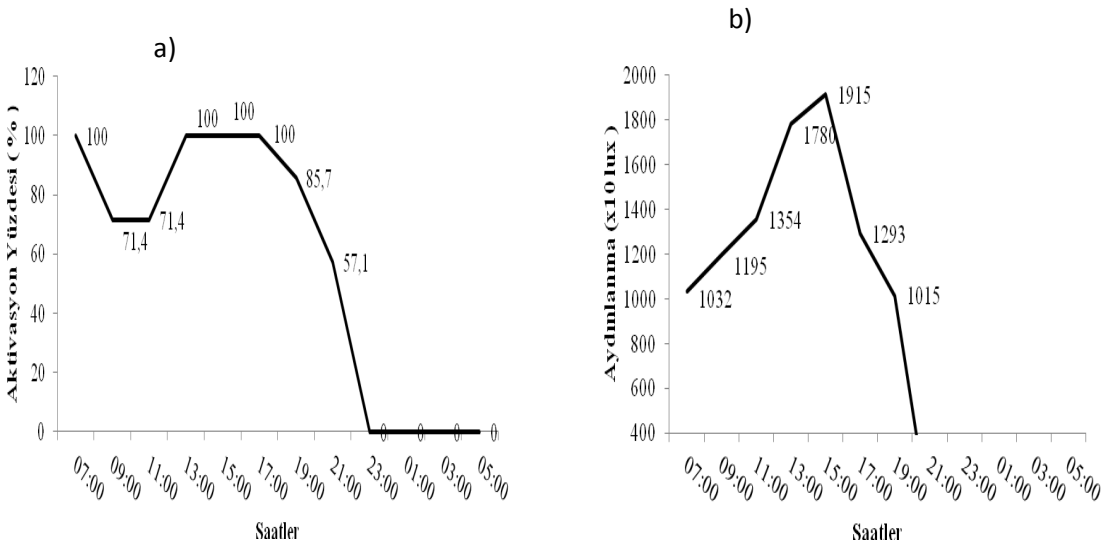
Şekil 4.22. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (°C). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya hava sıcaklık değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.622, P= 0.031**).



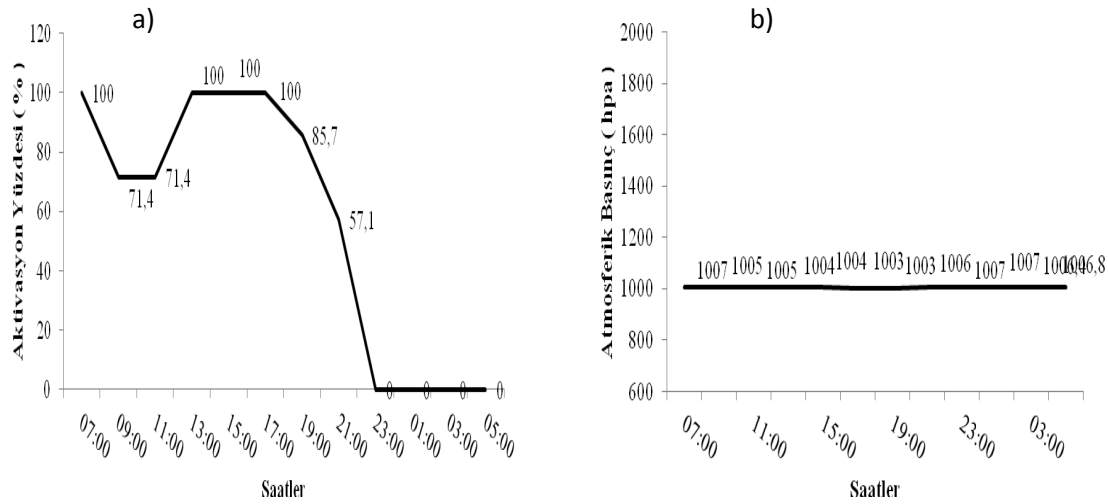
Şekil 4.23. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (°C). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.692, P= 0.013**).



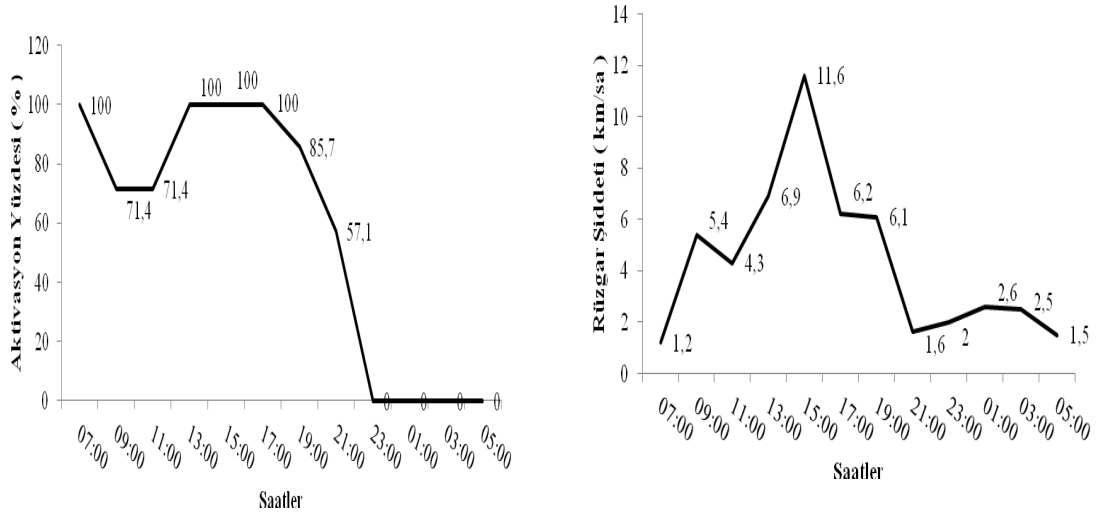
Şekil 4.24. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen hava nem değerleri (%RH). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nem değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.055, P= 0.866**).



Şekil 4.25. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10lux). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında güçlü derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.882, P= 0.000**).

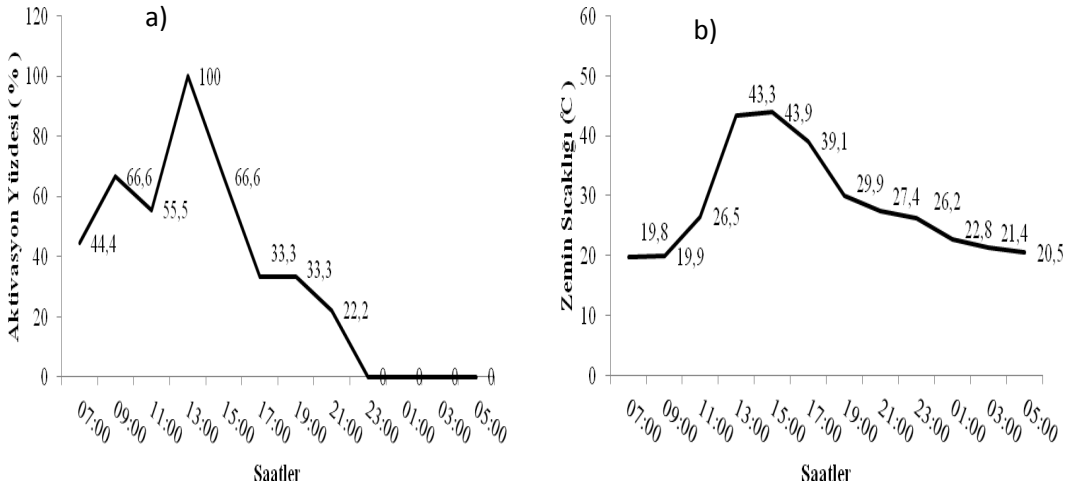


Şekil 4.26. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.729, P= 0.007**).

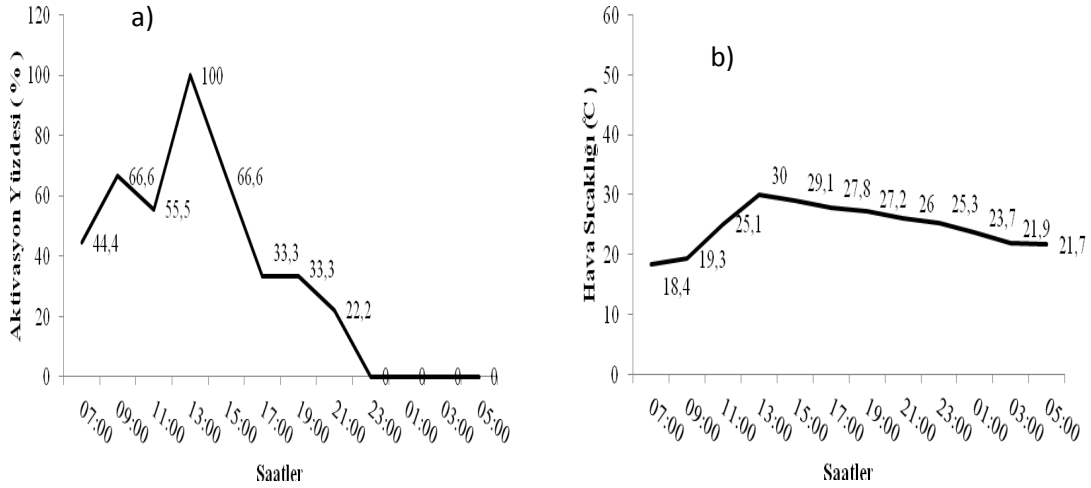


Şekil 4.27. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *F. cunicularia*'nın Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.620, P= 0.031**).

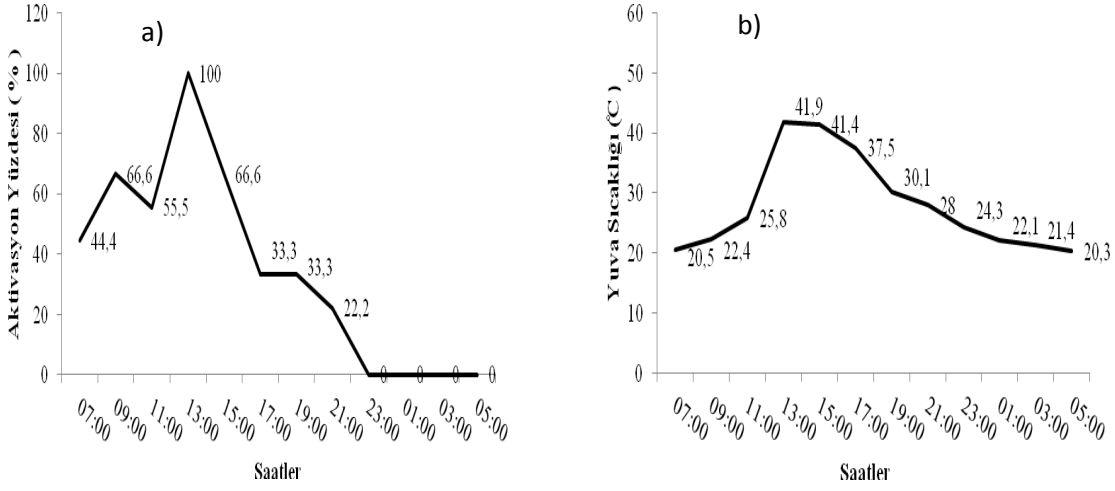
d) *Formica cunicularia* Eylül Aktivasyon Sonuçları



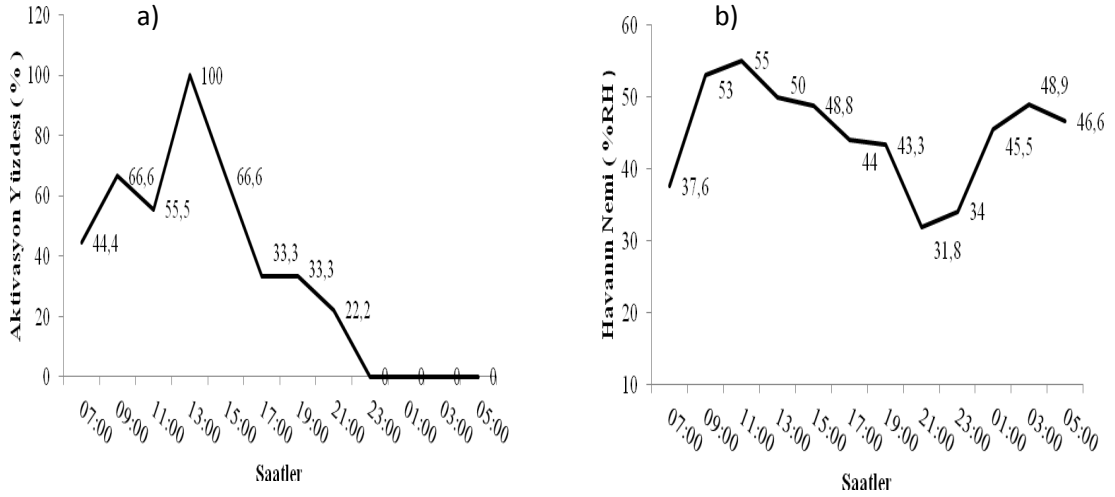
Şekil 4.28. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (°C). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.577, P= 0.050**).



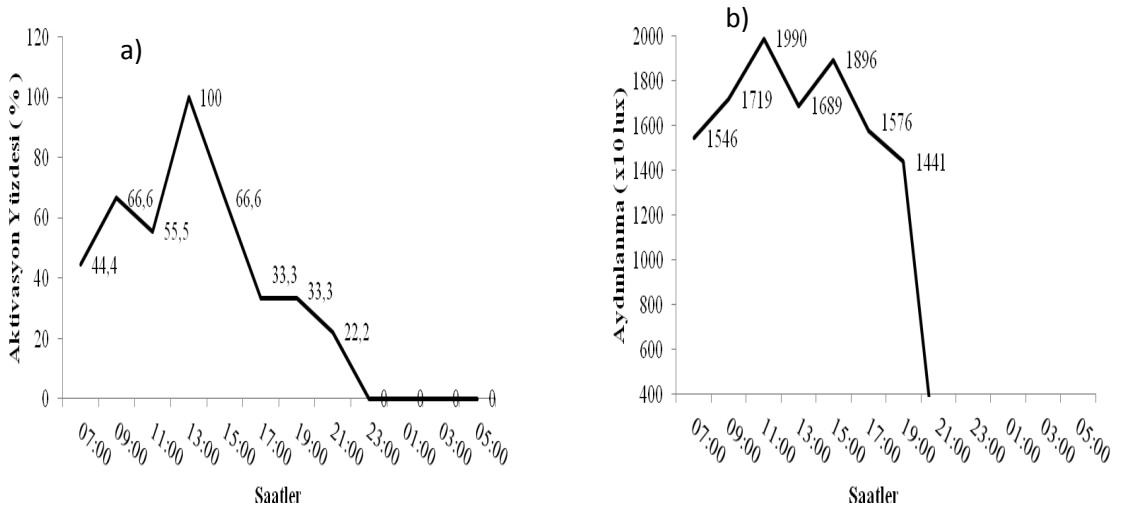
Şekil 4.29. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (°C). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.338, P= 0.283**).



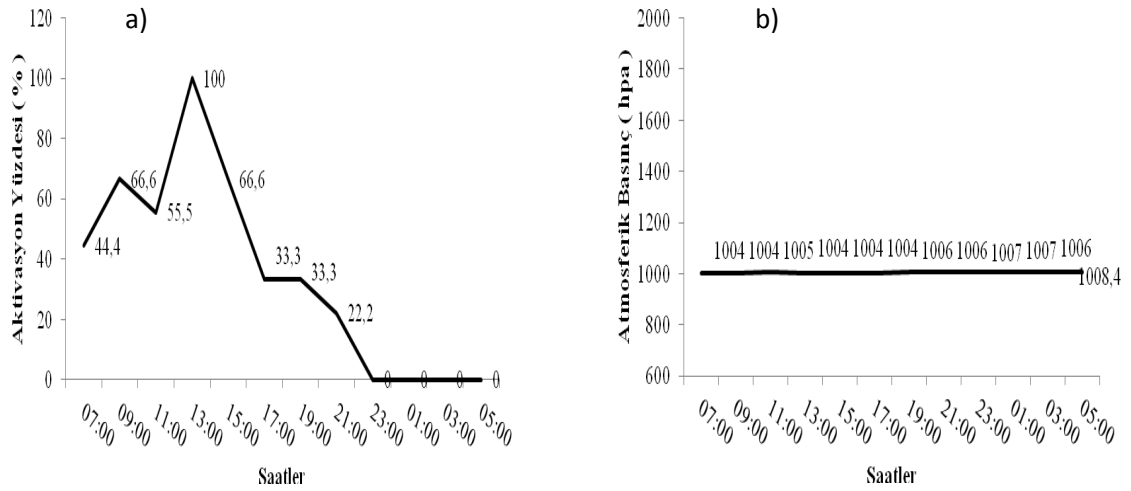
Şekil 4.30. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (°C). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında orta derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.639, P= 0.025**).



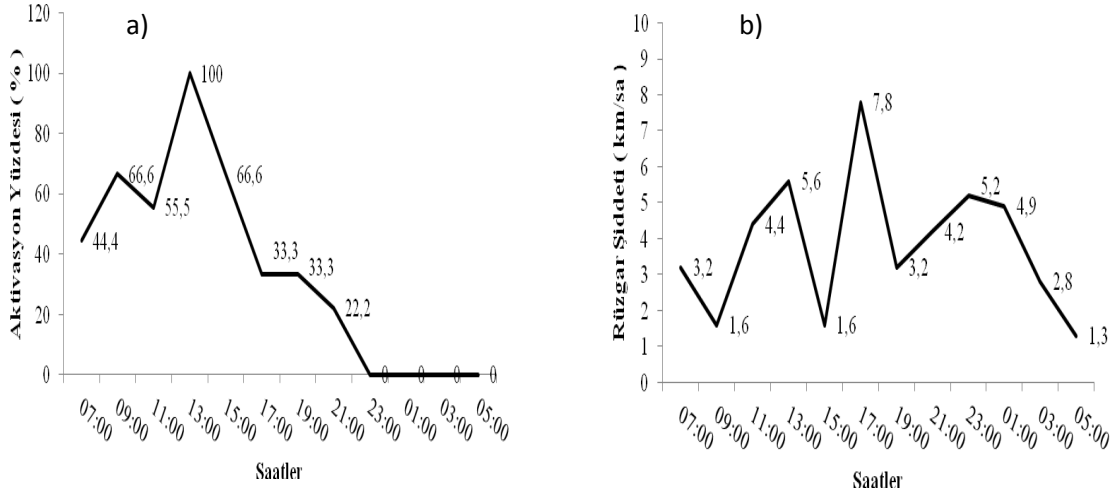
Şekil 4.31. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nemi değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.454, P= 0.138**).



Şekil 4.32. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10lux). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.855, P= 0.000**).



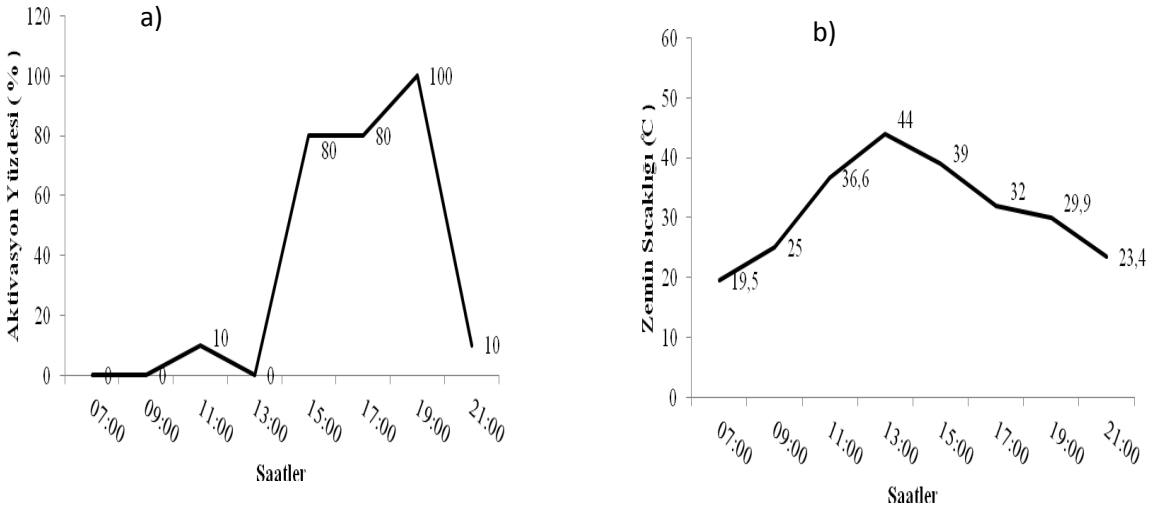
Şekil 4.33. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.818, P= 0.001**).



