

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HATILA VADİSİ MİLLİ PARKI VE
ARTVİN ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ,
TAŞLICA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ
ORMANLARINDA *IPS TYPOGRAPHUS* (L.)
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'UN
LOKAL YAYILIŞININ FREKANS ORANI
YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağla GENÇ

**Danışman
Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI**

Artvin-2021

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HATILA VADİSİ MİLLİ PARKI VE
ARTVİN ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ,
TAŞLICA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ
ORMANLARINDA *IPS TYPOGRAPHUS* (L.)
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'UN
LOKAL YAYILIŞININ FREKANS ORANI
YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağla GENÇ

**Danışman
Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI**

Artvin-2021

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘Hatila Vadisi Milli Parkı ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlıca Orman İşletme şefliği Ormanlarında *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)’un Lokal Yayılışının Frekans Oranı Yöntemi ile Araştırılması’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim..../..../2021

Çağla GENÇ

TEZ KABUL TUTANAĞI

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI danışmanlığında, Çağla GENÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 16/03/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

: Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI

İmza:

Jüri Üyesi

: Doç. Dr. Gonca Ece ÖZCAN

İmza:

Jüri Üyesi

: Dr. Öğr. Üyesi Hayal AKYILDIRIM BEĞEN

İmza:

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir.

.../.../.....

Doç. Dr. Hamit ŞAFAKCI

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Hatila Vadisi Milli Parkı ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlıca Orman İşletme Şefliği Ormanlarında *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)’un Lokal Yayılışının Frekans Oranı Yöntemi ile Araştırılması” konulu bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Entomolojisi ve Koruma Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın tasarlanmasında, arazi çalışmalarının yürütülmesinde, verilerin değerlendirilmesinde ve tez metninin oluşturulmasında çok değerli katkılarını gördüğüm danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi ve Frekans Oranı Yönteminin uygulanması aşamalarında çok değerli katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Halil AKINCI’ya teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımı yürütürken çok değerli yardım ve desteğini gördüğüm Arş. Gör. Şevval SALIOĞLU’na ve Saim KELEŞ’e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında her türlü desteği sağlayan Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Orman Zararlıları ile Mücadele Şube Müdürü Sayın Turgay VATAN’a ve Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Biyolojik Mücadele Laboratuvarının tüm çalışanlarına minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Çağla GENÇ

Artvin - 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET.....	III
SUMMARY.....	IV
TABLolar DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 <i>Ips typographus</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)' un Zararı, Ekolojisi, Biyolojisi, Yayılması ve Mücadelesi.....	3
2 MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1 Materyal	11
2.1.1 Hatıla Vadisi Milli Parkı	11
2.2 Yöntem	13
2.2.1 Frekans Oranı Yöntemi	18
2.2.2 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi	20
2.2.3 Topoğrafik Nemlilik İndeksi	24
2.2.4 Alan Güneş Radyasyonu	25
2.2.5 İstatistik Analizler	25
3 BULGULAR	26
3.1 <i>Ips typographus</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) Yoğunluğunun Dağılımı.....	30
3.2 <i>Ips typographus</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)' a Duyarlı Alanlar	30
4 TARTIŞMA.....	32
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	49

ÖZET

HATILA VADİSİ MİLLİ PARKI VE ARTVIN ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ, TAŞLICA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ORMANLARINDA *IPS TYPOGRAPHUS* (L.) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)'UN LOKAL YAYILIŞININ FREKANS ORANI YÖNTEMİ İLE ARAŞTIRILMASI

Çalışma, Hatila Vadisi Milli Parkı ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlica Orman İşletme Şefliği ormanlarında, 2019 yılında yürütülmüştür. Toplam 120 feromon tuzağından elde edilen yakalama verisi kullanılmıştır. Çalışmada, Frekans Oranı Yöntemi kullanılarak, çalışma sahasında *I. typographus* yoğunluğunun çok yüksek olduğu alanlar ile bu yoğunluğu etkileyen çevresel etkenler arasındaki korelasyon belirlenmiştir.