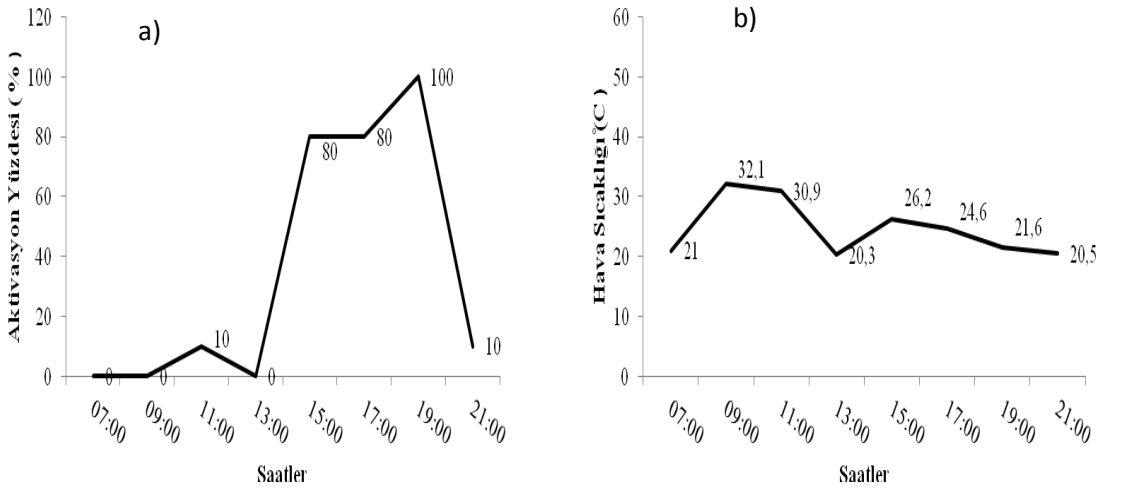
Şekil 4.34. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *F. cunicularia*'nın Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.013, P= 0.969**).

4.2. Camponotus aethiops Aktivasyon Sonuçları

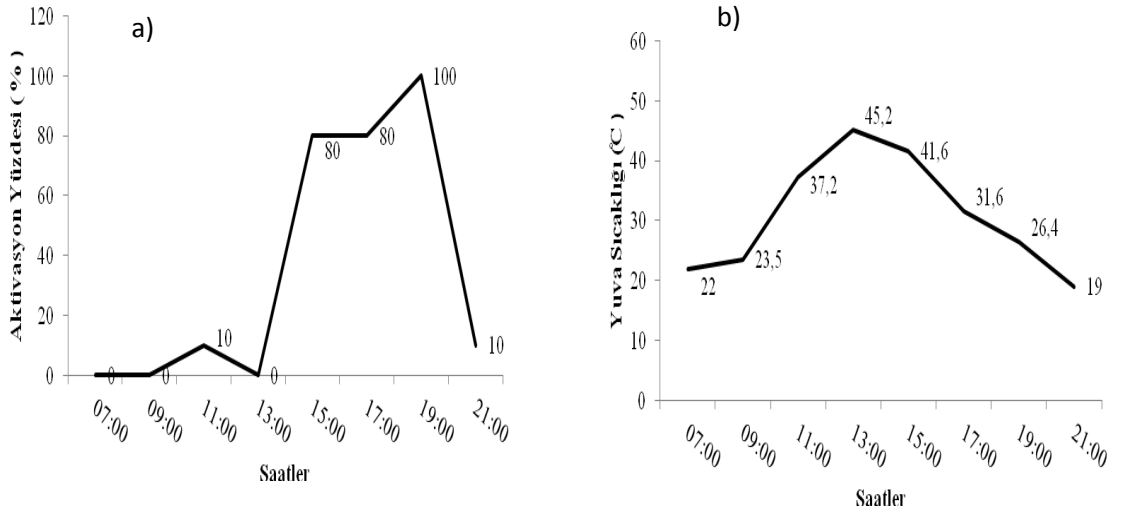
a) *Camponotus aethiops Mayıs* Aktivasyon Sonuçları



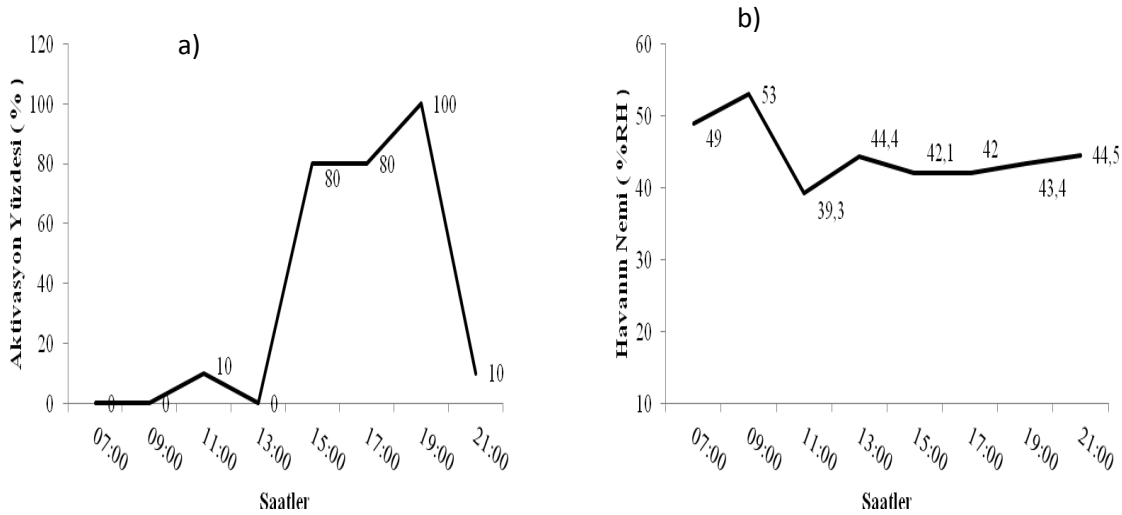
Şekil 4.35. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.212, P= 0.614**).



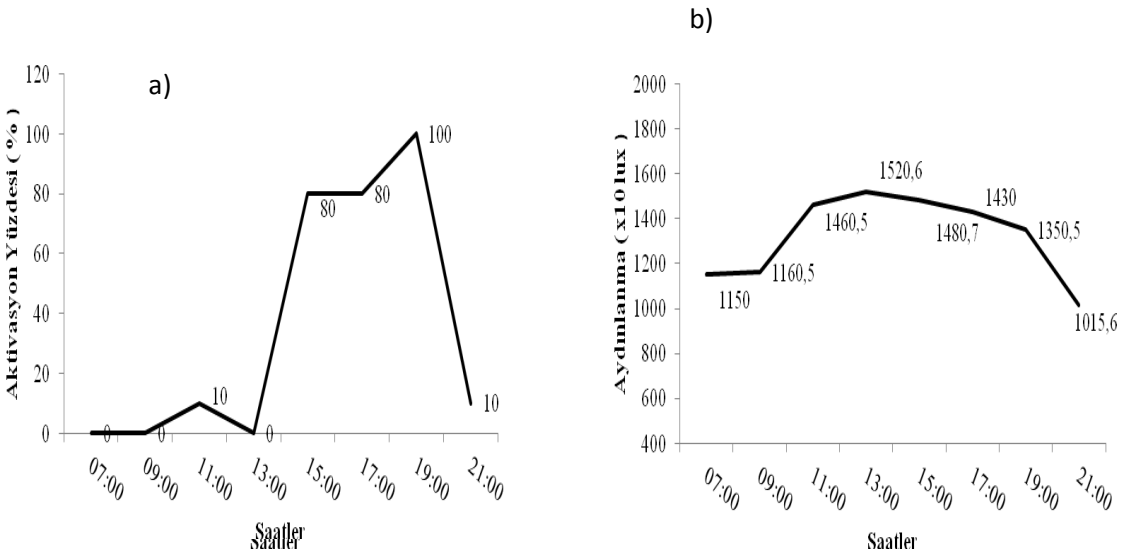
Şekil 4.36. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.114, P= 0.787**).



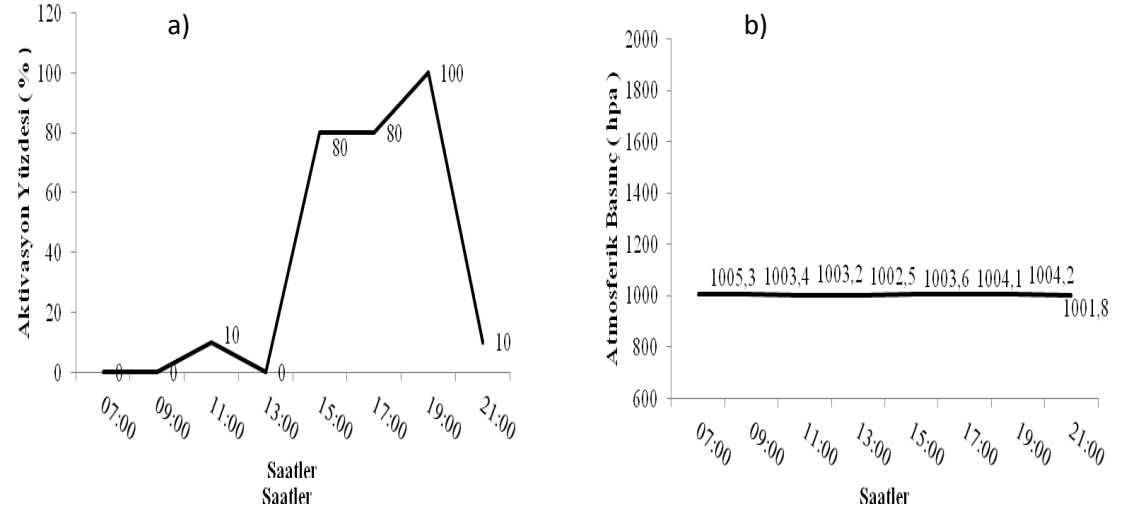
Şekil 4.37. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.146, P= 0.729**).



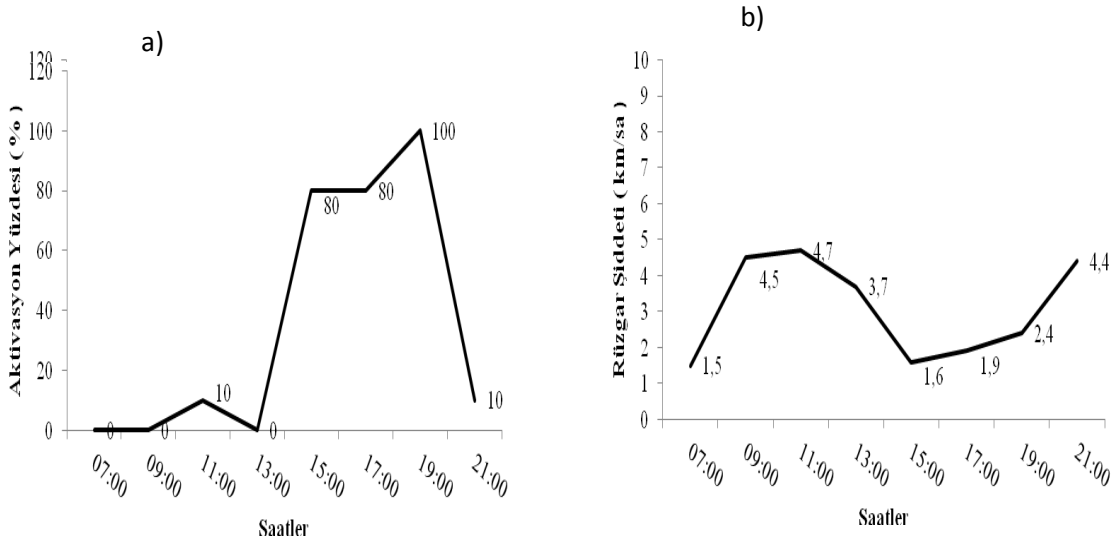
Şekil 4.38. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nem değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.565, P= 0.247**).



Şekil 4.39. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10 lux). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.400, P= 0.326**).

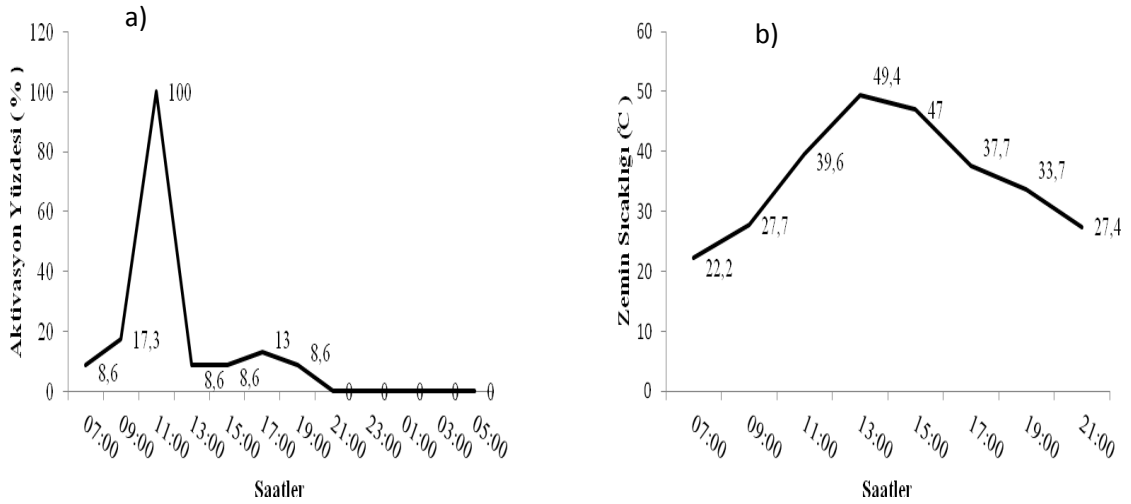


Şekil 4.40. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.314, P= 0.449**).

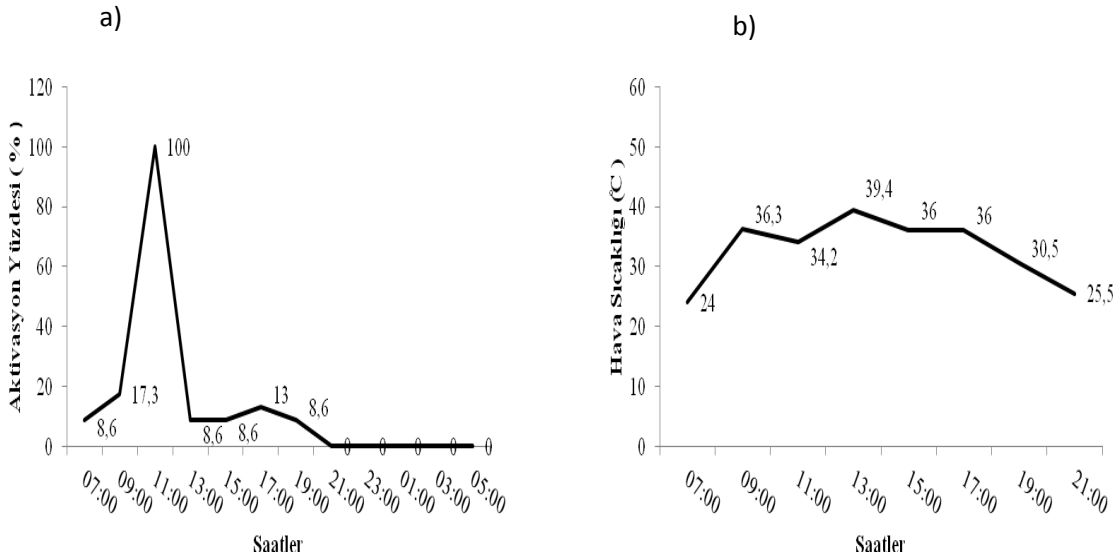


Şekil 4.41. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Mayıs ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *C.aethiops* 'un Mayıs ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.605, P= 0.112**).

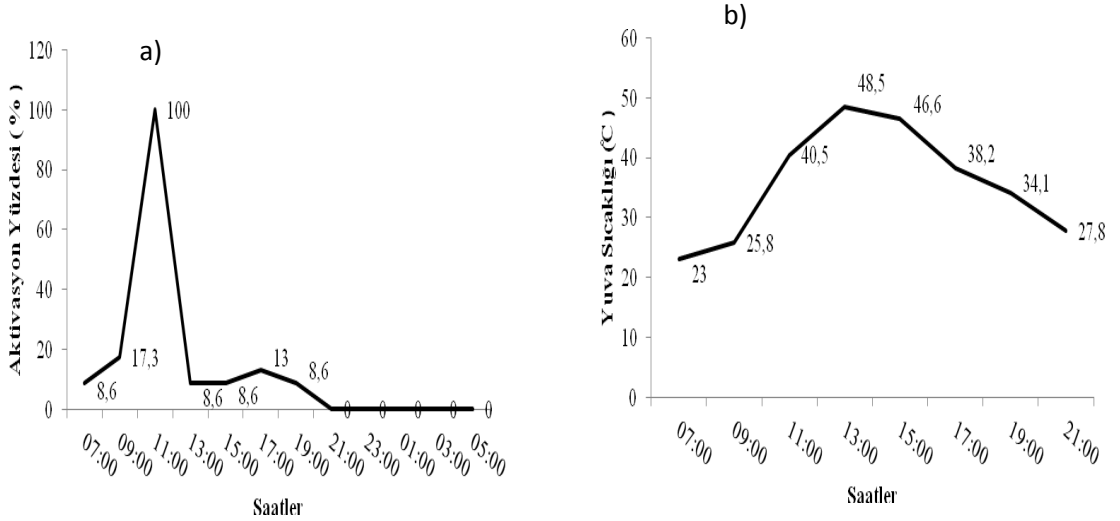
b)*Camponotus aethiops* Haziran Aktivasyon Sonuçları



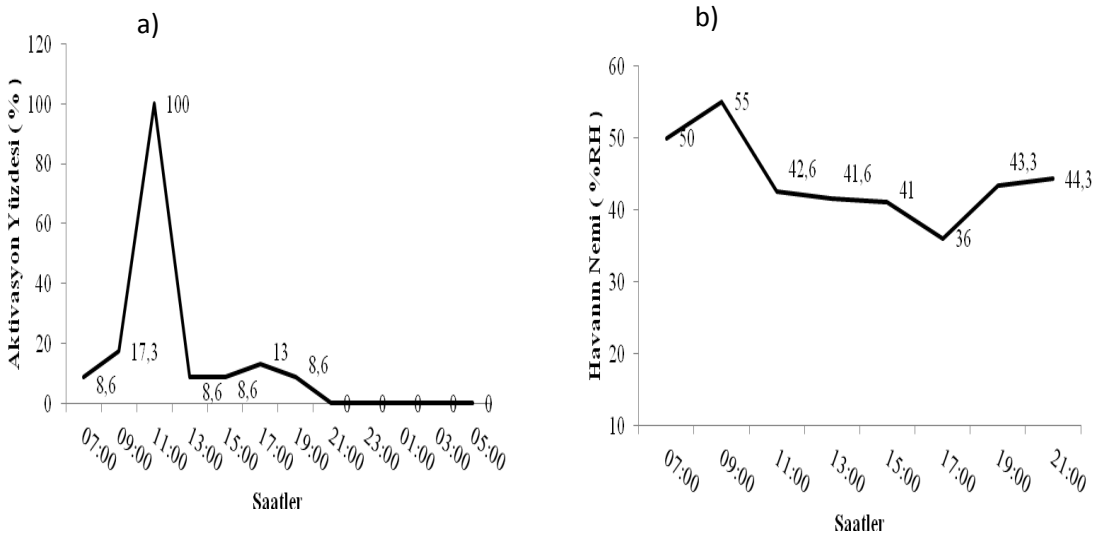
Şekil 4.42. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.140, P= 0.741**).