Çalışmada toplam 783.445 adet *I. typographus* ergini elde edilmiştir. Tuzak başına ortalama 6529 böcek yakalanmıştır. Çalışılan sahanın %12,83'ünün *I. typographus* duyarlılığının çok yüksek, %19,70'inin yüksek, %36,62'sinin orta, %21,15'inin düşük ve %9,70 de çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanında, 0° - 2° ve 20° - 40° eğime sahip, güney, güneydoğu, güneybatı, batı ve kuzeybatı bakılarda bulunan, orman yollarına 100 – 600 m mesafede bulunan saf ladin meşcereleri ve ladinin baskın tür olduğu karışık meşcereler en yüksek duyarlılığa sahiptir. Çalışma alanında yüksek ve orta toprak nemi içeriğine sahip alanlar ile en çok güneş alan meşcerelerin en yüksek duyarlılığa sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ips typographus*, Frekans Oranı Yöntemi, meşcere duyarlılığı, ladin, Hatila Vadisi Milli Parkı

SUMMARY

INVESTIGATION OF LOCAL DISTRIBUTION OF *IPS TYPOGRAPHUS* (L.) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN HATILA VALLEY NATIONAL PARK AND ARTVIN FORESTRY ADMINISTRATION, TAŞLICA SUB-DISTRICT DIRECTORATES FORESTS BY FREQUENCY RATIO METHOD

This study was conducted at Hatila Valley National Park and Artvin Forestry Administration, Taşlıca Forest Sub-District Directorates in 2019. Data from pheromone trap captures were used. The correlation between areas with very high density of *I. typographus* in the study area and environmental factors affecting this density was determined by Frequency Ratio Method.

A total of 783,445 *I. typographus* adults were caught in the study. A total of 6529 beetles were caught per trap on average. Of the studied area, 12.83% has very high, 19.70% has high, 36.62% has medium, 21.15% has low and 9.70% has very low susceptibility against *I. typographus*.

It's found that pure spruce and spruce dominated mixed stands that are in south, southeast, southwest, west and northwest aspects, between 0° - 2° and 20° - 40° slope and that are 100 - 600 m away from forest roads are the most susceptible areas. It is also determined that areas with high and medium soil moisture content and most sun exposed stands are the most susceptible areas.

Keywords: *Ips typographus*, Frequency Ratio Method, stand susceptibility, spruce, Hatila Valley National Park

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Tez çalışmasında dikkate alınan faktörlerin frekans oranları	21
Tablo 2. Kontrol tarihlerine göre feromon tuzaklarında yakalanan <i>Ips typographus</i> ergin sayıları.....	28



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu	12
Şekil 2. Çalışma alanının meşcere haritası.....	13
Şekil 3. Alanın böcek yoğunluğu dağılım haritası	14
Şekil 4. Alanın yükseklik haritası	15
Şekil 5. Alanın eğim haritası	16
Şekil 6. Alanın bakı haritası	16
Şekil 7. Çalışma alanının topoğrafik nemlilik indeksi	17
Şekil 8. Çalışma alanının alan güneş radyasyonu haritası	17
Şekil 9. Çalışma alanının yola uzaklık haritası	18
Şekil 10. Çalışma alanının duyarlılık haritası	20
Şekil 11. a. Hatıla Vadisi Milli Parkında feromon tuzaklarının asıldığı bir alandan görünüm, b. çalışmada kullanılan 120 numaralı feromon tuzağı, c. tuzaklarda yakalanan <i>I. typographus</i> erginleri, d. kontrol tarihinde feromon tuzağından alınan <i>I. typographus</i> erginlerinin sayılması	27
Şekil 12. a. Feromon tuzaklarının araziye asılması sırasında alanda çekilen fotoğrafta sağlıklı görünen ladin ağaçları, b. aynı alanda <i>I.</i> <i>typographus</i> 'un neden olduğu kurumalar	33

KISALTMALAR DİZİNİ

AKPS	Alt Kategorideki Piksel Sayısı
AKY	Alt Kategori Yüzdesi
As	Havza Alanı
ASR	Alan Güneş Radyasyonu (Area Solar Radiation)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
FR	Frekans Oranı (Frequency Ratio)
GES	Güneş Enerji Santralleri
IDW	Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighting)
IpsDI	<i>Ips typographus</i> Duyarlılık İndeksi
IpsPS	<i>Ips typographus</i> Piksel Sayısı
IpsVY	<i>Ips typographus</i> Varlığının Yüzdesi
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TWI	Topoğrafik Nemlilik İndeksi (Topographic Wetness Index)
β	Yamaç Eğimi

1 GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Dünya çapında ormanlar, genellikle orman ağaçlarını istila eden böcek türlerinin artan zararı ile ilişkilendirilen ısı ve kuraklık kaynaklı fizyolojik stresin neden olduğu ağaç ölümlerine karşı giderek daha duyarlı ve savunmasız hale gelmektedir (McDowell vd., 2008; Allen vd., 2010; DeRose vd., 2013; White, 2015; Kolb vd., 2016). Kuzey Yarıküredeki konifer orman ekosistemlerinde orman rejenerasyonu ve süksesyondaki rollerine rağmen (Müller vd., 2008; Bače vd., 2015; Winter vd., 2015; Zeppenfeld vd., 2015) kabuk böcekleri gibi ormanın doğal gelişim sürecini sekteye uğratan etkenlerin zararı, bilinen tarih boyunca belgelenen en yüksek seviyededir (Berg vd., 2006; Raffa vd., 2008; Seidl vd., 2011). Antropojenik faaliyetler, kabuk böceklerinin ve onların konukçusu olan bitkilerin etkileşimde bulunduğu çevresel ve genetik arka planı değiştirmektedir. Bu ilişkileri değiştirdiği belirlenen faktörler arasında kabuk böceklerinin taşınması, bitki topluluklarını homojenleştiren veya parçalara ayıran yolların açılması ve sıcaklıkların yükselmesine ve kuraklığın artmasına neden olan iklim değişikliği sayılabilir. Bu faktörler genellikle daha fazla bitki ölümüne veya zarar görmesine neden olmaktadır (Raffa vd., 2015). Orta Avrupadaki *Picea abies* (L.) Karst. ormanlarında, ormanın gelişim sürecini sekteye uğratan ana etkenler şiddetli fırtınalar ve ladin ağaçlarında gelişen kabuk böceği türlerinin meydana getirdiği zararlar olmuştur (Mezei vd., 2017).

Kabuk böceklerinin çoğu ölü veya ölmekte olan dokularda ürerler ve normalde ekonomik öneme sahip değildirler. Ancak, canlı ağaçlara, fidanlara veya ticari ürünlerin tohumlarına (örneğin, kahve ve palmyeler) saldıran nispeten az sayıdaki tür, büyük ekonomik öneme sahiptir ve milyonlarca dolar zarara neden olmaktadır. Bu tür kayıplar, hem ılıman hem de tropikal bölgelerde, özellikle de hızlı popülasyon artışı için uygun koşullar sağlayabilen monokültürlerin ve plantasyonların olduğu yerlerde, geniş alanlarda meydana gelen rüzgar devriklerinden sonra oluşur. Sonuç olarak, kabuk böcekleri yüzlerce yıldır ormancılarının ilgisini çekmektedir ve bu böceklerle

ilgili çalışmaların çoğu orman entomologları tarafından yapılmıştır (Knížek ve Beaver, 2007).

Orman ekosistemlerindeki en zararlı böceklerden kabul edilen kabuk böcekleri, geniş alanlarda milyonlarca ağacın ölmesiyle sonuçlanan salgınlara yol açmıştır (Dale vd., 2001; Schelhaas vd., 2003). *Dendroctonus ponderosea* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)'nın 1990'lı yılların başında Kanada'nın batısındaki *Pinus contorta* ormanlarında başlayan salgını halen devam etmektedir. Bu salgından 18 milyon ha'dan büyük bir alan etkilenmiştir ve kabuk böceklerinden kaynaklanan, tarihteki en büyük kitle salgını olarak kabul edilmektedir (Safranyik vd., 2010; Stadelmann vd., 2013; URL – 1). Almanya'nın güneydoğusunda yer alan Bavyera Ormanları Milli Parkında devam etmekte olan *Ips typographus* (L.) salgını fırtına devrikleri, kuraklık ve kar kırmalarının da desteklemesiyle, 2007 yılının sonunda 9000 ha'dan daha fazla alanda, *P. abies* ağaçlarının ölümüne yol açmıştır (Müller vd., 2008; Lausch vd., 2011; Stadelmann vd., 2013).

Ips, konifer ormanlarına ve plantasyonlarına zarar veren çeşitli türleri nedeniyle en iyi bilinen kabuk böceği cinslerinden biridir (Chararas, 1962; Furniss ve Carolin, 1992). Türler, *Pinus*, *Picea* ve nadiren *Larix*, *Abies* ve *Cedrus*'ta beslenirler (Wood ve Bright, 1992). *Ips* türleri, belirli bir ağaç cinsi veya türü ile beslenme eğilimindedir. Çoğunlukla ölü veya ölmekte olan ağaçları istila ederler, ancak stres altındaki ve sağlıklı ağaçları da istila edebilirler. Salgın durumundaki *Ips* populasyonları binlerce hektarlık ormanı yok edebilir (Furniss ve Carolin, 1992). Örneğin, ABD'nin güneybatısında uzun süreli bir kuraklık sırasında (2001-2004) meydana gelen *Ips confusus* LeConte salgını büyük bir ekolojik hasara ve ekonomik kayba neden olmuştur. Salgın pik yaptığı sırada, 1,6 milyon hektarlık alandaki çam ağaçlarının yaklaşık %15-30'unu öldürmüştür (Breshears vd., 2005; Williams vd., 2010). Avrupa'da, *I. typographus* (L.) periyodik salgınlar meydana getirerek binlerce hektar sağlıklı ladin ağacını öldürmektedir (Schroeder ve Lindelöw, 2002, Stadelmann vd., 2013). Ek olarak, *I. pini* (Say) ve *I. paraconfusus* Lanier gibi bazı türler, çam ağaçlarının tepelerini kurutarak *Dendroctonus* spp. tarafından saldırıya uğramaları riskini artırmaktadırlar (Furniss ve Carolin, 1992). *Ips* türlerinin yaşam döngüsünün çoğu, ağaç kabuğunun altında kambiyum ve floem içinde geçer (Furniss ve Carolin, 1977). Erkekler tipik olarak konukçu ağacı kolonize eder ve bir kuluçka odası oluştururlar.