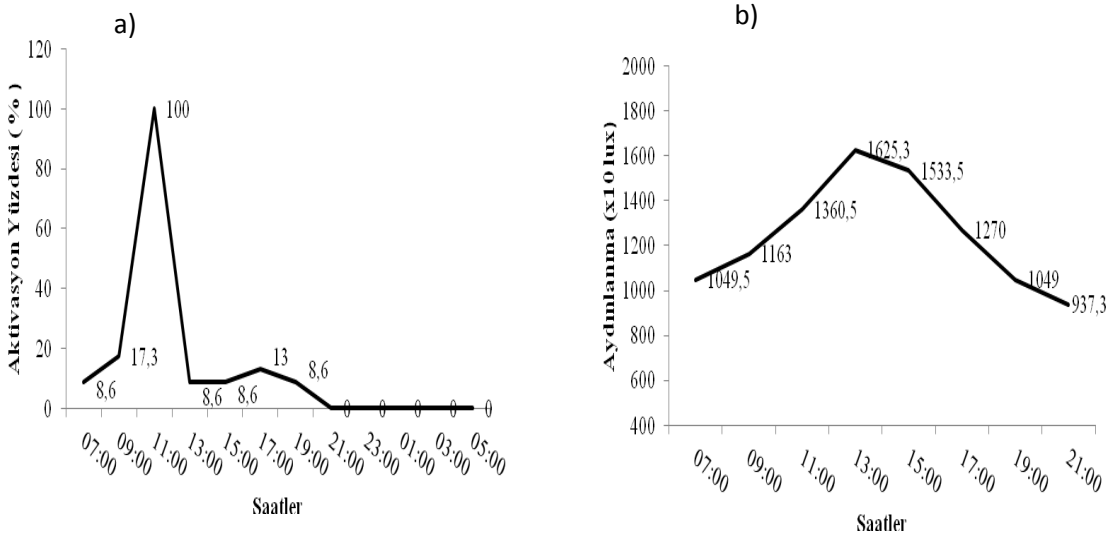
Şekil 4.43. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.138, P= 0.744**).



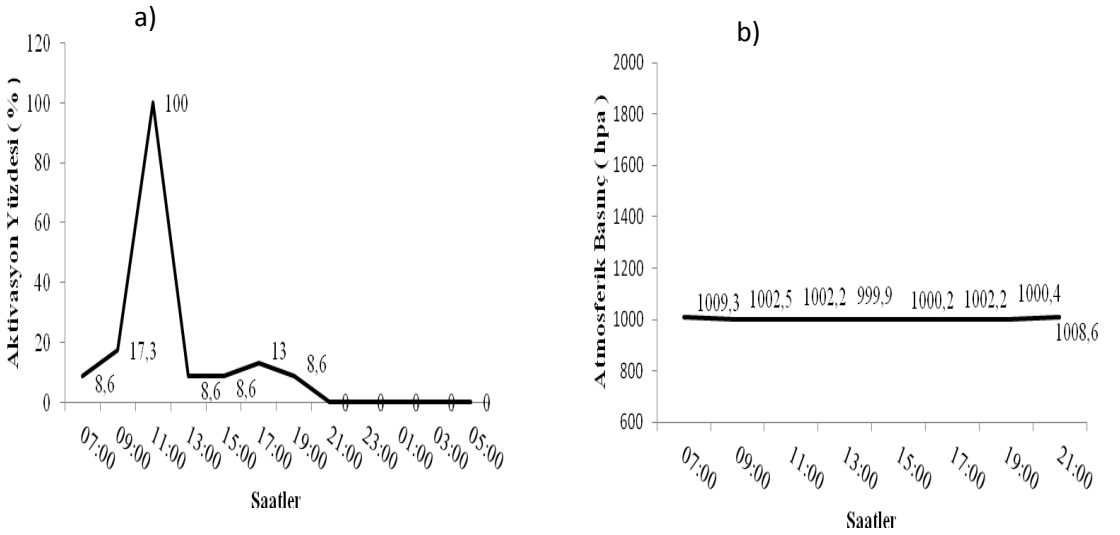
Şekil 4.44. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.176, P= 0.676**).



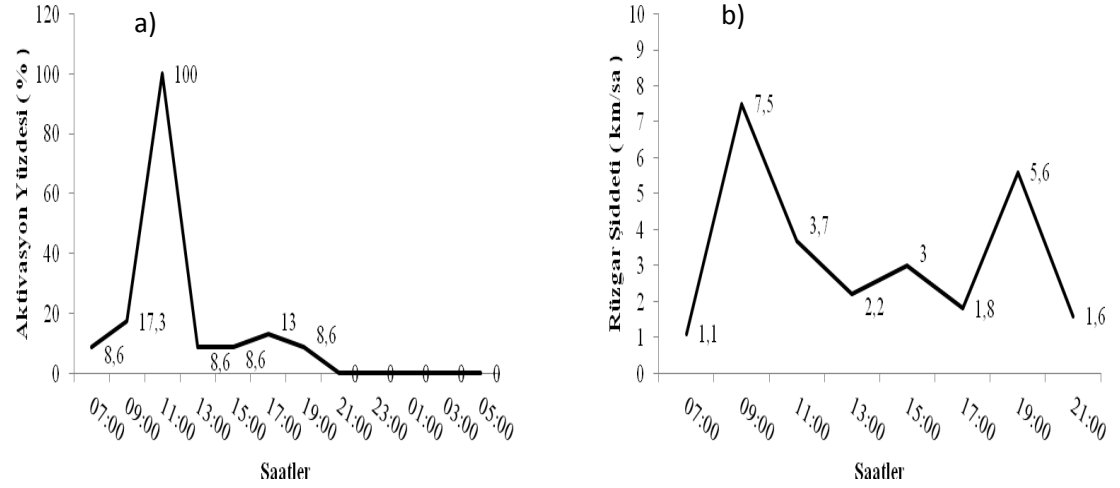
Şekil 4.45. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nemi değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.074, P= 0.862**).



Şekil 4.46. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10 lux). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava aydınlanma şiddeti arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.161, P= 0.704**).

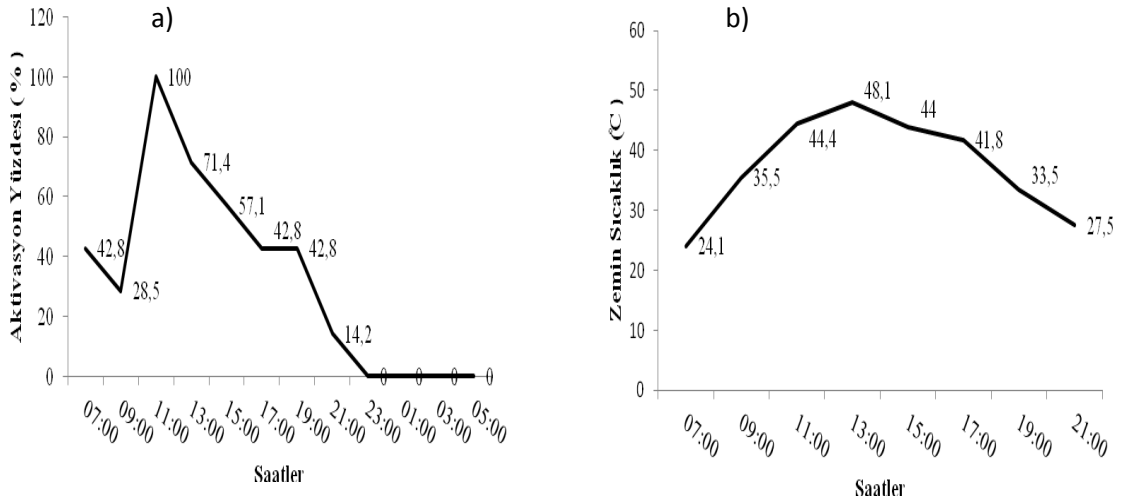


Şekil 4.47. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.134, P= 0.752**).

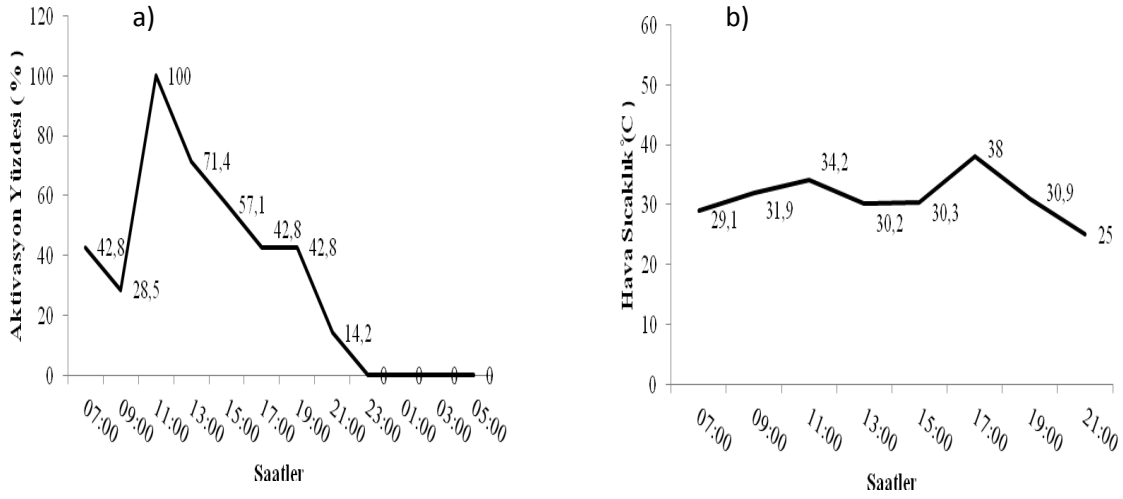


Şekil 4.48. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Haziran ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *C.aethiops* 'un Haziran ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.154, P= 0.717**).

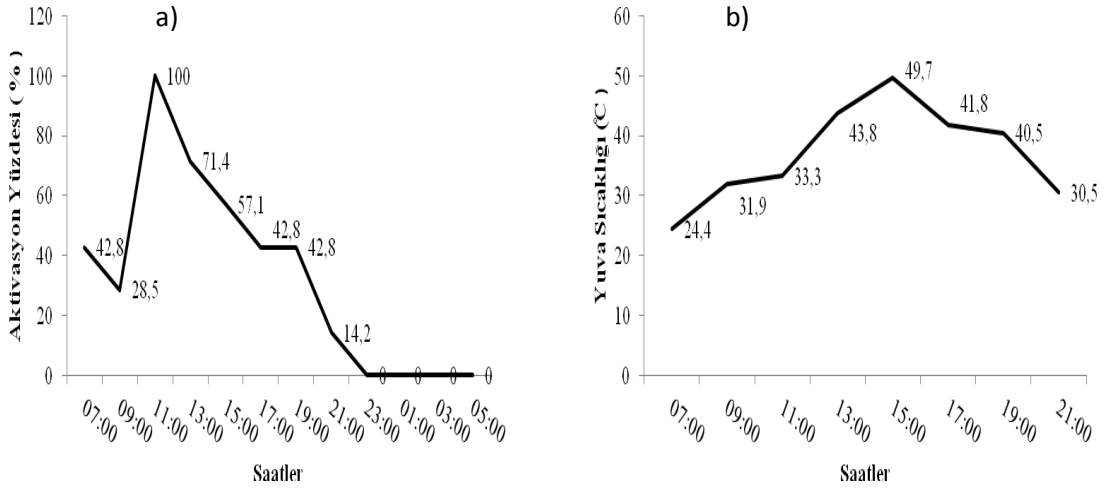
c) *Camponotus aethiops* Temmuz Aktivasyon Sonuçları



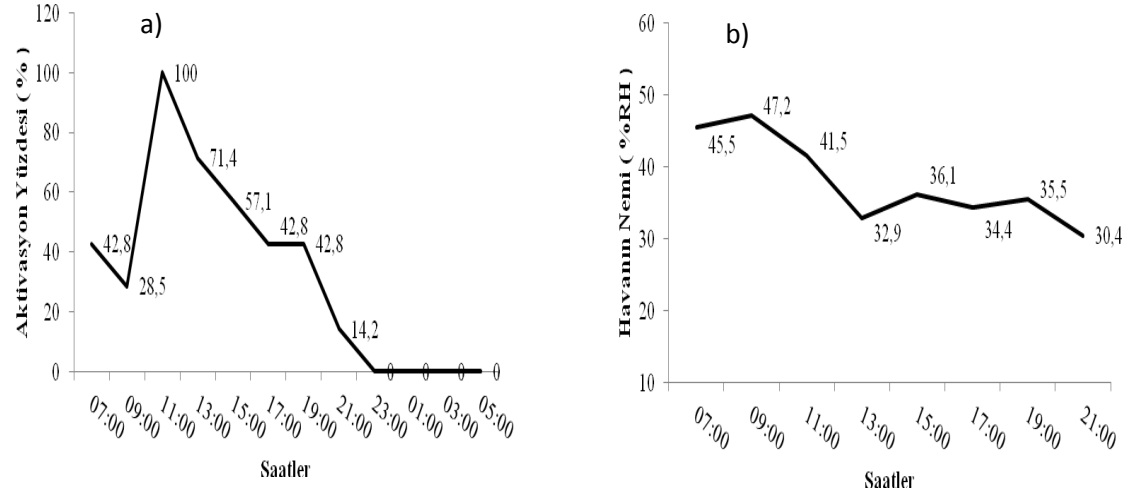
Şekil 4.49. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.697, P= 0.055**).



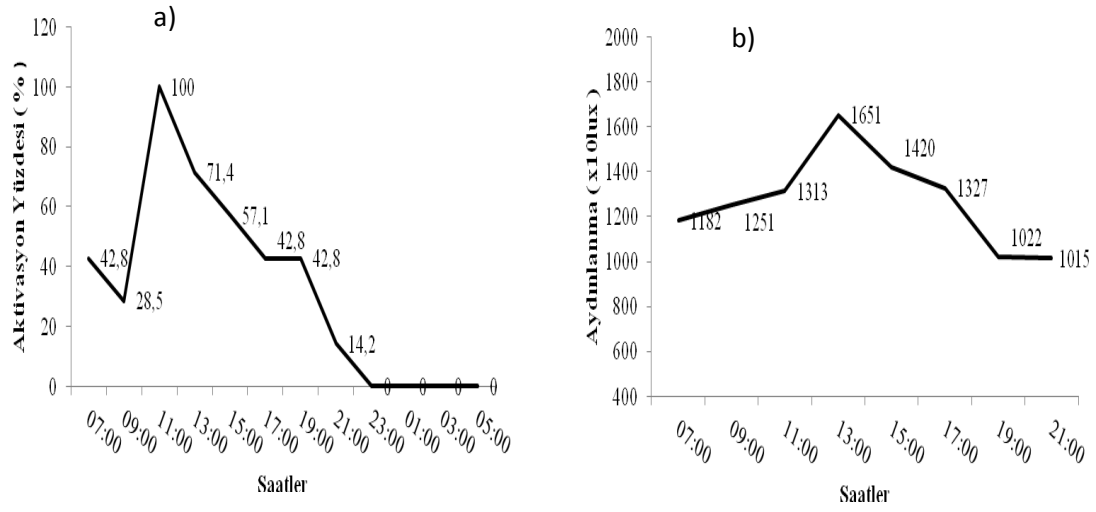
Şekil 4.50. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.424, P= 0.296**).



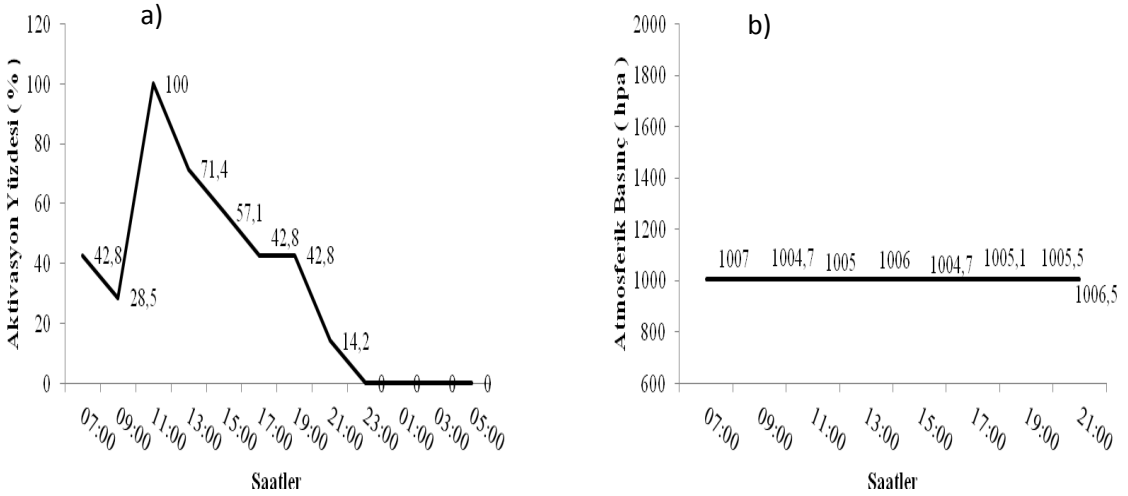
Şekil 4.51. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.275, P= 0.509**).



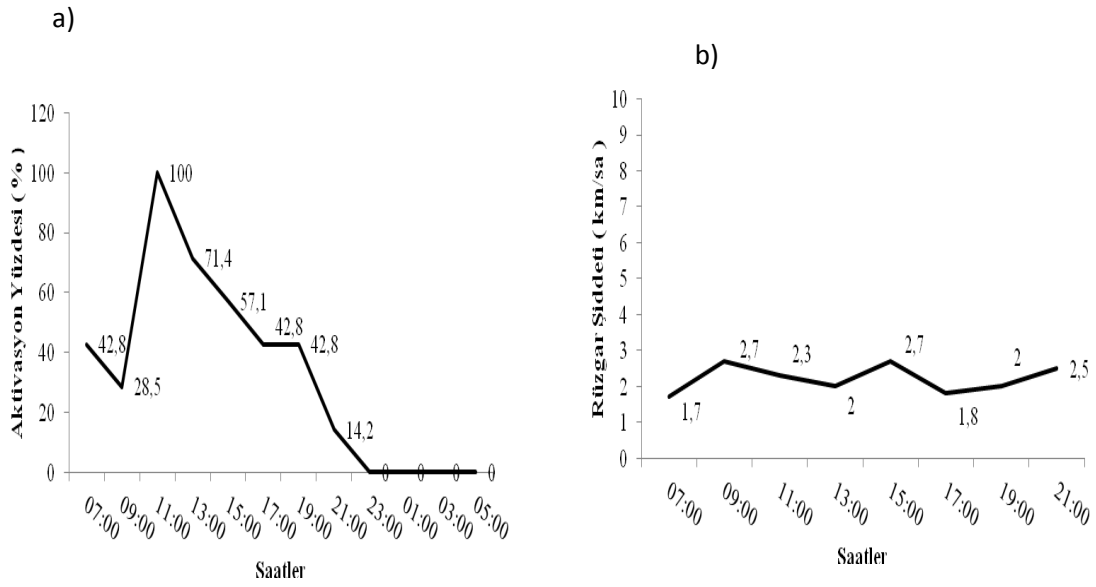
Şekil 4.52. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nemi değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.103, P= 0.808**).



Şekil 4.53. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10lux). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.590, P= 0.124**).

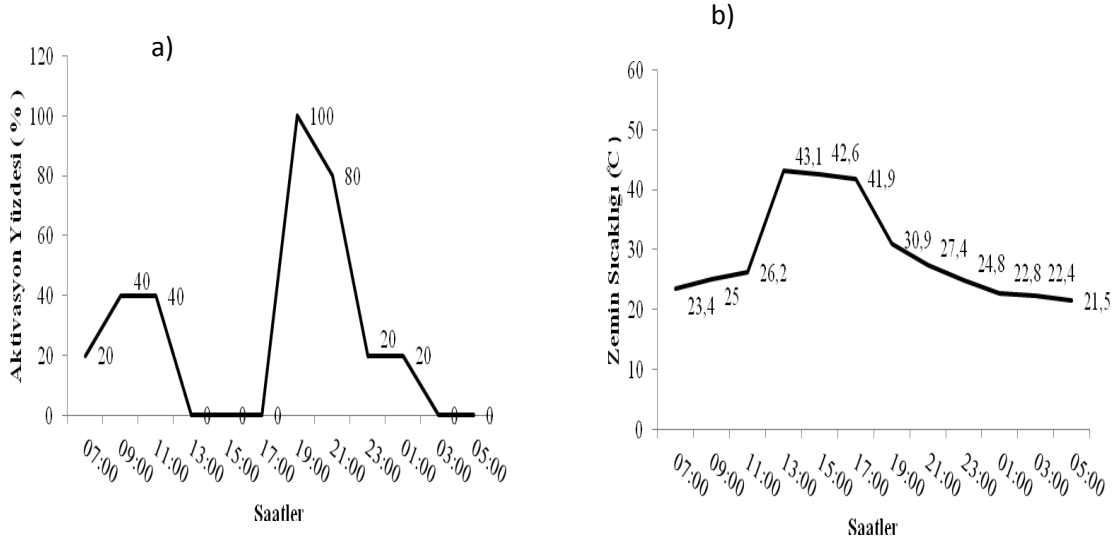


Şekil 4.54. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.292, P= 0.483**).