Erkekler beslendikçe, aynı türe ait erkekleri ve dişileri konukçu ağaca çeken yarı kimyasallar üretirler (Wood, 1982). Ana yarı-kimyasal bileşenler, ipsenol, ipsdienol ve cis-verbenol, konakçı ağaç terpen bileşiklerinin oksidasyon yan ürünleridir veya böceğin bağırsağında de novo sentezlenir. *Ips* türleri poligamdır ve türe bağlı olarak bir erkek 2-6 dişi ile çiftleşir. Çiftleşmeden sonra, dişiler floemde yumurta galerileri açarlar ve bu galeriler boyunca nişlere 20-30 yumurta bırakırlar (Chararas, 1962). Ortam sıcaklığına bağlı olarak, yumurtalar 7 gün sonra açılır ve larvalar 3-6 hafta boyunca kabuk altında beslenerek bu dönemin sonunda pupa olurlar (Chararas, 1962; Lekander, 1968). Genç erginler 1-3 hafta içinde ortaya çıkar ve geliştikleri ağacı terk etmeden önce 1-2 hafta beslenirler (Chararas, 1962). Bazı erkekler ilk kuluçka ile eşzamanlı olarak ikinci bir kuluçka üretmek için yeniden ortaya çıkabilirler (Reid ve Roitberg, 1994). Böcekler, yaz sıcaklıklarına göre 6-8 haftada gelişmeyi tamamlar ve bu nedenle iklime bağlı olarak yılda 1-5 generasyon meydana gelebilir (Furniss ve Carolin, 1992). Yetişkinler tipik olarak ağaç kabuğunun altında veya ölü örtü içinde, ancak bazı türlerde ise canlı ağaçların kabuğunun altında veya dalların ksilemlerinde kışlar (Chansler, 1964; Lanier, 1967; Cognato, 2015).

1.2 *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)' un Zararı, Ekolojisi, Biyolojisi, Yayılması ve Mücadelesi

Ips typographus (L.) yayılış gösterdiği ülkelerde en önemli orman zararlısı olarak kabul edilir (Christiansen ve Bakke, 1988; Gregoire ve Evans, 2004; Gregoire et al., 2015). Dikili haldeki ağaçlara kitle halinde saldırırlar. Saldırıya uğrayan ağaçlar böceklerin ve beraberinde getirerek ağaçlara bulaştırdıkları *Ophiostoma* (*Ceratocystis*) *polonium* fungusunun birleşik etkisi sonucu ölürler. Avrupa'da 1950-2000 yılları arasında, yılda 2-9 milyon m³ ağacın kabuk böcekleri, özellikle de *I. typographus* zararı nedeniyle öldüğü kaydedilmiştir (Schelhaas vd., 2003). Bu türün, gelişmek için ileri yaştaki ladin ağaçlarını tercih etmesi, zararının ekonomik etkisini artırmaktadır (Wermelinger, 2004; Müller vd., 2008; Alkan-Akıncı ve Eroğlu, 2019).

Böceğin Artvin ormanlarındaki varlığı 1984 yılında tespit edilmiştir (Alkan, 1985). Yayılış gösterdiği alanlarda 1998–2001 yılları arasında 1,5 milyon metreküp ladin ağacını kurutmuştur (Yüksel ve Alkan, 2003). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Orman Zararlıları ile Mücadele Şubesi'nin kayıtlarına göre 2002–2005 yılları arasında