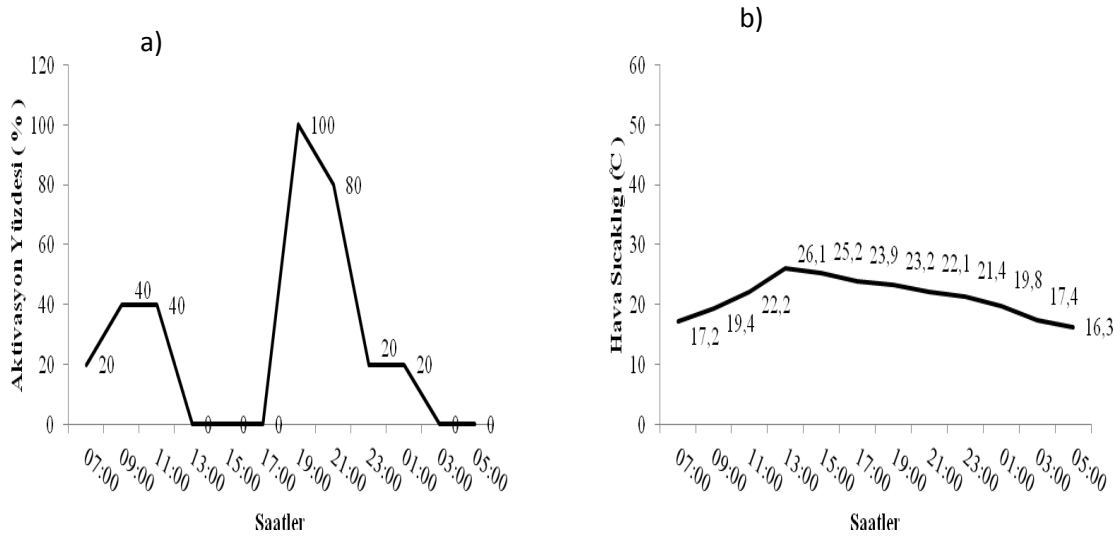


Şekil 4.55. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Temmuz ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *C.aethiops* 'un Temmuz ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 8; r= 0.127, P= 0.764**).

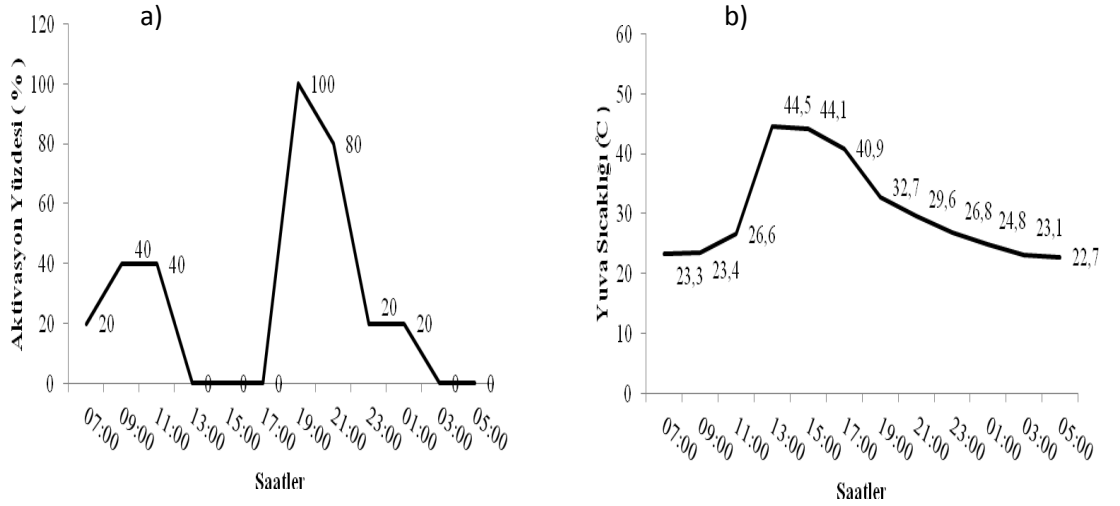
d) *Camponotus aethiops* Ağustos Aktivasyon Sonuçları



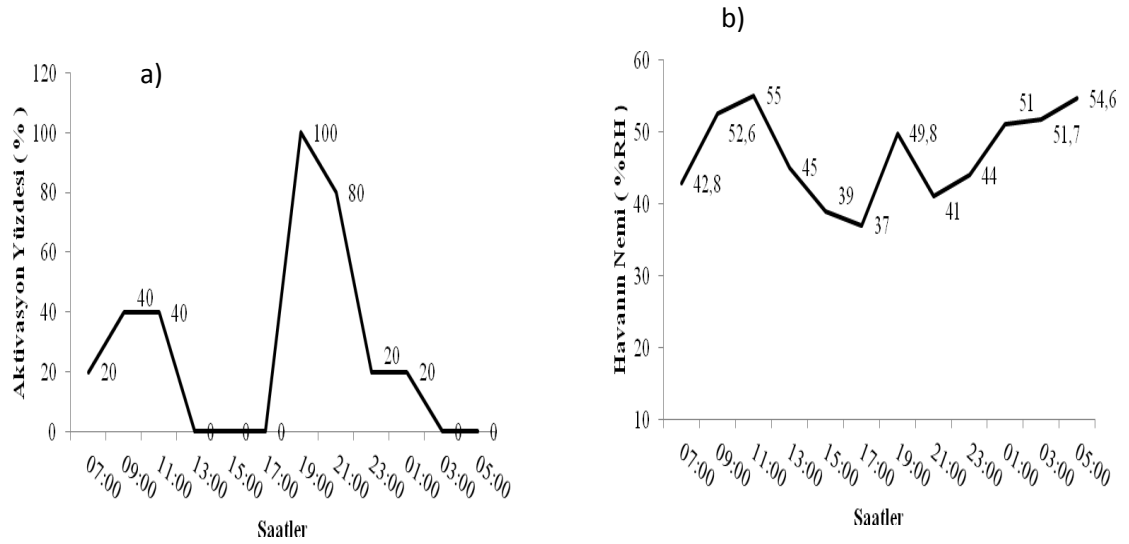
Şekil 4.56. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.208, P= 0.517**).



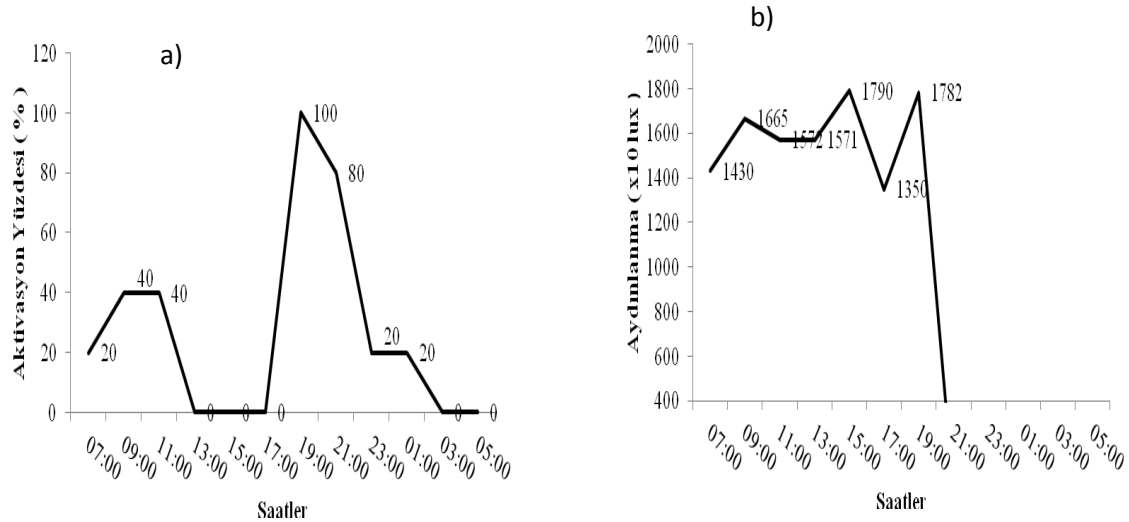
Şekil 4.57. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.120, P= 0.710**).



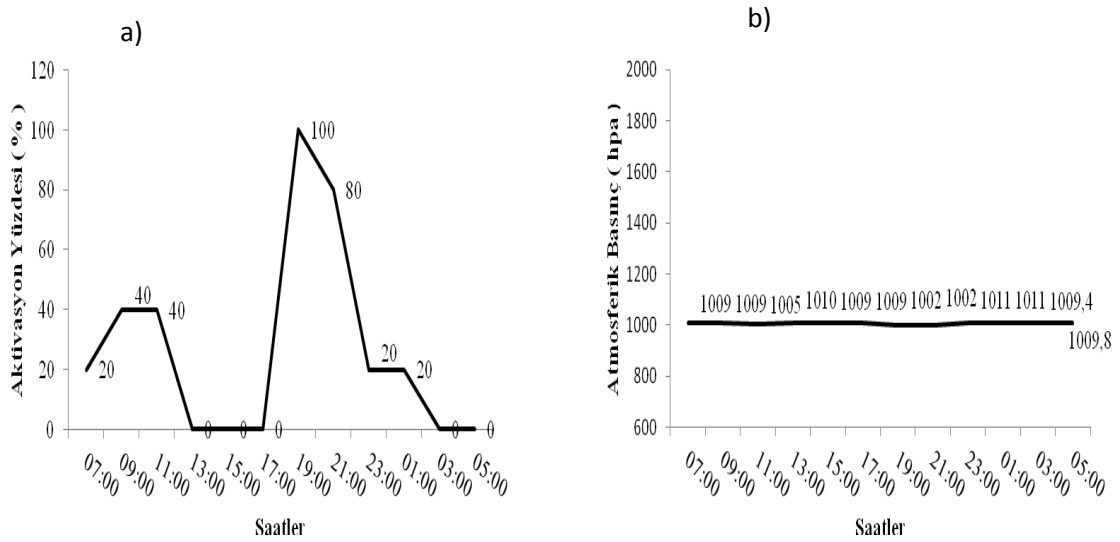
Şekil 4.58. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı iç erisinde ölçülen yuva sıcaklık değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.172, P= 0.592**).



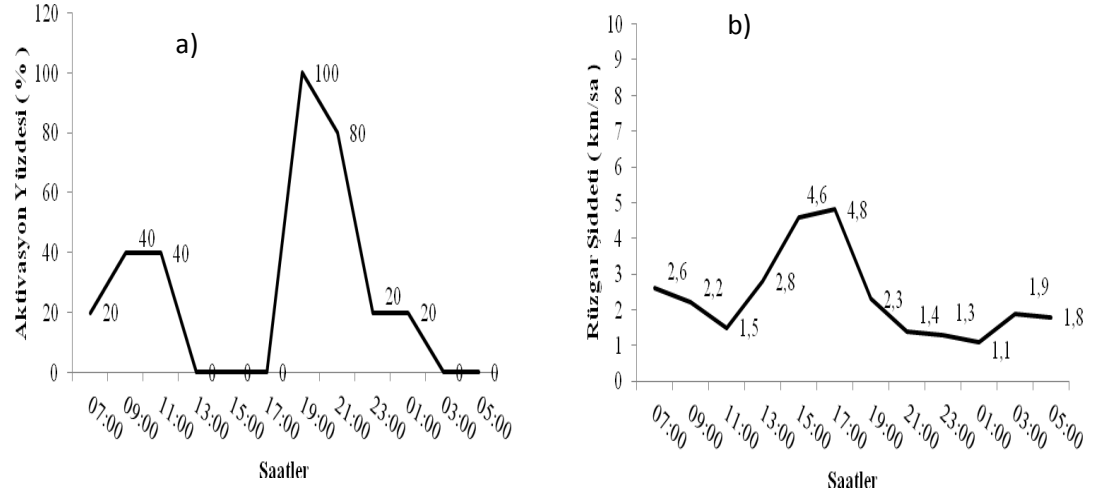
Şekil 4.59. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nemi değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.128, P= 0.692**).



Şekil 4.60. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10 lux). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.117, P= 0.717**).

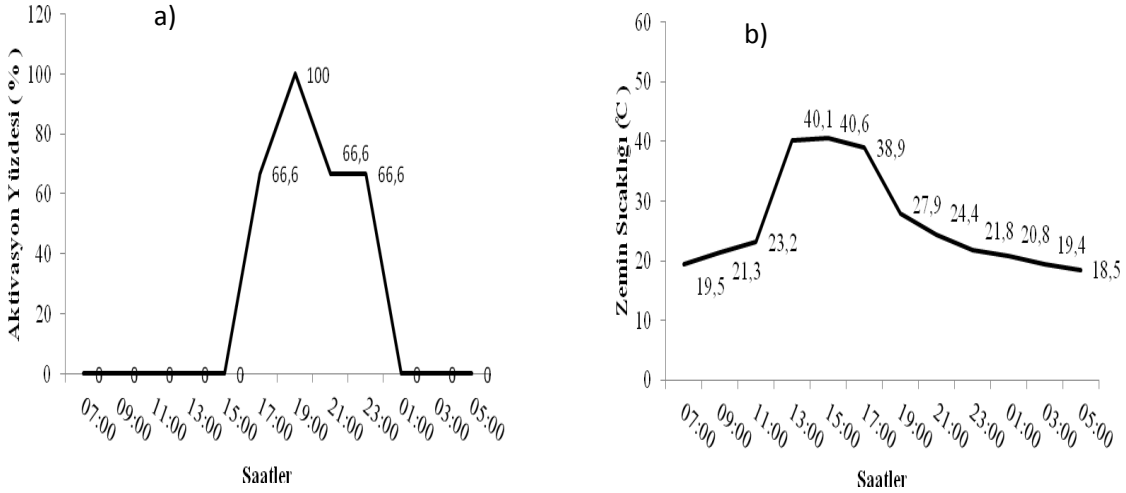


Şekil 4.61. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında güçlü derecede bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.874, P= 0.000**).

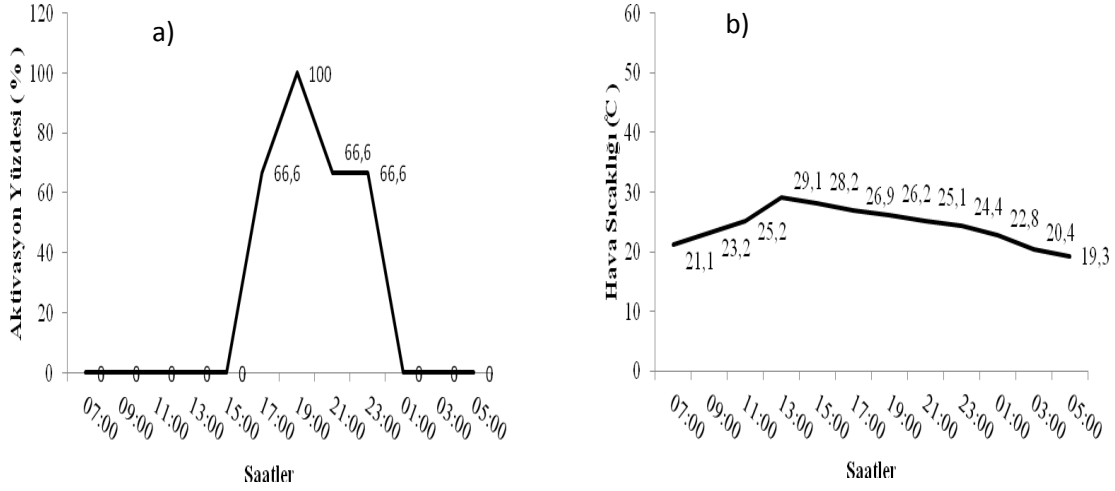


Şekil 4.62. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Ağustos ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *C.aethiops* 'un Ağustos ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.370, P= 0.237**).

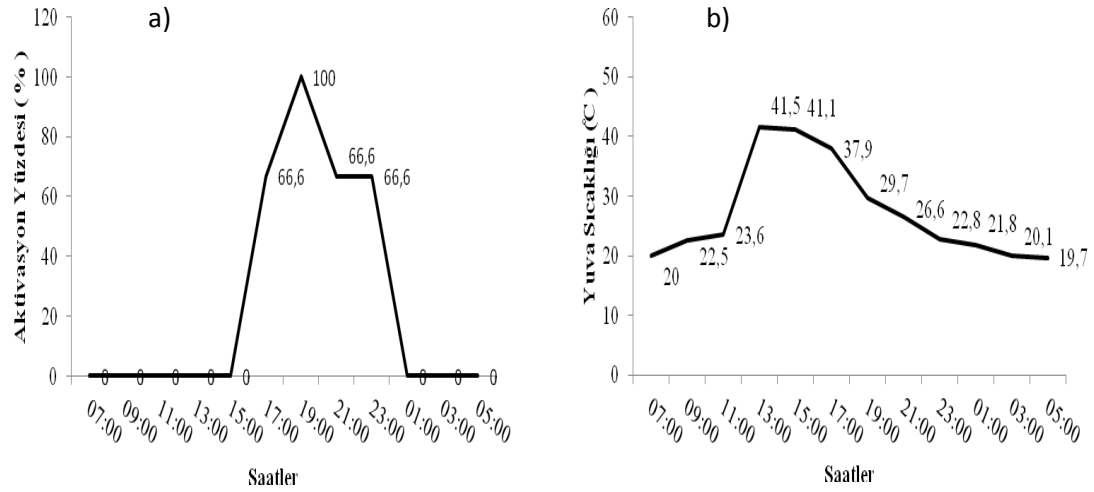
e) *Camponotus aethiops* Eylül Aktivasyon Sonuçları



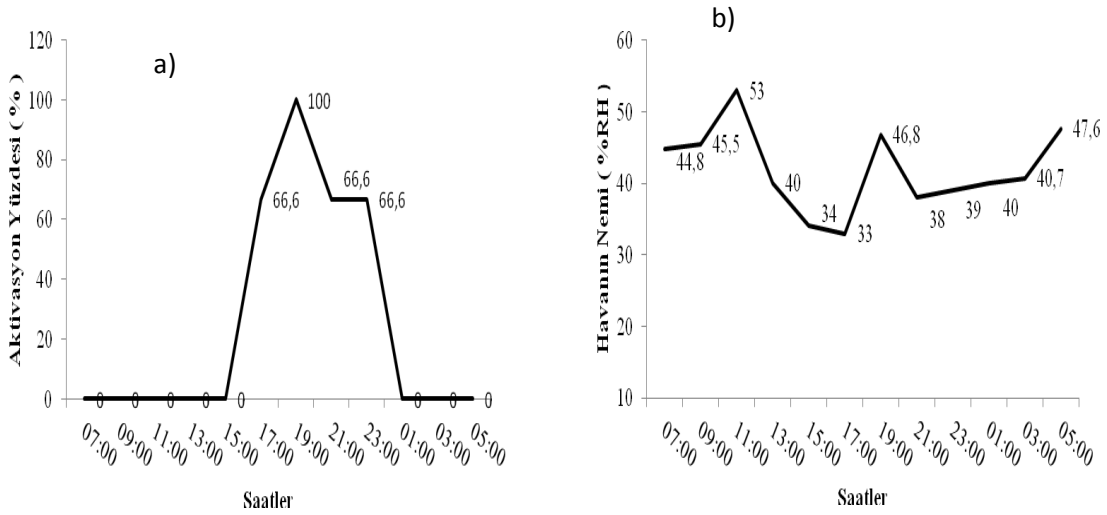
Şekil 4.63. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen zemin sıcaklığı değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait zemin sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.155, P= 0.629**).



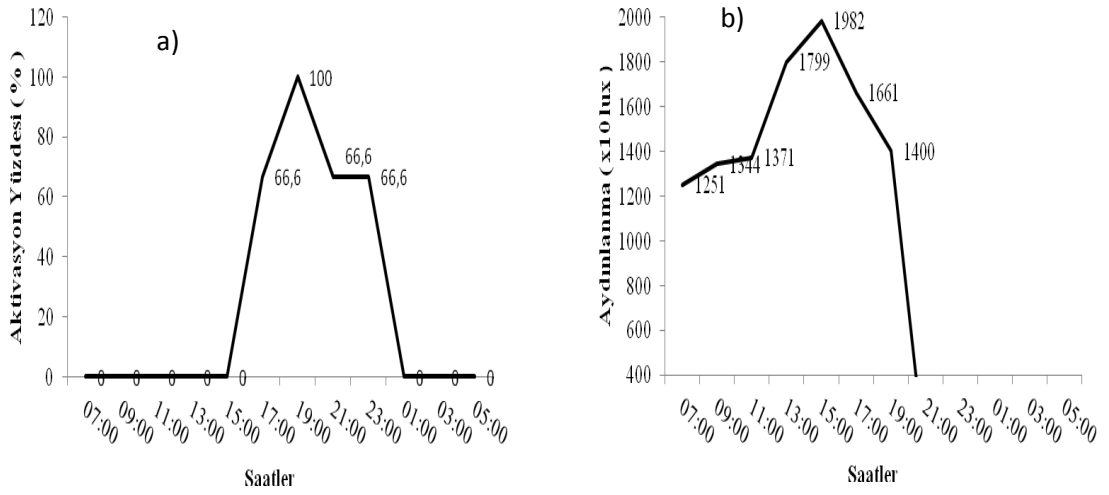
Şekil 4.64. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen hava sıcaklığı değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.324, P= 0.304**).



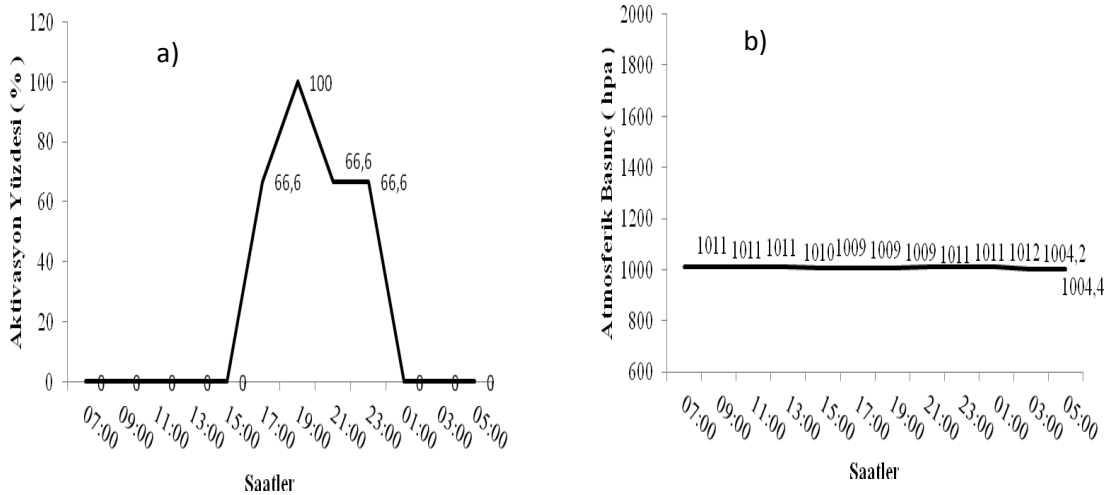
Şekil 4.65. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen yuva sıcaklığı değerleri (°C). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait yuva sıcaklık değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.175, P= 0.586**).



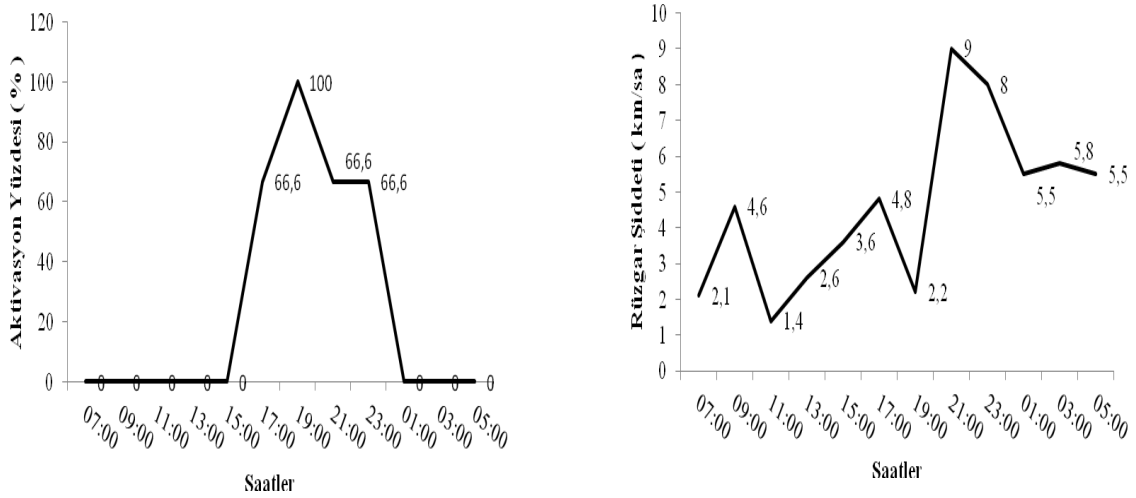
Şekil 4.66. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen havanın nem değerleri (%RH). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait hava nem değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.224, P= 0.484**).



Şekil 4.67. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen aydınlanma şiddeti değerleri (x10 lux). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait aydınlanma şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.057, P= 0.861**).



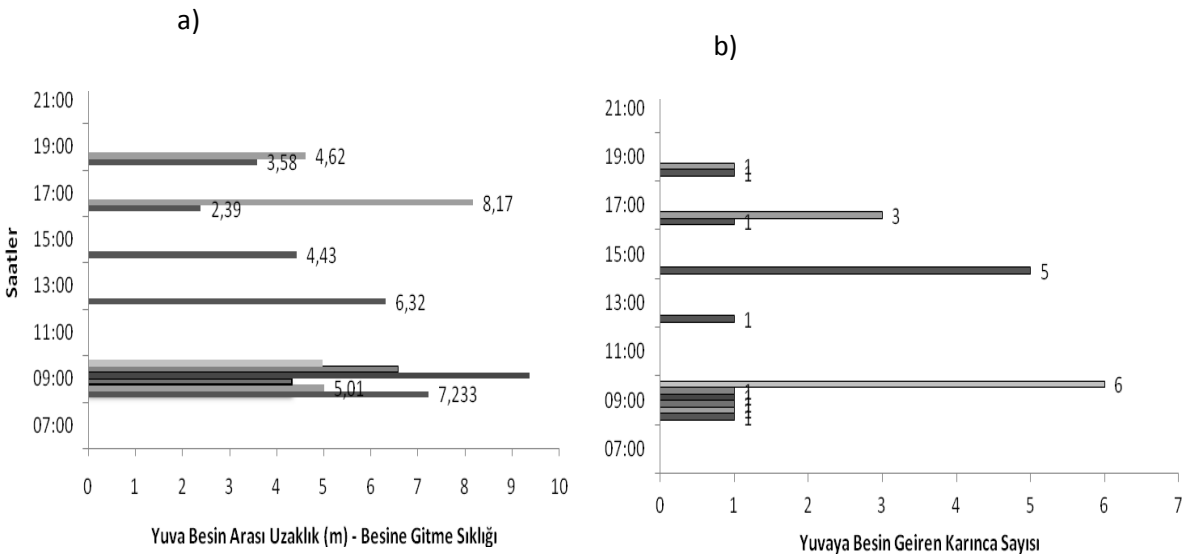
Şekil 4.68. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen atmosferik basınç değerleri (hpa). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait atmosferik basınç değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.142, P= 0.661**).



Şekil 4.69. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde belirlenen günlük aktivasyonları (% cinsinden), b) Eylül ayı içerisinde ölçülen rüzgâr şiddeti değerleri (km/sa). *C.aethiops* 'un Eylül ayındaki aktivasyonu ile bu aya ait rüzgâr şiddeti değerleri arasında bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Pearson's Korelasyon Testi: **N= 12; r= 0.300, P= 0.343**).

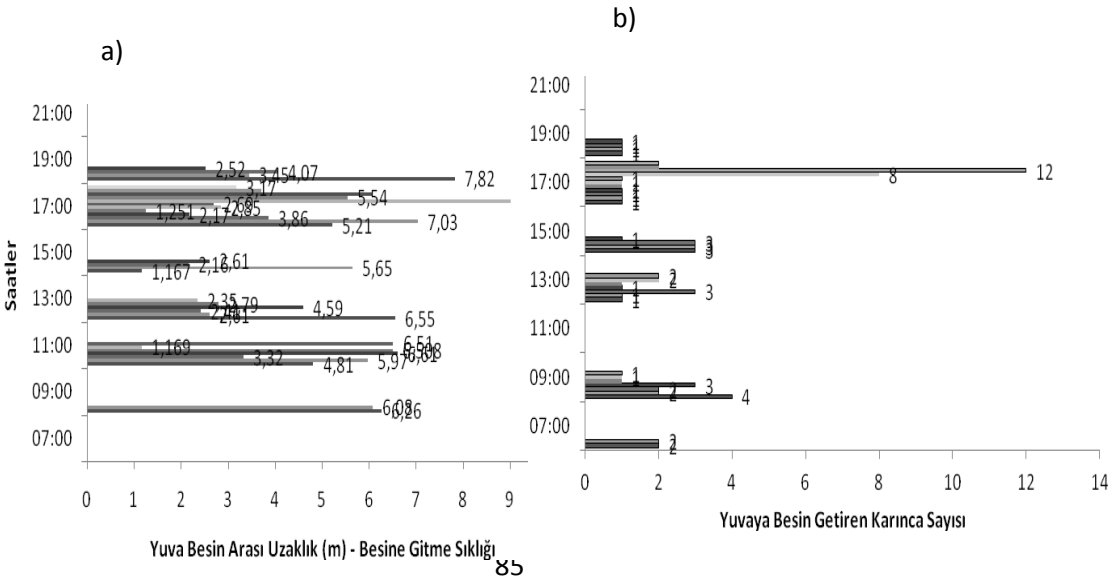
4.3. Formica cunicularia Beslenme Sonuçları

a) *Formica cunicularia* Mayıs Beslenme Sonuçları



Şekil 4.70. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Formica cunicularia* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 09:00 – 13:00 – 15:00 – 17:00 – 19:00 olarak bulunmuştur. Karıncanın yuvadan besine gittiği uzaklık 2.39 m ile 8.17 m arasında değişmektedir. Besini ortalama 2 karınca getirmektedir. Besine gidiş için tercih ettiği optimum Zemin sıcaklık 16.6 °C, optimum hava sıcaklık 20°C, optimum yuva sıcaklık 20.5 °C, optimum hava nemi%56,3 RH, optimum aydınlanma şiddeti 969.7 x 10 lux, optimum atmosferik basınç 1005.1 hpa, optimum rüzgar şiddeti 5 km / sa olarak bulunmuştur.

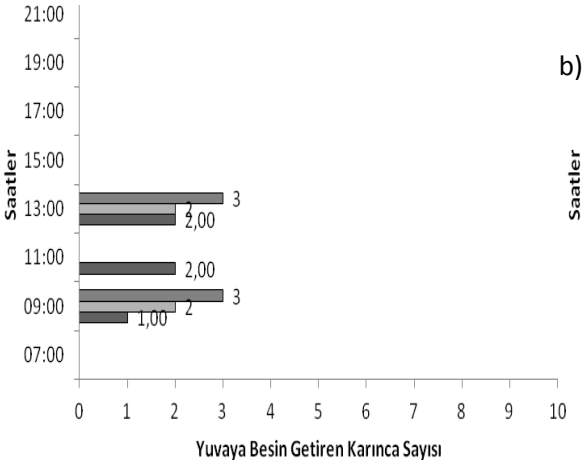
b) *Formica cunicularia* Haziran Beslenme Sonuçları



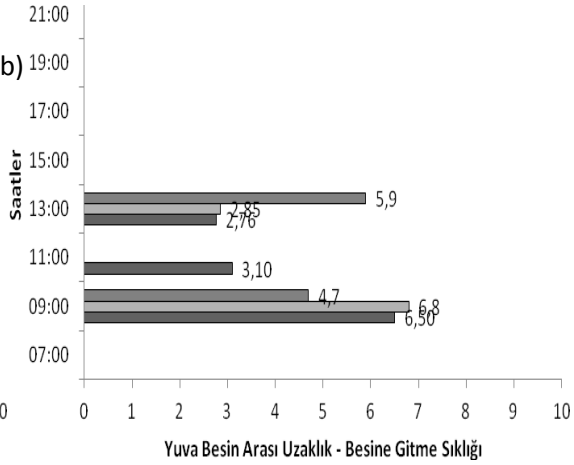
Şekil 4.71. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Haziran ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Formica cunicularia* Haziran işçilerinin besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 09:00 – 11:00 – 13:00 – 15:00 – 17:00 – 19:00 olarak bulunmuştur. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 1.251 m ile 7.82 m olarak değişmektedir. Besini ortalama 2 karınca getirmektedir. Besine gidiş için tercih ettiği optimum Zemin sıcaklık 44.9 °C, optimum hava sıcaklık 22.1 °C, optimum yuva sıcaklık 45.6 °C, optimum hava nemi %40.1 RH, optimum aydınlanma şiddeti 1603.7 x 10 lux, optimum atmosferik basınç 1000.4hpa, optmum rüzgar şiddeti 4.2 km / sa olarak bulunmuştur.

c) *Formica cunicularia* Temmuz Beslenme Sonuçları

a)



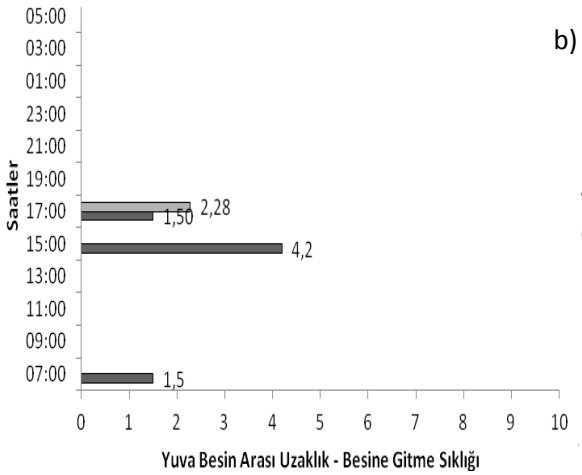
b)



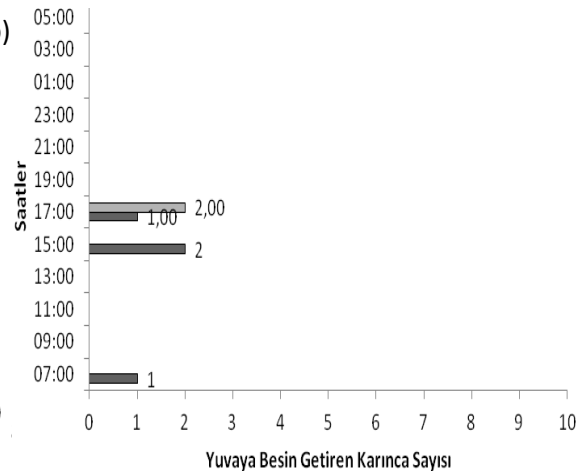
Şekil 4.72. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Formica cunicularia* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı**.** En sık beslenmeye gittiği saatler 09:00 11:00 ve 13:00 olarak bulunmuştur. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 2.76 m ile 6.80 m olarak değişmektedir. Besini ortalama 2 karınca getirmektedir. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 29.6°C, optimum hava sıcaklığı 32.3°C, optimum yuva sıcaklığı 31.4°C, optimum hava nemi % 47.6, optimum aydınlanma şiddeti 1600x 10 lux, optimum rüzgar şiddeti 1.6 km/sa olarak bulunmuştur.

d) *Formica cunicularia* Ağustos Beslenme Sonuçları

a)

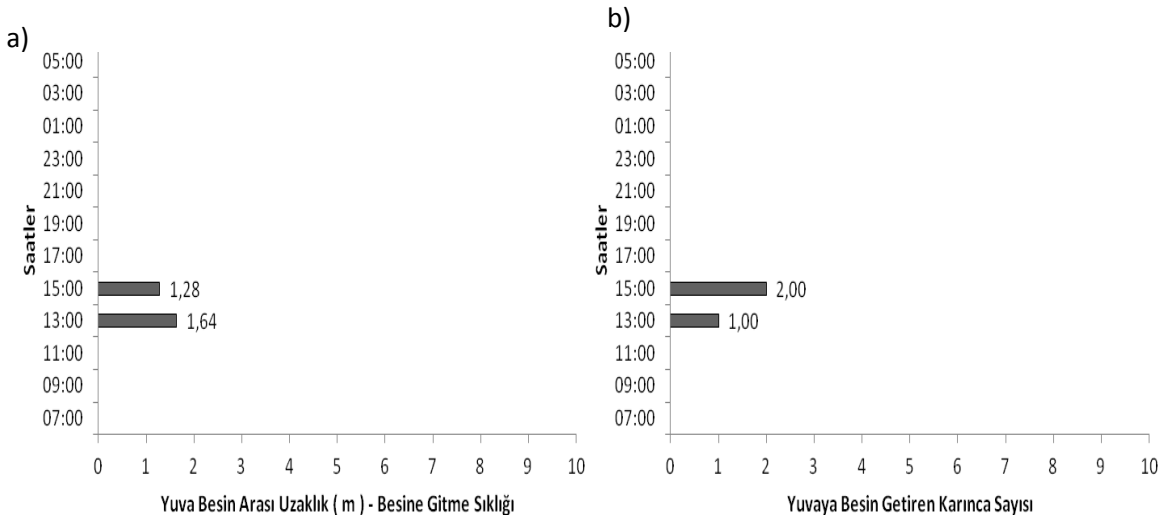


b)



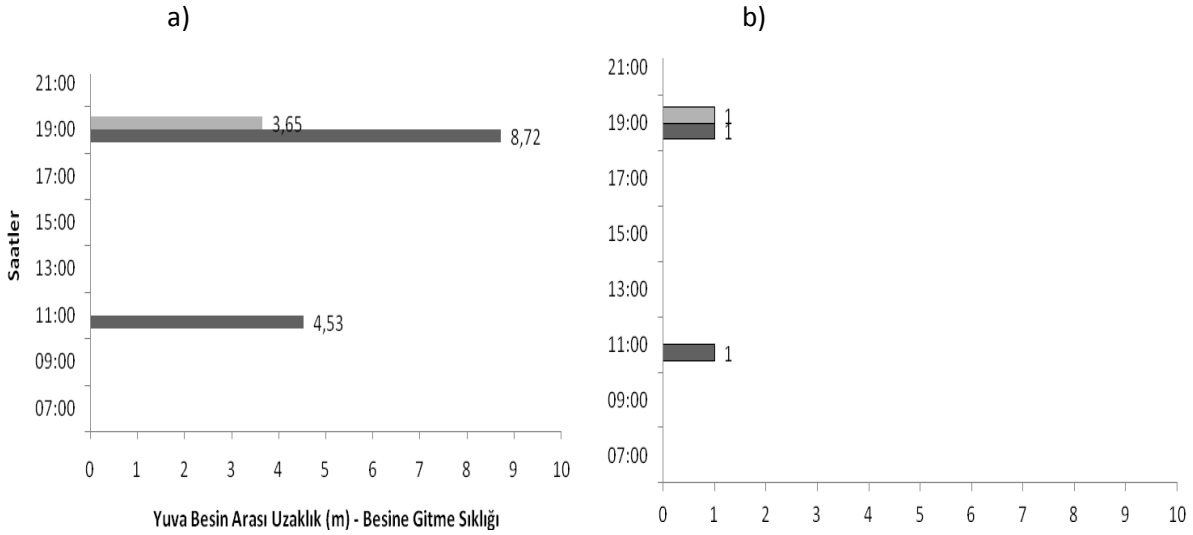
Şekil 4.73. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Formica cunicularia* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı**.** En sık beslenmeye gittiği saatler 07:00 15:00 ve 17:00 oralak bulunmuştur. Karıncaları yuvadan besine gittiği uzaklık 1.50 m ile 4.20 m olarak değişmektedir. Besini yuvaya getiren karınca sayısı ortalama 1 karıncadır. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 50.4°C, optimum hava sıcaklığı 39.5°C, optimum yuva sıcaklığı 47.9°C, optimum hava nemi %31, optimum aydınlanma şiddeti 1293x 10 lux, optimum atmosferik basınç 1003 hpa, optimm rüzgar şiddeti 2.3. km/sa olarak bulunmuştur.