bölge müdürlüğü genelindeki ormanların yaklaşık 20.000 ha'lık bölümünde 350.000 m³ ladin ağacının kurummasına neden olmuştur. Geçtiğimiz son 10 yılda ise 19.651 ha alanda 72.407 m³ ladin ağacını kurutmuştur. Bu dönemde, Hatila Vadisi Milli parkı sahasında 320 ha alanda 13.517 m³ ağaca zarar vermiştir. Son 10 yılda Artvin Orman Bölge Müdürlüğü genelindeki ormanlarda, feromon tuzaklarında, tuzak başına ortalama 1804 adet *I. typographus* yakalanmıştır. Silvikültürel zararlara ek olarak *I. typographus*'un meydana getirdiği geniş çaplı salgınlar ekosistemi de etkilemektedir. Büyük ölçekteki ağaç ölümleri küresel karbon dengesini ve ormanın ekosistem hizmetlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Kurz vd., 2008; Kautz vd., 2016). *I. typographus*, günümüzde, Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü bünyesindeki 15 ha'lık saha haricinde, Artvin ormanlarında endemik popülasyona sahiptir. *I. typographus* için risk/zarar eşiği tuzak başına ortalama 5.000 böceğin yakalandığı durumlardır (Faccoli ve Stergulc, 2004).

I. typographus'un büyük ölçekli istilaları genellikle şiddetli fırtınalar tarafından tetiklenmiştir. Avrupa'da 1990 yılında meydana gelen Vivian/Wiebecke, 1999'da Lothar, 2005'te Gudrun ve 2007'de meydana gelen Kyrill gibi şiddetli fırtınalar böceğin Avrupa ormanlarındaki büyük ölçekli istilalarını tetikleyerek milyonlarca metreküp ağacın ölmesine veya zarar görmesine yol açmıştır (Wermelinger vd., 1999; Schroeder, 2010; Komonen vd., 2011; Stadelmann vd., 2013). Diğer tetikleyici etkenler, kar kırması, şiddetli kuraklık veya sıcak hava dalgaları gibi ilk üreme materyalini sağlayan olaylardır (Wermelinger, 2004; Netherer ve Schopf, 2010). Şiddetli kuraklık, ağacın gücünü ve dolayısıyla zararlılara karşı direncini azaltır (Lieutier, 2002; Turtola vd., 2003; Wermelinger vd., 2008) ve böylece kabuk böceği istilalarına karşı artan duyarlılığa yol açar (Rouault vd., 2006; Wermelinger vd., 2008; Faccoli, 2009). Benzer şekilde, *I. typographus*'un popülasyon dinamiğini tahmin etmede sıcaklığın kilit öneme sahip olduğu tespit edilmiştir (Wermelinger ve Seifert, 1998, 1999; Stadelmann vd., 2013).

Hatila Vadisi Milli Parkı'nda 1999-2000 yıllarında toplam 20.000 m³ ladin ağacının devrilmesine ya da zarar görmesine neden olan fırtınalar meydana gelmiştir. Bu fırtınaları izleyen dönemde, milli parkın 7.476 ha'lık bölümünde, şiddetli *I. typographus* salgınları oluşmuştur. Bu salgınlar 2009 yılına kadar devam etmiştir. Salgının şiddetli şekilde devam ettiği 2004 yılında feromon tuzaklarında ortalama

8.967 böcek yakalanmıştır. Salgın alanında bazı tuzaklarda tuzak başına ortalama 17.000 böcek yakalanmıştır (Coşkun vd., 2010). Milli park sahası içerisinde, 2015, 2016, 2017 ve 2019 yıllarında sırasıyla 2500 m³, 5844 m³, 9273 m³ ve 2114 m³ fırtına devriği olmuştur. Günümüzde endemik seviyede olan *I. typographus* popülasyonun, fırtına zararları, giderek artan kuraklık ve sıcaklık gibi etkenler dolayısıyla önümüzdeki yıllarda salgın oluşturma potansiyeline sahip olduğu göz önünde tutulmalıdır. Bu düşünceden hareketle, böcek popülasyonunun izlenmesi ve böceğe duyarlı olan meşcerelerin belirlenmesi, bir salgın oluşması durumunda oluşturulacak mücadele planına katkı sağlayacaktır.