e) Eylül *Formica cunicularia* Beslenme Sonuçları



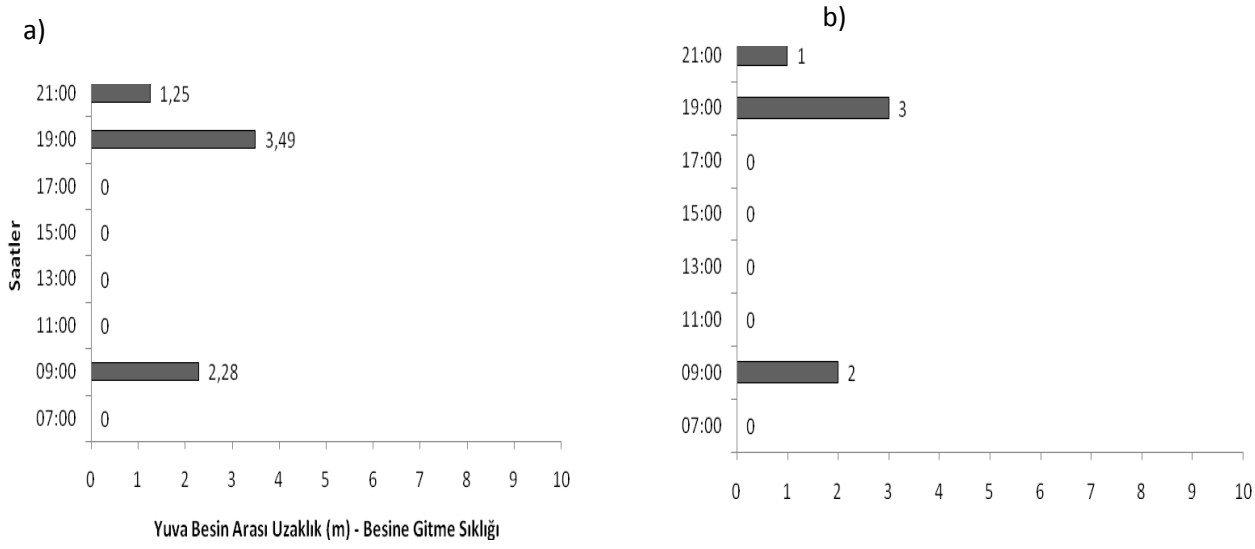
Şekil 4.74. a) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Formica cunicularia* işçilerinin Eylül ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 13:00 ve 15:00 olarak bulunmuştur. Karıncaları yuvadan besine gittiği uzaklık 1.28 m ile 1.64 m olarak değişmektedir. Besini ortalama 1 karınca getimektedir. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 43.3°C, optimum hava sıcaklığı 30°C, optimum yuva sıcaklığı 41°C, optimum hava nemi %50, optimum aydınlanma şiddeti 1689x 10 lux, optimum atmosferik basınç 1004 hpa, optimum rüzgar şiddeti 5.6. km/sa olarak bulunmuştur.

f) *Camponotus aethiops* Mayıs Beslenme Sonuçları



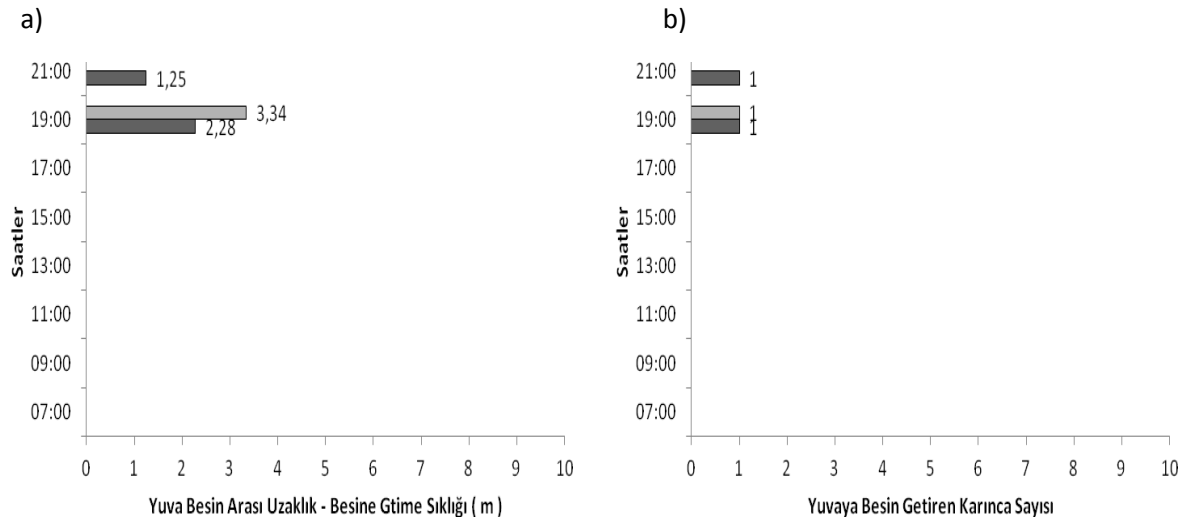
Şekil 4.75. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Camponotus aethiops* işçilerinin Mayıs ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 11:00 ve 19:00 saatleridir. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 3.65 m ile 8.73 m arasında değişmektedir. Besini ortalama 1 major işçi karınca getirmektedir. Besine gidiş için tercih ettiği optimum Zemin sıcaklığı 39.9 °C, optimum hava sıcaklık23.6 °C, optimum yuva sıcaklık 26.4 °C, optimum hava nemi % 43.4, optimum aydınlanma şiddeti 1004.3 x 10 lux, optimum rüzgar şiddeti 2.4 km / sa olarak bulunmuştur.

g) *Camponotus aethiops* Haziran Beslenme Sonuçları



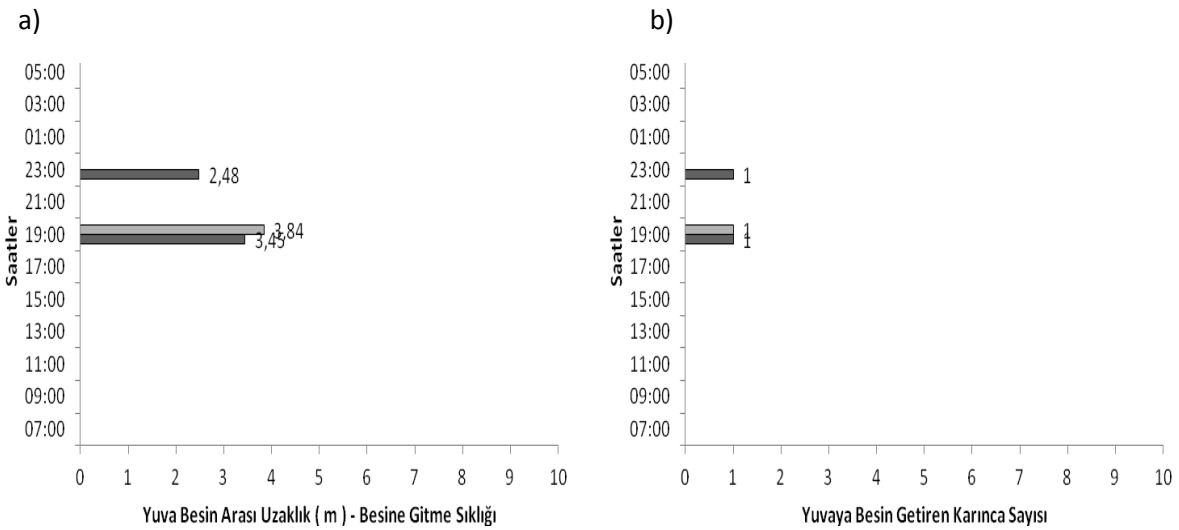
Şekil 4.76. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Haziran ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Campnotus aethiops* işçilerinin Hairan ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 09:00 19:00 ve 21:00 olarak bulunmuştur. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 1.25 m ile 3.49 m arasında değişmektedir. Besini yuvaya getiren karınca sayısı ortalama 3 major işçi karıncadır. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 33.7°C, optimum hava sıcaklığı 30.5°C, optimum yuva sıcaklığı 34.1°C, optimum hava nemi % 43.3, optimum aydınlanma şiddeti 1049 x 10 lux, optimum atmosferik basınç 1000.4 hpa, optimum rügar şiddeti 5.6 km /sa olarak bulunmuştur.

h) *Camponotus aethiops* Temmuz Beslenme Sonuçları



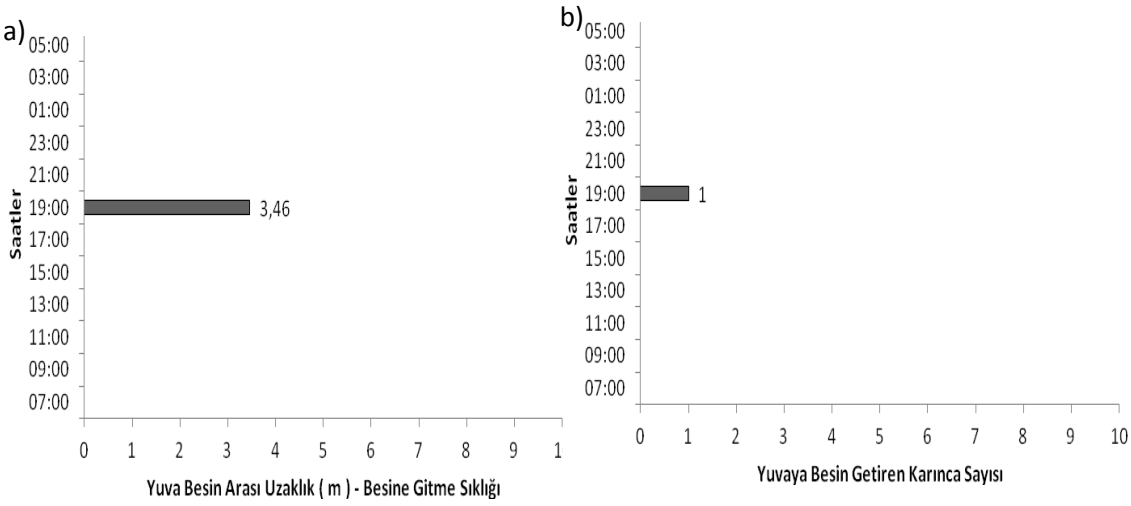
Şekil 4.77. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Campnotus aethiops* işçilerinin Temmuz ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 19:00 ve 21:00 olarak bulunmuştur. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 1.25 m ile 3.34 m arasında değişmektedir. Besini getiren karınca sayısı ortalama 1 major işçi karıncadır. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 33.5°C, optimum hava sıcaklığı 30.9°C, optimum yuva sıcaklığı 40.5°C, optimum hava nemi % 35.5, optimum aydınlanma şiddeti 1022x 10 lux, optimum atmosferik basınç, 1005.5 hpa, optimum rüzgar şiddeti 2 km /sa olarak bulunmuştur.

I) *Camponotus aethiops* Ağustos Beslenme Sonuçları



Şekil 4.78. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Campnotus aethiops* işçilerinin Ağustos ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saatler 19:00 ve 23:00 olarak bulunmuştur. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 2.58 m ile 3.84 m arasında değişmektedir. Besini yuvaya getiren karınca sayısı ortalama 1 major işçi karıncadır. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 30.9°C, optimum hava sıcaklığı 23.3.°C, optimum yuva sıcaklığı 32.7°C, optimum hava nemi % 49.8, optimum aydınlanma şiddeti 1782x 10 lux, optimum rüzgar şiddeti 2.3. km/ sa olarak bulunmuştur.

i) *Camponotus aethiops* Eylül Beslenme Sonuçları



Şekil 4.79. a) *Camponotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde besini bulduğu alanın yuva ile uzaklığı (m) cinsinden, b) *Campnotus aethiops* işçilerinin Eylül ayı içerisinde besini yuvaya getiren ortalama karınca sayısı. En sık beslenmeye gittiği saat 19:00 olarak bulunmuştur. Karıncaların yuvadan besine gittiği uzaklık 3.46 m olarak bulunmuştur. Besini getiren işçi karınca sayısı ortalam 1 major işçi karıncadır. Besine gidiş için tercih ettiği optimum zemin sıcaklığı 24.4°C, optimum hava sıcaklığı 25.1°C, optimum yuva sıcaklığı 26.6°C, optimum hava nemi %38, optimum aydınlanma şiddeti 1400x10 lux ve optimum rüzgar şiddeti 9 km/ sa olarak bulunmuştur.

BÖLÜM 5

5. TARTIŞMA

Günlük aktivasyon ritimleri karınca türleri arasında en ayırt edici karakterlerden bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı karınca türlerinin aktivite ritimleri günün farklı saatlerinde meydana gelir. Çalışmalarımızı kapsayan zaman dilimi içerisinde *Formica cunicularia* türü karıncaların öğlen saatlerinde özellikle saat 13:00 civarında en fazla aktivite gösterdiği bulunmuşken, *Camponotus aethiops* türü karıncaların özellikle sabah erken saatlerde ve akşam üzeri alacakaranlık saatlerinde (sabah saat 10-11, akşam ise saat 19:00 civarında) en fazla aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (*F. cunicularia* için; Şekil 4.1.a, Şekil 4.8.a,Şekil 4.14.a, Şekil 4.21a, Şekil 4.28a; *C. aethiops* için; Şekil 4.35.a, Şekil 4.42.a ve Şekil 4.49.a, Şekil 4.56.a, Şekil 4.63.a). Sonuçlarımız daha önce yapılmış olan çalışmaları [26; 2] destekler nitelikte olup, *F. cunicularia* ve *C. aethiops* türlerinin en fazla aktif olduğu saatler göz önünde bulundurulduğunda *F. cunicularia* türü karıncaların **diurnal**; *C. aethiops* türü karıncaların ise **krepeskular/nokturnal** bir yaşam biçimini benimsediklerini göstermektedir. Diğer yandan, elde ettiğimiz sonuçlar aktivasyon ritminin tür içinde farklı sınıflarda da (major – minor) farklılık gösterdiğine işaret etmektedir. Örneğin, çalışmalarımız sırasında *C. aethiops* türü karıncalarda majör işçiler, nadiren yuvadan dışarı çıkmakta ve sınırlı sayıda görev üstlenmektedir. Minor işçiler ise, major işçilere göre daha aktif olup, besin arama davranışında özelleşme göstermişlerdir. Sonuçlarımız Laffort ve arkadaşlarının (1991) *Camponotus aethiops*'da polimorfizm ve yön bulma davranışlarını araştırırken benzeri gözlem verileriyle uyumluluk göstermektedir [8].

Nokturnal/krepeskular ve diurnal böceklerde aktivasyon ritmini belirleyen temel faktörlerden birisi **aydınlanma şiddeti-ışık yoğunluğudur**. Böcekler arasında yaşam şekillerini ve ekolojilerini yansıtacak şekilde görsel netlik bakımından çeşitli

varyasyonlar vardır [98]. Doğada günün farklı zamanlarında önemli ölçüde değişiklik gösteren aydınlanma şiddeti değerleri, gece ve gündüz koşullarında yakın alanlardaki yuvalarda bulunan karıncalarda görsel çevre içinde dahi değişiklik gösterdiğinden, karıncalar tarafından görsel ipuçlarının belirginliği ve kullanılabilirliğini değiştirmiş, aktivasyonları sırasında yaygınca kullanılmasına olanak vermiştir. Böcekler bu değişiklikle ve bu değişikliğin getirdiği sınırlamalarla baş edebilmek için görsel sistemin duyarlılığını arttıracak ya da azaltacak şekilde farklı yapısal özellikler geliştirmişlerdir [33]. Bu durum, yaşam şekillerinin diurnal veya krepeskular/nokturnal olmasıyla yakından ilişkilidir. Aydınlanma şiddeti-ışık yoğunluğu, gece ve gündüz koşullarında aynı görsel çevre içinde dahi değişiklik gösterdiğinden, canlılar için kromatik bilgilere göre daha fazla görsel bilgi sağlama kapasitesine sahiptir ve böcekler tarafından yaygınca kullanılmaktadır [99]. Aydınlanma şiddeti - ışık yoğunluğuna bağlı olarak böceklerin bileşik gözlerinde farklı ışık yoğunluklarında maksimum başarı sağlanmasına yönelik adaptasyonları içeren farklı anatomik ve optik özellikler ortaya çıkmıştır. Örneğin, görsel oriyentasyonun önemli olduğu diurnal bir böcekte (*Formica cunicularia*) bileşik gözlerin maksimum düzeyde bir görsel netliğe sahip olmaları gerekecektir. Nokturnal böceklerde ise (*C. aethiop*s) gözlerin asıl işlevi ışık yoğunluklarındaki küçük değişimleri dahi algılayabilmektir ki bu da görüşün çok da iyi olamayacağı düşük ışık seviyesi koşullarında ışıktan maksimum düzeyde yararlanmak amacıyla bileşik gözlerdeki optik adaptasyonlar ile sağlanmaktadır. Pek çok böcekte olduğu gibi karıncalar da ışık uyaranına doğru yönelme eğilimindedirler ve bu eğilim uyaranın şiddeti arttıkça daha da kuvvetlenmektedir [100]. Bu bilgiler doğrultusunda *Formica cunicularia*'nın aydınlanma şiddetinin fazla olduğu gündüz saatlerinde besin arama davranışında *C. aethiops*'a göre görsel kapasitesini daha fazla kullandığını, *C.aethiops*'un ise besin bulma sırasında görsel kapasiteden çok diğer yeteneklerini (örneğin, bu bir koku izi takibi olabilir) kullanabilmesi besin kaynağına ulaşma sırasında ön plana çıkmaktadır.

Diurnal bir yaşamı benimsemiş olan *F. cunicularia*'da havanın aydınlanmasıyla birlikte sabahın erken saatleriyle başlayan aktivasyon ritimleri, aydınlanma şiddetinin en yüksek olduğu (güneş ışınlarının en dik geldiği) saatlerde en yüksek değerlere ulaşmıştır. Aydınlanma şiddetinin düşmeye başladığı alacakaranlık ve akşam saatlerinde aktivasyon ritimleri de belirli oranda bir azalma göstermiş ve aydınlanmanın sıfır veya

sıfıra yakın olduğu saat dilimlerinde ise *Formica cunicularia* da aktivasyon gözlenmemiştir (Şekil 4.5., Şekil 4.12., Şekil 4.18., Şekil 4.25., Şekil 4.32). *Formica cunicularia da* aktivasyon ritmi ile aydınlanma şiddeti birbiriyle ilişkilidir ve arasında doğru orantılı bir artış veya azalış bulunmaktadır. Nokturnal/Krepeskular bir yaşam biçimini benimsemiş olan *Camponotus aethiops* 'da ise, genellikle aydınlanma şiddetinin daha düşük olduğu alacakaranlık ve akşam saatlerinde aktivasyon ritminde artış gözlendiği, havanın aydınlanmasıyla birlikte aktivasyon ritimlerinde bir düşüş olduğu ve aydınlanmanın en yüksek değerlerde olduğu öğle saatlerinde aktivasyon ritmi en düşük değerlerde olurken aydınlanma şiddetinin en düşük olduğu akşam saatlerinde ise aktivasyon ritimlerinin en yüksek olduğu gözlenmektedir. *Camponotus aethiops*'un aktivasyon ritmi ile aydınlanma şiddeti birbiriyle ilişkilidir ve arasında ters bir orantı bulunmaktadır diyebiliriz.

Ayrıca, Narendra vd. (2011) farklı aktivasyon ritimlerine sahip, *Myrmecia* cinsine ait 3 farklı tür (*M. croslandi*: diurnal; *M. tarsata*: krepeskular nokturnal, *M. pyrimorfis*: nokturnal) ile gerçekleştirdiği çalışmasında türlerin vücut büyüklüğünün diurnalden nokturnale doğru bir artış gösterdiğini bulmuştur [33]. Çalıştığımız iki türe bakacak olursak, diurnal bir yaşam gösteren *F. cunicularia* işçilerinin nokturnal/krepeskular bir yaşam gösteren *C. aethiops* işçilerine oranla daha küçük vücutlu olduklarını söylememiz doğru olacaktır. Bu durumun diurnal bir yaşamın dezavantajlarından (örneğin, yüksek sıcaklık veya yüksek nem gibi uç değerler gösteren günlerde) vücut yüzeyinin küçük olması ile hayatta kalabilmeleri için en yüksek düzeyde koruma sağlar ve aynı zamanda düşmanlarından korunmayı en fazla oranda arttırır.

Sıcaklık değişimlerinin 3 farklı kategoride incelendiği araştırma kısmında elde ettiğimiz verilere göre **Zemin sıcaklığının** *F. cunicularia* türünde aktivasyon üzerine bir etkisi bulunmamıştır (Şekil 4.1., Şekil 4.8. ve Şekil 4.14). Zemin sıcaklığının *C. aethiops* türünde de aktivasyon üzerine bir etkisi bulunmamıştır (Şekil 4.35., Şekil 4.42., Şekil 4.49., Şekil 4.56. ve Şekil 4.63.). Cerda vd., (1998) de yaptığı çalışmada zemin sıcaklığının *Aphaenogaster senilis, Messor barbarus, Cataglyphis velox, Cataglyphis rosenhaueri* türü karıncalarda beslenmeleri üzerine dolayısıyla aktivasyon ritimleri üzerinde etkili olabileceğini belirtmektedir**.** Bu çalışmada, iki tür çöl karıncaları

gibi zemin sıcaklığına pek bağımlı olmadığından elde edilen sonuçlar normal gözükmektedir. Aylara göre **Hava sıcaklığının** *F. cunicularia* türünde aktivasyon üzerinde kısmen bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Mayıs, Haziran, Temmuz, Eylül ayları içerisinde *F. cunicularia*'nın aktivasyon ritmi üzerine bir etkisi olmamışken (Şekil 4.2., Şekil 4.9., Şekil 4.15. ve Şekil 4.29.) Ağustos ayı içerisinde *F. cunicularia*' nın aktivasyon ritmi üzerine bir etkisi olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.22.). Ağustos ayı içerisinde *F.cunicularia*'nın aktivasyon ritmi ile hava sıcaklığı birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Hava sıcaklığının artmasıyla doğru orantılı artan bir aktivasyon ritmi ve hava sıcaklığının azalmasıyla düşen bir aktivasyon ritmi söz konusudur. Aylara göre hava sıcaklığı farklılığının *C. aethiops* da aktivasyon üzerinde bir etkisi bulunmamıştır (Şekil 4.36., Şekil 4.43., Şekil 4.50., Şekil 4.57. ve Şekil 4.64.). Karıncalar soğukkanlı canlılar oldukları için uzun dönem sıcaklık değişimlerinden etkilenirler (kışın kış uykusuna yatması ve aktivite göstermemesi, bahar aylarında başlayan aktivite ritimlerinin yaz aylarında en yüksek düzeyde olması gibi). Fakat, aktivasyon ritimlerinin yüksek olduğu sınırlı yaz aylarını ele aldığımızda sıcaklık değişimlerinin karıncaların aktivasyon ritimleri üzerinde çok da bir etkisi olduğunu söyleyemeyiz. Bu durum 2 nedene bağlanabilir; 1-) Yaz aylarında sıcaklık değişimlerinin çok fazla olmaması ortalama birbirine yakın değerlerde seyretmesi, 2-)Yaz aylarındaki aktivasyon ritimlerini etkileyen başka abiyotik faktörün ön plana geçmesi gibi (örneğin, aydınlanma şiddeti). **Yuva sıcaklığının** *F. cunicularia* türünde aktivasyon üzerinde kısmen bir etkisinin olduğu gözlenmiştir. Haziran, Temmuz ayları içerisinde *F. cunicularia*'nın aktivasyon ritmi üzerine bir etkisi olmamışken (Şekil 4.10 ve Şekil 4.16.) Mayıs, Ağustos aylarında aktivasyon ritmi üzerine bir etkisinin olduğu bulunmuştur (Şekil 4.3.,Şekil 4.23 ve Şekil 4.30). Mayıs ve Ağustos ayları içerisinde *F.cunicularia*'nın aktivasyon ritmi ile yuva sıcaklığı birbiriyle ilişkilendirilmiştir. *Camponotus aethiops'* ta aktivasyon üzerinde bir etkisi bulunmamıştır (Şekil 4.37., Şekil 4.44., Şekil 4.51., Şekil 4.58. ve Şekil 4.65.). Yuva sıcaklığının yükselmesiyle birlikte *F. cunicularia* işçilerinin yuva deliklerini genişlettiği veya yeni yuva delikleri açtığı da çalışmalarımız sırasında gözlenen davranışlar içerisinde yer almaktadır. Bu durumun yuva içi sıcaklığı ayarlamaya yönelik bir davranış olduğu ve yuva havalandırılmasını sağlayarak tekrar yaşamları için optimum sıcaklığı ayarlamaya çalışmak için yapabilecekleri yorumu doğru olacaktır. Aynı zamanda yuva içi artan

sıcaklıktan dolayı larvaların kurumasını önlemek amaçlı larvaları yuva dışına çıkararak nemli kalmalarını sağlamaları da çalışmalarımız sırasında kaydedilen davranışlardan biri olmuştur. Sonuçlarımızdan *C.aethiops* krepeskular olduğu için hava ve yuva içi sıcaklıktan pek etkilenmezken *F. cunicularia*'nın diurnal bir yaşama sahip olmasından dolayı biraz etkilendiğini görmek verilerimizin sağlıklı olduğunu gösterir. Genel olarak abiyotik faktörlerin aktivasyon ritimleri üzerine etki dereceleri; **aydınlanma şiddeti> yuva sıcaklığı> hava sıcaklığı**dır. Zemin sıcaklığı, hava nemi, atmosferik basınç, rüzgâr şiddeti aktivasyon ritimleri üzerinde etkili olmamıştır.

Organizmaların dağılımlarını etkileyen abiyotik faktörlere karşı kritik tolerans limitleri vardır. Organizmalar bulundukları ortama, bir yandan oradaki fiziksel çevre faktörlerine tolerans göstererek adapte olurken, bir yandan da belirli aralıklarla tekrarlanan doğal süreçlere uyum sağlarlar. Yaşadıkları optimal ortamlarının genişliği ve ortamda bulunan kritik limitler arasındaki aralık canlıların fizyolojik adaptasyonlarına bağlı olarak değişir. Kritik limitler tür dağılımlarını, toplum yapısını, koloni performansını, çevresel değişikliklere nasıl yanıt oluşturulacağını etkiler. Her nüfus abiotik faktörlerin optimal aralığında büyür. Karıncaların günün farklı saatlerinde ve yıl boyunca yılın farklı zamanlarında değişik sıcaklıklara kendilerini tolere etme yetenekleri vardır. Bu sıcaklık değişimlerine karşı tolerasyon (hoşgörü) gösterirler. Fakat bazı eşik değeri üstündeki sıcaklıklarda ''termal strese'' girerler. Tüm bu bilgiler doğrultusunda, sıcaklığa karşı tolere sınırı yüksek olan türler genellikle diurnal bir yaşam tarzı gösterirken, sıcaklığa karşı tolere sınırı düşük olan türler krepeskular - nokturnal bir yaşam tarzı gösterir. Çünkü gündüz koşullarında sıcaklık değerleri yükselirken akşam ve gece saatlerinde sıcaklık değerlerinde düşüş olur. Bu da gündüz koşullarında yaşayan türlerin bu yüksek sıcaklık değerlerinde de yaşayabilmesi için tolerasyon sınırlarını yüksek tutmasından geçer. Abiyotik faktörlerden aydınlanma şiddeti ve sıcaklığa karşı işçilerin gösterdikleri tolerasyon karşılaştırmasında (daha yüksek değerlerde daha fazla aktivasyon gösterebilmesi) *F. cunicularia Camponotus aethiops'* tan daha fazla hoşgörü göstermiştir diyebiliriz. Genel olarak; abiyotik faktörlere karşı *F. cunicularia C. aethiops*' dan daha yüksek tolerasyon sınırlarına sahiptir denilebilir. Bu durum *F.cunicularia* türünün *C.aethiops* türüne göre daha geniş yayılma alanı bulabilmesi ve doğada daha çok rastlanır tür halini almasında etkilidir. Aynı zamanda, *Formica cunicularia* türünün diurnal bir yaşam biçimini benimsemiş

olmasıyla yakından ilişkilidir. Örneğin, *Linemithema humil* (Arjantin karıncası) yazın yüksek sıcaklıklarda ve kurak aylarda daha fazla aktiflik gösterirken, (sıcaklığa tolerasyonu yüksek) bu zamanlarda avlanmalarını en yüksek düzeyde geçekleştirmişlerdir [102]. *Tapinoma sesil* (Hymenoptera: Formicidae) türü karıncalar ise daha ılıman sıcaklık değerlerinde aktif olduğu bulunmuştur [103]. *Temnothorax nevadensis, Cataglyphis velox, C. rosenhaueri,* türü karıncaların ise termofilik olduğu ve yüksek sıcaklıklarda aktiflik gösterdiği belirlenmiştir [101]. Yine çalışmalarda bazı karınca türlerinin aktif olduğu en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri verilmiştir ve bu değerlerin altındaki veya üstündeki sıcaklık değerleri karıncaların yaşamları için **risk faktörü** olarak değerlendirilmiştir. Çalışmalarımız sonucunda, *F. cunicularia*' nın tanımlanan sıcaklık risk limitleri 17°C-28°C olurken; *C. aethiops*'un sıcaklık risk limitleri 16°C-25°C olmuştur. Bu sıcaklıklar dışındaki değerler risk faktörü olmasına rağmen üstündeki ve altındaki sıcaklıklarda karıncaların aktivasyon gösterebildiği bulunmuştur.

Çalışılan diğer abiyotik faktörlerden, **havanın nem değerleri** *F. cunicularia*' nın aktivasyon ritmi için (Şekil 4.4., Şekil 4.11, Şekil 4.17., Şekil 4.24., Şekil 4.31.), *C. aethiops*' un aktivasyon ritmi için (Şekil 4.38, Şekil 4.45., Şekil 4.52, Şekil 4.59., Şekil 4.66.) **atmosferik basınç** *Formica cunicularia*' nın aktivasyon ritmi için (Şekil 4.6., Şekil 4.19.), *C. aehiops*' un aktivasyon ritmi için (Şekil 4.40., Şekil 4.45., Şekil 4.54., Şekil 4.68.), **rüzgâr şiddeti** *F. cunicularia*' nın aktivasyon ritmi için (Şekil 4.7., 4.20, 4.34.), *C. aethiops*' un aktivasyon ritmi için (Şekil 4.41., Şekil 4.48., Şekil 4.55., Şekil 4.62., Şekil 4.69.) önem teşkil etmediği ve aktivasyon ritimleri üzerinde bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Bu sonuçlar daha önceki çalışmaları destekler niteliktedir.

Karıncalar genel olarak yüksek sıcaklık, düşük nem de çevresinde bulunan ağaçlardan ve bitkisel kaynaklardan besin arayışına girerler. Düşük sıcaklık, yüksek nem de yuvalarını yaptıkları çevrede ve yerde geniş alana yayılarak besin ararlar ve temin ederler [48]. Araştırma sonucuda, *F. cunicularia* ve *C. aethiops* yüksek sıcaklık ve düşük nemde yuvalarının bulunduğu çevre vejetasyonunun sahip olduğu bitkisel kaynaklı besinlere yönelirken (çam ağacı, söğüt ağacı) bu bitkilerin daha çok bitki özsuyunu ve tohumunu kullandıkları, daha düşük sıcaklık ve yüksek nemde yuva

etrafında uzun ve kısa mesafeleri arayışlarda daha çok hayvansal kaynaklı besin arayışı içerisinde oldukları tesbit edilmiştir.

Cerda v.d., (1998) yılında yaptığı çalışmada sıcaklık değişimlerinin karıncaların beslenmeleri üzerine etki edebileceğini bulmuştur ve karıncalar ile en fazla beslenme davranışı gösterdiği sıcaklık değerlerini şöyle vermiştir; *P.pygmaea* 22°C; *M.capitatus* 22°C; *T.semilaeva* 24°C; *T.nigerrimum* 24°C; *P.pallidula* 24°C; *C.sylvaticus* 28°C; *M.bouvieri* 30°C; °*C; C. cruentatus* 40°C; *A.senilis* 42°C; *C.foreli* 44°C; *C.cursor* 48°C dir [101]. Araştırma sonucunda sıcaklık değişimlerinin beslenme üzerine etki etmediğini *Formica cunicularia*' nın en sık beslenmeyi Mayıs ayında ve 28°C de *C. aethiops*' un ise Haziran ayında ve 24°C de gösterdiği bulunmuştur. *F.a cunicularia, C. aethiops*'a göre daha yüksek sıcaklıklarda besin arayışında bulunmuştur. Bu durum *F. cunicularia* türünün diurnal bir yaşam tarzını benimsemiş olmasıyla yakından ilişkilidir.

Cerda v.d., (1998) yılında yaptığı çalışmada karınca türleri ve beslenmeleriyle ilgili bazı sonuçlar bulmuştur [101]. Cerda'ya göre, *Tapinoma nigerrimum* türü karıncaların bal özü ve böcek ağırlıklı beslendiğini en çok beslenmeyi Mayıs ve Haziran aylarında gösterdiği; *Pheidole pallidula* türü karıncaların böcek ve tohum ağırlıklı beslendiğini en çok beslenmeyi Eylül ayında gösterdiği; *Tetramorium semilaeva* türü karıncaların böcek ve tohum ağırlıklı beslendiğini en çok beslenmeyi Haziran ayında gösterdiği; *Messor bouvieri* türü karıncaların tohum ağırlıklı beslendiğini ve en çok beslenmeyi Eylül ayında gösterdiği; *Messor capitatus* türü karıncaların tohum ağırlıklı beslendiği ve en çok beslenmeyi Ekim ayında gösterdiği; *Camponotus sylvaticus* türü karıncaların bal özü ve nektar ağırlıklı beslendiği ve en çok beslenmeyi Ağustos ayında gösterdiği; *Camponotus curuentatur* türü karıncaların bal özü ve nektar ağırlıklı beslendiğini ve en çok beslenmeyi Temmuz ayında gösterdiği; *Camponotus foreli* türü karıncaların nektar ve bal özü ağırlıklı beslendiğini en çok beslenmeyi Temmuz ve Ağustos aylarında gösterdiği *Cataglyphis cursor* türü karıncaların böcek ve nektar ağırlıklı beslendiğini ve en çok beslenmeyi Temmuz ayında gösterdiğini; *Plagiolepis pygmaea* türü karıncaların nektar ve böcek ağırlıklı beslendiğini ve en çok Haziran ayında beslenme davranışı gösterdiğini bulmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, *Formica cuniculara* ve *Camponotus aethiops* türlerinin hayvansal besin kaynakları 3 kategoride verilebilir. Bunlar:

1-) Küçük Besin Kaynağı: *Drosophila melanogaster*, (ağırlık: 1.1 mg)

2-) Orta Ağırlıktaki Besin Kaynağı: *Tribolium confusum*, (ağırlık: 2.2 mg),

3-) Büyük Besin Kaynağı: *Blattella germanica*, ağırlık: 55.8 mg), *Calliphora vomitoria* larvası, (ağırlık:55.9 mg), *Tenebrio molitor* larvası (ağırlık: 133.5 mg), *Gryllus bimaculatus* (ağırlık: 398.2 mg).

Doğada Kurumuş Olarak Bulunmalarından Dolayı Teşhisi Tam Olarak Yapılamayan Hayvansal Besin Kaynakları ise; Kurumuş Annelida parçası, kurumuş solucan parçası, kurumuş Coleoptera parçası, kurumuş Acarina parçası, kurumuş Gastropod kabuğu parçası, kurumuş Diptera ergini parçası, kurumuş Homoptera parçası, kurumuş Lepidoptera kanadı parçası, kurumuş Hymenoptera ergini parçası, kurumuş Diplopoda parçası gelmektedir.

Aktivasyon ritimleri göz önüne alındığında diurnal, nokturnal ve krepeskular olmak üzere günün farklı zamanlarında aktif bir yaşam tarzı benimsemiş karıncaların varlığı bir ilginçlik oluştursa da özellikle nokturnal ve krepeskular bir yaşam tarzının evrimleşmiş olmasının altında yatan temel itici güçler arasında ilk sırada diğer organizmalarla olan besin rekabetinin en aza indirilmesi ve düşmanlardan maksimum düzeyde bir korunma sağlanması gelmektedir. Diğer taraftan, gece koşullarında sınırlı besin kaynakları için rekabet edilecek daha az sayıda rakip türün olması ve çeşitli predatör ve yuva paraziti türlerle karşılaşma olasılığı da azalmaktadır. Dolayısı ile diurnal aktivite gösteren böceklerin sayısı daha fazla olsa da krepeskular/nokturnal aktivite gösteren böceklerin olması da şaşırtıcı değildir. Sınırlı ekolojik koşullarda ve sınırlı zaman aralığında hayatta kalmak ve üremek zorunda olan bu karıncalar, krepeskular/nokturnal yaşam koşullarına bir şekilde uyum sağlayabilmek amacı ile evrimsel süreçte sıra dışı ancak oldukça etkili yapısal ve fonksiyonel adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Örneğin, pek çok arı, gün içinde gün ışığının en fazla olduğu saatlerde aktif iken Apoidae içerisinde en azından 4 farklı altfamilyaya ait arı türleri birbirlerinden bağımsız olarak krepeskular ya da nokturnal bir yaşam tarzı geliştirmişlerdir. Bu türlerin çoğu akşam saatlerinde güneş battıktan sonra çiçeklerini açan ve çok büyük miktarlarda polen sağlayan *Oenothera* spp. üzerinden beslenmektedir. Bu türe ait bitkilerin çiçeklerini açtıkları saatlerde arılar da beslenme uçuşlarına çıkmakta ve diğer arı ve güvelerle bir rekabete girmeden ve çok kısa süre beslenerek büyük miktarlarda polen toplayabilmektedirler. Özellikle kserik koşullarda yaşayan bazı arı türleri de hava

sıcaklığının düşük olduğu sabahın çok erken ve akşam saatlerinde aktivite göstererek su kayıplarını en aza indirmektedir [104]. Gece saatlerinde beslenip gündüz saatlerinde yuvalarında olmak böcekleri aynı zamanda yuvalarını işgal edebilecek diğer böcek gruplarından da korumaktadır. Düşük ışık seviyelerinde besin arama davranışı özellikle besin rekabeti ve predasyon riskinin yüksek olduğu tropiklerde çok yaygındır. Tropiklerde sıcaklık sınırlayıcı bir etken olmadığı için çok küçük türler dahi pek çok avcının inaktif olduğu sabahın erken saatleri ya da gece saatlerinde besin arama davranışı sergileyebilmektedir.

BÖLÜM 6

6. EKLER

6.1. *Formica cunicularia* Aktivasyon Takip Tablosu

Veri Toplama Saatleri	Karınca Sayısı	Lokal Sıcaklık°C		Nemlilik		Aydınlanma şiddeti (Lux)	Basınç	Havanın Genel Durumu (Rüzgar Hızı)			Toprağın Genel Durumu		
		Zemin	Hava	Yuva	Hava			Açık	Kapalı	Yağışlı	Islak	Kuru	Nemli
07:00													
09:00													
11:00													
13:00													
15:00													
17:00													
19:00													
21:00													

6.2.*Camponotus aethiops* Aktivasyon Takip Tablosu

Veri Toplama Saatleri	Karınca Sayısı		Lokal Sıcaklık°C		Nemlilik		Aydınlanma şiddeti (Lux)	Basınç	Havanın Genel Durumu (Rüzgar Hızı)			Toprağın Genel Durumu		
	Major	Minor	Zemin	Hava	Yuva	Hava			Açık	Kapalı	Yağışlı	Islak	Kuru	Nemli
07:00														
09:00														
11:00														
13:00														
15:00														
17:00														
19:00														
21:00														
Önemli Notlar:														

6.3. *Formica cunicularia* ve *Camponotus aethiops* Besin Takip Tablosu

Besin Arama Periyotları		*Formica cunicularia*		*Camponotus aethiops*	
		Besin Yuva Arası Uzaklık	Besin Kaynğı	Besin Yuva Arası Uzaklık	Besin Kaynağı
1.Besine Gidiş	Saat:				
2.Besine Gidiş	Saat:				
3.Besine Gidiş	Saat:				
4.Besine Gidiş	Saat:				
5.Besine Gidiş	Saat:				
6.Besine Gidiş	Saat:				
7.Besine Gidiş	Saat:				
8.Besine Gidiş	Saat:				

BÖLÜM 7

7. KAYNAKLAR

[1] Fourcassie V.J.L., Schatz B., Beugnon G., **Temporal İnformation in Social Insects,** Birkhauser Verlag, 261-275, (1999).