Esas itibarıyla sekonder zararlı bir böcektir. Üremek için fizyolojik olarak zayıf düşmüş, ölmekte olan ya da ölmüş ağaçları ve 70 yaşından fazla olan yaşlı ağaçları tercih etmektedir. Bunların yanı sıra kar ve tepe kırmasına, fungus ya da *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) zararına ve uzun zaman devam eden kuraklık periyoduna uğramış ağaçlar böceğin epidemi oluşturmaları için uygun ortamları oluşturmaktadır. *I. typographus* genellikle çeşitli etmenler tarafından zayıf düşmüş (rüzgar, don, diğer böcekler gibi) kalın kabuklu 70 yaş ve üzeri ağaçlara bulaşarak ölümlerine neden olmaktadır. Avrupa’da yapılan çalışmalarda bu böceğin *Ophiostoma* (*Ceratocystis*) *polonium* fungusunu da taşıdığı belirlenmiştir (Wermelinger, 2004). Konukçu ağaçlar, kabuk böceği ve antagonist (rakip) türler arasındaki etkileşimleri içeren çoklu eşiklerin aşıldığı durumlarda kabuk böceği popülasyonları endemik seviyelerden epidemik seviyeye ulaşmaktadır (Raffa vd., 2008). Sıcaklık, diğer etkenlerin yanı sıra, böcek ve ağaç fizyolojisi, floem özellikleri, predatör etkinliği üzerinde etkilidir ve bunların tümü sonunda kabuk böceği üreme başarısını etkilemektedir (Bentz vd., 2010; Therrien vd., 2015). Konukçu ağaçların kuraklık stresi yaşaması, *I. typographus*’un da dahil olduğu (Netherer vd., 2015) çeşitli biyotik istilacılara karşı ağaçların direncini azaltmaktadır (Gaylord vd., 2013; Sangüesa-Barreda vd., 2015; Csank vd., 2016; Mezei vd., 2017). Küresel ısınma nedeniyle böcekle mücadele gelecekte daha zor hale gelebilecektir (Stadelmann vd., 2013).

Ips typographus, endemik popülasyon seviyelerinde, rüzgâr devriği veya başka şekilde hasar görmüş ağaçlar gibi savunmasız veya zayıf savunma sistemlerine sahip üreme materyalinde çoğalır. Salgın koşullarında ise çok sayıda canlı ağacı öldürebilir. Erkek

kabuğu delip, her iki cinsi de çeken bir toplanma feromonu salarak saldırıyı başlatır. Her bir erkek genellikle 2-3 dişi ile çiftleşir. Her bir dişi kabuk altında bir yumurta galerisi açar ve bu galeri boyunca yumurta koyar. Ergin erkek ve dişi, aynı yaz ikinci bir kuluçka daha kurmak için bulundukları kuluçka odası ve galeriyi terk edebilirler. Fırtınalar, *I. typographus*'a, savunmasız veya zayıf savunmaya sahip bol üreme materyali sağlamaktadır. Bu durumda, devrik ağaçlardaki *I. typographus* yumurta galerilerinin yoğunluğu düşük olmaktadır. Bu da daha uzun yumurta galerilerine (galeri başına daha fazla yumurta bırakılmasına) ve larvaların genellikle yaşadıkları güçlü tür içi rekabete maruz kalmadan gelişmelerine olanak tanımaktadır (Anderbrant vd., 1985; Anderbrant, 1990). Bu, dişi başına yavru sayısının arttığı anlamına gelir. Böylelikle, fırtına devriklerinin meydana gelmesinden sonraki yaz aylarında, *I. typographus* popülasyonu, böceklerin canlı ağaçların savunma mekanizmasını yenmelerine yetecek kadar yüksek yoğunluklara çıkabilmektedir (Christiansen, 1985; Mulock ve Christiansen, 1986; Christiansen vd., 1987; Schroeder, 2010).

Ergin böcekler uzak mesafelere uçabilirler. Rüzgarlar ve hava hareketleri 43 km mesafeye yayılmalarına yardımcı olan etkenlerdir (Nilssen, 1984). Kabuğu soyulmamış olan tomrukların başka yerlere nakledilmesi böceğin var olan yayılış alanının dışına taşınmasını sağlar. Böceğin saldırdığı ağaçlar genellikle meşcere kenarında ya da meşcere içi açıklıklara komşu direk güneş ışığına maruz kalan yerlerdedir. Ancak böcek popülasyonuna ve ağaçların direncine bağlı olarak meşcere içerisinde tek tek saldırıya uğramış ağaçlar da bulunur. Rüzgâr devriği, kar kırması olan ağaçlar veya devrikler ilk istila edilen ağaçlardır. Eğer istila edilmiş olan ağaçlar zamanında ormandan çıkarılmazlarsa, bu ağaçlarda gelişen erginler, en yakındaki meşcere sınırında ve güneşli tarafta bulunan ağaçları istila ederler (Alkan-Akıncı ve Eroğlu, 2019).