[2] Santini G., Tucci L., Ottonetti L., Frizzi F., **Competition trade-off in the Organisation of a Mediterranean ant Assemblage,** Ecological Entomology, 32, 319-326, (2007).

[3] Bernstein R.A., Gobbel M., **Partitioning of Space in Communities of Ants,** 48, 931-942, (1979).

[4] Cole B.J., **Short-Term Activity Cycles ın Ants: Generation of Periodicity By Worker Interaction**, Proceedings of the Royal Society, 137, 244-259, (1987).

[5] Engel R.J., Schutt R.K., **Fundamentals of Social Work Research**, 2, 1-396, (2009).

[6] Bestelmeyer B.T., **The trade-off between thermal tolerance and behavioural dominance in a subtropical South American ant community,** *Journal of Animal Ecology*, 69, 998–100, (2000).

[7] Chesson P., Rosenzweig M., **Behavior, Heterogeneity and the Dynamics of Interacting Species,** Ecology, 72, 1183, (1991).

[8] Laffort B., Beugnon G., Fourcassie V., **Spatial orientation and polymorphismin *Camponotus aethiops* (Hymenoptera: Formicidae),** *Sociobiology,* 19, 363-374, (1991).

[9] Sharma V.J.,Lone S.R., Goel A., Chandrashekaran M.K., **Circadian Consequences of social Organization in the ant species *Camponotus compresus,*** Naturwissenschaften, 91, 386-390, (2004).

[10] Hölldobler B., Moglich M., **The foraging system of *Pheidole militicida* (Hymenoptera: Formicidae),** Insectes Soc., *27*, 237–264, (1980).

[11] Cerda X., Bosch J., Alsina A., Retena J., **Dietary spectrum and activity patterns af *Aphaenogaster senilis* (Hymenoptera: Formicidae),** Ann. Soc. Ent. Fr., 24, 69–75, (1988).

[12] Elwood S., Mcluskey E.S., **Rhythms and Clocks in Harvester And Argentine Ants,** Physiol.Zool., 36, 273-292, (1963).

[13] Sanders C.J., **Seasonal and Daily Activity Patterns of Carpenter Ants (Camponotus spp.) In Northwestern Ontono (Hymenoptera:Formicidae),** The Canadian Entomol., 104, 1681-1687, (1972).

[14] Cros S., Cerda X., Retena J., **Spatial and Temporal Variations in te Activity Patterns of Mediterranean Ant Communities**, Ecoscience, 4, 269-278, (1997).

[15] Sudd J.H., Franks N.R., **The Behavioural Ecology of Ants,** Blackie. Glasgow, 3, 206- 216, (1987).

[16] Diaz M., **Spatial patterns of granivorous ant nest abundance and nest site selection in agricultural landscapes of Central Spain,** Insectes Soc., 38, 351–363, (1991).

[17] Gordon D.M., **Behavioral flexibility and the foraging ecology of seed-eating ants.**, *Am. Nat., 38*, 379–411, (1991).

[18] Dean W.R.J., Milton S.J., Klotz S., **The role of ant nest-mounds in maintaining small-scale patchiness in dry grasslands in Central Germany,** Biodivers. Conserv., 6 , 1293–1307, (1997).

[19] Fergus J., Rourke O., **The Distribution and General Ecology of the Irısh Formicidae**, Proceesing of the Royal Irısh Academiy, 52, 383, (1950).

[20] Talbot M., **Populations of ants in a low field,** Ins. Soc., 12, 19-48, (1965).

[21] Dean W.R.J., Yeaton R.I., **The importance of harvester ant *Messor capensis* nest-mounds as germination sites in southern Karoo, South Africa,** Afr. J. Ecol., 30, 335–345,(1992).

[22] Cammeraat L.H., Willott S.J., Compton S.G., Incool L.D., **The effects of ants' nests on the physical, chemical and hydrological properties of a rangeland soil in semi-arid Spain,** Geoderma, 105, 1–20, (2002).

[23] Briese D.T., Macauley B.J., **Food collection within an ant community in semi-arid Australia, with special reference to seed harvesters,** Aust. J. Entomol., 6, 1–19, (1981).

[24] Gordon D.M., **The spatial scale of seed collection by harvester ants,** *Oecologia, 95*, 479–487, (1993).

[25] Savolainen R., Vepsalainen K., **competition hierarchy among boreal ants: impact on resource partitioning and community structure,** *Oikos*, 51, 135–155, (1988).

[26] Kessock-Philip R., Hurst H., Rossigton S.R., Holloway G.J., **Nesting ecology of *Formica cunicularia,*** English Nature Research Reports, 612, (2004).

[27] Engel R.J., Schutt R.K., **Fundamentals of Social Work Research**, 2, 1-396, (2009).

[28] Pol R.G., Lopez de Casenave J., **Activity patterns of harvester ants *Pogonomyrmex pronotalis* and *Pogonomyrmex rastratus* in the central Monte desert, Argentina,** J. Insect Behav., 17, 647–661 (2004).

[29] Lopez F., Seerrano J.M., Aacosta F.J., **Temparature–Vegetation structure Interaction: the Effect on the Activity of the ant *Messor barbarus* (L.)**, Plant Ecology, 99-100, 119-128, (1991).

[30] Judd T.M., **The Effects of Water, Season, and Colony Composition on Foraging Preferences of *Pheidole care* (Hymenoptera: Formicidae)**, Journal of insects Behavior, 18, 781-803, (2005).

[31] Schooley R.L., Wiens J.A., **Finding Habitat Patches and Directional Connectivity,** Oikos, 102, 559-570, (2002).

[32] Hunt J.H., **Temporal Activity Patterns in Two Competing Ant Species (Hymenoptera: Formicidae),** A Journal of Entomology, 81 237-242, (1974).

[33] Narendra B., **Landscape Gardening:A Professional Perspective on Design, planing, Construction& Management,** 2, (2011).

[34] Alsina A., Cerda X, Retena J., Bosch J., **Foraging Ecology of the Aphid-Tending Ant *Camponotus cruentatus* (Hymenoptera, Formicidae) in a Savanna-Like Grassland Misc.**, Zool., 12, 195-204, (1988).

[35] Freeman B.E., Parnell J.R., **Mortality of *Scheliphron assimile* Dalhbom (Specidae) Caused by the Eulophid *Melittobia chalybii* Ashmea,** The Journal of Animal Ecology, 42, 779, (1973).

[36] Dlussky G.M., Kupianskaya A.N., **Consumption of Protein Food and Growth of Myrmica Colonies,** Ekologia Polska, 20, 73-82, (1972).

[37] Schneirla T.C., A **Comparison of Species and Genera on the Ant Subfamily Dorylinae with Respect to Functional Pattern,** Insects Sociaux, 4, 259-298, (1957).

[38] Cherix D., **Relation between diet and polyethism in *Formica* colonies. From Individual To Collective Behaviour In Social Insects** (J. M. Pasteels and J. L. Deneubourg, eds.), 155- 176, Birkhauser, Basel., (1987).

[39] Beckers R., Goss S., Deneubourg L., Pasteels J.M., **Colony Size, Communication and Ant Foraging Strategy,** A Journal of Entomology, 96, 239-256, (1989).

[40] Caroll C.R., Janzen D.H., **Ecology of Foraging by Ants,** Annual Review of Ecology and Systematics, 4, 231, (1973).

[41] Traniello J.F.A., **Foraging Strategies of Ants,** Annual Review of Entomology, 34, 191-210, (1989).

[42] Cerda X., **Behavioural and Physiological Traits to Termal Stress Tolerance in Two Spanish Desert Ants,** Etologia, 9, 15-27, (2000).

[43] Lassau S.A., Hochuli D.F., **Effects of Habitat Complexity on Ant Assemblages,** Ecography, 27, 157-164, (2004).

[44] Farinha C., Zorzenon F.J., **Predatory and Interaction Behaviours of *Paratrechura fuvva* (Mayr), (Hymenoptera: Formicidae) on Phytophagous Insects on Palm Trees,** Inst.Biol., 72, 143-144, (2005).

[45] Savoyard J.L., Gamboa G.T., Foster R.L., **The Communicative Meaning of Body Oscillations in the Social Wasps *Polistes fuscatus* (Hymenoptera, Vespidae,** Insect Sociaux, 45, 215-230, (1998).

[46] Hölldobler B., Wilson E.O., ***The Ants*,** Harvard University Press. Cambridge, Mass., 732 , (1990).

[47] Passera L., Keller L., **Loss of Mating Flight and Shift in the Pattern of Carbohydrate Storage on Sexuals of ants (Hymenoptera; Formicidae),** Journal of Comperative Physiology, 160, 207-211, (1990).

[48] Fellers J.H., **Interference and Exploitation in a Guild of Woodland Ants,** Ecology, 68, 1466-1478, (1987).

[49] Hangartner W., **Structure and Variability of the Individual Odor Trail in *Solenopsis geminata* Fabr. (Hymenoptera, Formicidae),** Z.Vergl. Physilogie, 62, 111-120, (1969).

[50] Wilson E.0., **Chemical communication among workers of the fire-ant *Solenopsis saevissima* (Fr. Smith). 1. The organization of mass foraging. 2. An information analysis of the odour trail. 3. The experimental induction of social responses,** Anim. Behav., 10, 134- 164, (1962).

[51] Longhurst C., Johnson R.A., Wood T.C., **Predation by *Megaponera foetens* (Fabr.), (Hymenoptera: Formicidae) on Termites in the Nigerian Souther Gunea Savoinna,** Oecologia (Berl.), 32, 101-107, (1978).

[52] Hölldobler B., **Communication Raiding Behavior and Prey Storage in *Ceraparhyr* (Hymenoptera; Formicidae),** A Journal of Entomology, 89, 3-24, (1982).

[53] Brown W.L., Wilson E.O., **The Evolution of the Decetine Ants,** The Quarterlt Review of Biology, 34, 278-294, (1959).

[54] Wheeler W.M., **Ecological Relations of Ponerine and Other Ants to Termites,** Proceedings of the American Academy of Arts and Science, 71, 159-243, (1936).

[55] Rettenmeyer C.W, **Behavioral studies of army ants,** Kansas University Science Bulletin, 28, 1-465, (1963).

[56] Topoff H., Mirenda J., Droual R., Herrick S., **Behavioral ecology of mass recruitment in the army ant *Neivamyrmex nigrescen,*.** Anim. Behav., 28**,** 779-789, (1980).

[57] Garling L., **Origin of Ant- Fungus Mutualism: a New Hypotheis,** Biotropica, 11, 284- 291, (1979).

[58] Cherrett J.M., **The Foraging Behaviour of *Atta cephalotes* (Hymenoptera, Formicidae),** Journal of Animal Ecology, 37, 387-403, (1968).

[59] Martin M.M., Weber N.A., **The Cellulose Utilizing Capability of the Fungus Cultured by the Attine Ant,** Annals of the Entomol Society, 62, 1386-1387, (1669).

[60] Stradling D.J., **The Influence of Size on Foraging ın the Ant, *Atta cephalotes*, and the Effect of Some Plant Defence Mechanisms,** The Journal of Animal Ecology, 47, 173-188, (1978).

[61] Powell R.J., Stradling D.J., **Factors Influencing the Growth of Attamyces bromatificus, a Symbiont of atine Ants,** Transactions of the British Mycological Society, 87, 205-213, (1986).

[62] Schildknecht H., Koob K., **Myrmicacin the First Insect Herbicidae,** Angewandte Cheuie International Edition ın English, 10, 124-125, (1971).

[63] Cherix D., Bourne J.D., **A Field Study on a super- colony of the Red Wood Ant *Formica* in Relation to other Predatory Arthropodes,** R-S Zool., 87, 955-973, (1980).

[64] Skinner B.F., **The Species – Specific Behavior of Ethologists**, Behav. Anal. 3(1), 50-51, (1980).

[65] Inouye D.W., Taylr O.R**., A Temperate Region Plant- Ant- Seed Predator Syrtem Consequences of Extra Floral Nectar Secretion by *Helianthella quinqueneruis*,** Ecology, 60, 1-7, (1979).

[66] Bentley B.L., **Extrafloral Nectaries and Protection by Pugnacious bodyguards,** Annual Review of Ecology and Systematics, 8, 407-427, (1977).

[67] Maltais J.B., Auclair J.L., **Occurence of Amino acids ın the Honeydew of the Cresent Marked Lily Aphids, *Myzus circumplexus* (Buck.),** Canadian Journal of Zoology, 30(4), 191-193, (1952).

[68] Tevis L., **Interrelations Between the Harvester ant *Veromessor Pergandei* (Mayr) and Some Desert Ephemerals,** Ecology, 39, 695-704, (1958).

[69] Whitford W.G., **Foraging in seed harvester ants *Pogonomyrmex spp.*** Ecology, *59*, 185–189, (1978).

[70] Schildknecht H., Siewerdt R., Maschwitz U., **A Vertebrate Hormone as Defensive Substance of the Water Beetle (*Dytiscus marginalis*),** Angewandte Chemie International Edition ın English, 5, 421-422, (1966).

[71] Schneider I., **Cell lines Derived From Late Embryonic Stages of *Drosophila melanogaster*,** J.Embryol. Exp. Morphol., 27, 353-365, (1972).

[72] Sorensen A.A., Vinson S.B., **Quantitative Food Distribution Studies Within Laboratory Colonies of the Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta* Buren,** Insectes Sociaux, 28, 129-160, (1981).

[73] Burgett D.M., Young R.C., **Lipid Storage by Honey Ant Repletes,** Annals of the Entomological Society of America, 67, 643-744(2), (1974).

[74] Lugo A.E., Farnworth E.G., Pool D., Jerez P., Kaufman G., **The Impact of the Leaf Cutter Ants *Atta colombica* on the Energy Flow of a Tropical West Forest,** Ecology, 54, (1973).

[75] Laine K.J., Niemela P., **The Influence of Ants on the Survival of Mountain Birches During *Noporinia autumnata* (Lep.,Geometridae) outbreak,** Oecologia (Berl.), 47, 39-42, (1980).

[76] Evans H.C., Leston D., **A Ponarinae ant (Hymenoptera, Formicidae) Associated With Homoptera on Cocoa in Ghana,** Cambridge Journnals, 61, 357-362, (1971).

[77] Sumner S., Aanen D.K., Delabie J., Boomsma J.J., **The Evolution of Social Parasitism ın *Acromyrmex* leaf-cutting ants a Test of Emer's Rule,** Insect Soc., 51, 37-42, (2004).

[78] Way M.J., Khoo K.C., **Role of Ants in Pest Management,** Annual Review of Entomology, 37, 479-503, (1992).

[79] Ülgentürk S., **Parasitoids and Predators of coccidae (Hymenoptera ; coccoidea) Species on Ornamental Plants in Ankara-Turkey**, Entomol., 36, 369-375, (2001).

[80] Vele A., Holusa J., Frouz J., **Ecological requirements of some ant Species of the Genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae) in spruce forests,** Journal of Forest Science, 55, 32-40, (2009).

[81] Human K.G., Weiss S., Weiss A., Sandler B., Gordon D.M., **Effects of Abiotic Factors on the Distribution and Activity of the Invasive Argentine Ant (Hymenoptera: Formicidae)**, Environ. Entomol., 27 (4), 822-833, (1998).

[82] Jayatilaka P., Narendira A., Reid S.F., Cooper P., Zeil J., **Different Effects of Temperature on Foragig Activity Schedules in Sympatric *Myrmecia* ants**, The Journal of Experimental Biology, 214, 2730-2738, (2011).

[83] Holt S.J., **On The Foraging Activity Of The Wood Ant**, Anim Ecol. 24, 1-34, (1955).

[84] Kuate A.F., Tindo M., Hanna R., Kenne M., Goergen G., **Foragıng Actıvıty Dıet of the Ant *Anoplolepis tenella* Santschi (Hymenoptera: Formicidae)**, In Southern Cameroon African Entomology, 16(1), 107-114, (2008).

[85] Delabie J.H.C., **Trophobiosis Between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha); an overview,** Neotropical Entomology, 30, (2001).

[86] Traniello J.F.A., Fourcassie V., Graham T.P., **Search Behavior and Foraging Ecology of the Ant Formica schaufussi: colony-level and İndividual Patterns,** Ethology Ecology&Evolution, 3, 35-47, (1991).

[87] Oster G.F., Wilson E.O., **Caste and Ecology in the Social Insects,** Monographs on Population Biology, 12, 10-348, (1979).

[88] Wetterer J.K., **Foragıng Ecology of the Leaf-cutting Ant *Acromyrmex octospinosus* in a Costa Rican Rain Forest**, A Journal of Entomology, 98, 361-372, (1992).

[89] Perry G., Pianka E.R., **Animal Foraging:Past, Present and Future,** Ecology&Evolution, 12, 360-364, (1997).

[90] Schoener T.W., **Theory of Feeding Strategies,** Annual Review of Ecology and Systematics, 2, 369, (1971).

[91] Hölldobler B., **Recruitment behavior, home range orientation and territoriality in harvester ants, *Pogonomyrmex*,** Behav. Ecol. Sociobiol., 1, 3–44, (1976).

[92] R., Fortelius W., **Ortstreue in Foraging Ants of The *Formica rufa* group,** Insectes Sociaux, 33, 306-337, (1987).

[93] Beugnon G., Pastergue-Ruiz L., Schatz B., Lachaud J.P., **Cognitive Approach of Spatial and Temporal Information Processing in Insects,** Cognition and Evolution, 35, 55-62, (1995).

[94] Dejean A., Benhamou S., **Orientation and Foraging Movaments in a Patchy Environment by the ant *Serrastruma lujac* (Formicidae-myrmicinae),** Behavioural Processes, 30, 233-243, (1993).

[95] Beugnon G., Fourcassie V., **How Do Red Wood Ants Orient During Diurnal and Nocturnal Foraging in a Three Dimensional System?** Insectes Sociaux, 35, 106-124, (1988).

[96] Beckers R., Deneubourg J.L., Goss S., **Trails And U-turns in the Selection of a Path by the ant *Lasius niger*,** Journal of Theoretical Biology, 159, 397-415, (1992).

[97] Collingwood C.A., The **Formicidae (Hymenoptera) of Fennoscandia and Denmark.,** 28, 175, (1979).

[98] Land M.F., **Visual acuity in insects,** *Annu. Rev. Entomol*., 42, 147-177, (1997).

[99] Osorio D., Vorobyev M., **Sepia tones, stomatopod signals and the uses of color,** *Tree* 12, 167-8, (1997).

[100] Kretz R., **A Behavioural Anlysis of Colur Vision in the Ant *Cataglyphis bicolor* (Hymenoptera, Formicidae)**, *J. Comp. Physiol*., 1311, 217-233, (1979).

[101] Cerda X., Retana J., Manzaneda A., **The Role of Competition by Dominants and Temperature in the Foraging of Subordinate Species in Mediterranean ant Communities,** Oecologia, 117, 404-412, (1998).

[102] DiGirolamo L.A., Fox L.R., **The Influence of Abiotic Factors and Temporal Variation on Local Invasion Patterns of the Argentine ant (Linepithema Humile),** Biological Invasions, 8, 125-135, (2006).

[103] Uczkowsky G.B., Rushelnycky P.K., **The Odorous house ant, *Tapinoma sessile* (Hymenoptera: Formicidae), as a new temperate- origin invader,** Myrmecological News, 16, 61-66, (1994).

[104] Hurd P.D., Linsley E.G., **A Classification of the squash and gourd bees *Peponapis* and *Xenolgossa* (Hymenoptera: Apoidea),** University of California Publications in Entomology, 62, 1-39, (1970).

BÖLÜM 8

8. ÖZGEÇMİŞ

26.11.1987 yılında Kars'ta doğdum. İlköğrenimimi, Bolu Milli Egemenlik İlkokulu'nda, ortaöğrenimimi, Kırklareli Atatürk İlköğretim Okulu'nda tamamladım. Lise eğitimimi ise 2002-2006 yılları arasında Kırklareli Anadolu Lisesinde tamamladım. 2006 yılında girdiğim Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen - Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Zooloji Anabilim Dalı'ndan 2010 yılında mezun oldum ve yine aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilimdalı'nda başladığım yüksek lisans programını 2013 yılında '' ***Camponotus aethiops ve Formica cunicularia*** **Türlerinin Besin Kaynaklarının Tespiti, Günlük Aktivite Ritimleri ve Bunu Etkileyen Abiyotik Faktörler''** konulu tez ile tamamladım.