Sağlıklı ağaçlar üzerindeki saldırıların en aza indirilmesi *Ips typographus*'la mücadelede temel yaklaşımı oluşturur. Bu kapsamda, fırtına devriklerinin alandan kaldırılması, istila edilen ağaçların kesilmesi ve böceklerin kitle halinde yakalanması için feromon tuzaklarının kullanılması temel uygulamalardır. Böceğin kitle halinde yakalanmasında uzun süredir kullanılan feromon tuzaklarından, *I. typographus*'un ekonomik zarar seviyesinin belirlenmesinde yararlanılmaktadır. Ülkemizde, *I. typographus*'a kaşı feromon tuzağı kullanımı 1989'dan itibaren başlamıştır. Feromon

tuzaklarından günümüzde de *I. typographus*'un uçuş dönemlerinin tespit edilmesi, böceğin kitle halinde yakalanması gibi veri elde etme ve mücadele çalışmalarında yararlanılmaktadır (Alkan-Akıncı ve Eroğlu, 2019).

Biyolojik mücadele dünyada şimdiye kadar bu türe karşı aktif olarak yürütülmemiştir. Ancak bu türün yaklaşık 15 predatör ve 3 parazit türünün varlığı bilinmektedir. Bu türlerin, etki oranlarının az olduğu ve üretiminin çok zor olduğu belirtilmektedir. Bundan dolayı da uygulamaya geçilememiştir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda *Thanasimus formicarius* (L.) (Coleoptera: Cleridae)'un bu türün önemli bir yırtıcısı olduğu bilinmektedir ve böceğin biyolojik mücadelesinde kullanılmak üzere laboratuvarlarda üretilerek zarar gören orman alanlarına salıverilmektedir (Alkan-Akıncı ve Eroğlu, 2019).

Fırtınadan hemen sonra rüzgâr devriği olan ağaçların kurtarma kesimiyle alınması orman idarelerinin önceliği olmalıdır. Kurtarma kesimlerinin iki ana nedeni vardır: (i) kaliteleri kabuk ve ambrosia böcekleri tarafından bozulmadan önce devrik ağaçların değerini korumak ve (ii) devrik ağaçlarda çoğalmalarının bir sonucu olarak *I. typographus*'un neden olduğu sonraki ağaç ölümü riskini azaltmak. Ancak, geniş alanda meydana gelen fırtına devriklerinden sonra, *I. typographus*'un uçuş dönemi başlamadan veya yeni generasyonun ortaya çıkmasından önce devrik ağaçların tamamını kurtarma kesimleriyle almak mümkün olmayabilir. Bu durumda, orman idaresinin, fırtınadan zarar gören farklı türlerdeki meşcerelerde bulunan rüzgâr devriklerinin kabuk böcekleri tarafından istila edilme riskini değerlendirebilmeleri büyük bir öneme sahip olacaktır. Kolayca erişilebilen çevresel değişkenlere dayalı olarak bu riski değerlendiren modeller, sınırlı mücadele kaynaklarının kullanımını optimize etmek için kullanılabilir (zarar görmüş meşcerelerden ilk önce hangisinde kurtarma kesimi yapılacağı gibi). Risk değerlendirmeleri, ağaç ölümü riski düşük olan meşcerelerin belirlenmesine ve bu alanlardaki devriklerin alanda bırakılarak, gelişebilmeleri için ölü oduna ihtiyaç duyan tehdit altındaki birçok tür için rezerv oluşturulmasına olanak tanıyacaktır (Gärdenfors, 2005). Ayrıca, fırtınadan etkilenen milli parklar ve doğa koruma alanları gibi korunan alanlar için böceklerle mücadele kararlarına katkı sağlanabilir. Bu tür alanlar nadir türlere ev sahipliği yapabilmektedir ve bu da ileri yaştaki ladin ormanlarının varlığını gerektirmektedir. Bu nedenle, *I. typographus*'un, rüzgâr devriklerini ve dolayısıyla kalan canlı ladinleri istila etme riski

yüksekse, rüzgâr devriklerinin bir kısmını alandan çıkarmak veya bu devriklerin kabuklarının şeritler halinde soyulması ile kabuk böceklerinin üremesi için uygun olmayacak hale getirmek bir seçenek olabilir (Schroeder, 2010).

Etkili mücadele önlemlerini planlayabilmek için (yani kurtarma kesimleri veya sağlık kesimlerini), *I. typographus*'un istila riskinin yerel ve bölgesel ölçekte değerlendirilmesi çok önemlidir. *I. typographus* istila riskinin değerlendirilmesine katkı sağlayacak uzman sistemler (Netherer ve Nopp-Mayr, 2005), fenoloji modelleri (Baier vd., 2007) ve dinamik simülasyon modellerinde uygulanan her ikisinin kombinasyonu (Seidl vd., 2007; Fahse ve Heurich, 2011; Jönsson vd., 2012) çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Simülasyon modelleri genellikle mücadele önlemlerini hesaba katmasa da (örneğin, istilaya uğramış ağaçların kesilmesi, soyulması veya alandan çıkarılması veya fırtınadan zarar görmüş ağaçların kurtarma kesimleri ile alandan çıkarılması gibi), mücadele önlemlerinin ve ampirik analizlerden elde edilen bilgilerin birleştirilerek daha fazla geliştirilmesi gereken umut verici araçlardır. Örneğin, sonraki istilaların % 65-90'ının önceki istilalardan 100 m'lik mesafelerde meydana geldiği tespit edilmiş ve bu mesafe içinde bulunan istila edilmiş ağaçların sağlık kesimleri ile ormandan alınmasını tavsiye edilmiştir (Wichmann ve Ravn, 2001; Wermelinger, 2004; Kautz vd., 2011). Yine, böceğin aktif uçuş mesafesinin 500 m'den fazla olduğu ve istila edilmiş meşcerelerin, 500 m mesafe içinde bulunan komşu meşcerelere risk oluşturulduğu bilinmektedir (Schröter, 1999; Wichmann ve Ravn, 2001; Wermelinger, 2004). Pratikte, istila edilmiş meşcerenin çevresinde 100 m – 1500 m tampon bölge oluşturularak, böceklerle mücadele edilmesinin etkili olduğu ve komşu meşcerelerin istila edilmesini önlediği kaydedilmiştir (Heurich vd., 2001; Wermelinger, 2004). Hatila Vadisi Milli Parkı'nda yürütülen bir çalışmada, *I. typographus* yoğunluğunun 1700-2200 m'deki üst rakımlarda daha yüksek olduğu ve feromon tuzaklarında yakalanan böcek miktarının sıcaklık ve rüzgâr hızı ile doğru orantılı, yağış ve nem ile ters orantılı olduğu bildirilmiştir (Akkuzu ve Sarıyıldız 2010, 2011). Başka bir çalışma, rüzgar devriği olan ağaçların üç vejetasyon döneminden daha fazla süre böceğin istila etmesine elverişli durumda kaldığını ve ağaçların çoğunun bu zaman içerisinde istila edeceğini göstermiştir (Schroeder, 2010). Böylelikle, önceliklerin belirlenmesinin gerekli olduğu sınırlı mücadele kaynakları bu tür bilgilerle yönlendirilebilir. Ancak, bu tür

tavsiyeler için, farklı mücadele yöntemlerinin önemi hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Uzun süreli bir deneyim ve risk değerlendirmesi ve kabuk böceği zararlarını azaltmak için pratik mücadele önlemleri konusunda nispeten geniş bir fikir birliği olmasına rağmen (Wichmann ve Ravn, 2001), mücadele yöntemlerinin etkilerini nicel olarak kapsamlı bir şekilde değerlendiren çalışmalar sınırlıdır. İsviçre’yi geniş ölçüde etkileyen 1999 yılındaki Lothar fırtınasından sonra kabuk böceği istilaları ve mücadele yöntemlerinin etkileşimi araştırılmıştır. Çalışma, kurtarma kesimleri ve sağlık kesimlerinin sonraki yıllarda *I. typographus*’un istila dinamikleri üzerindeki birleşik etkilerini ölçen ve böylece orman idarecilerinin kabuk böceği zararı ile mücadele stratejilerini iyileştirmesine olanak tanıyan ilk çalışmadır. Sağlık kesimleri ve kurtarma kesimleri yeni istila noktalarının meydana gelmesini azaltmaktadır. Büyük ölçekli fırtına hasarının olduğu bölgelerde, kurtarma kesimleri, ilk yıldaki sağlık kesimlerinden daha acildir ve bu nedenle, fırtınadan sonraki ilk yılda öncelik verilmesi önerilmiştir (Stadelmann vd., 2013).

Avrupa genelinde *I. typographus* istilaları nedeniyle *Picea abies* ağaçlarının ölmesinde ana açıklayıcı etkenlerin yağışın az olması ve sıcaklık artışları olduğu kanıtlamıştır (Marini vd., 2012, 2013, 2017; Seidl vd., 2015). Abiyotik olaylar nedeniyle parçalanmış meşcereler ve meşcere kenarları, termal koşulları bakımından kapalı meşcerelerden farklılık göstermektedir (Netherer ve Nopp-Mayr, 2005; Tuff vd., 2016). Sonuç olarak, ölü ağaçların bulunduğu geniş alanlarda ağaçların gölge etme oranının azalması ve daha sıcak, daha kuru koşulların oluşması, konukçu ağaçta stresin ve böcek saldırılarına karşı duyarlılığın artmasına yol açmaktadır (Peters vd., 2004). Konum ve konukçu ağaçla ilgili etkenler, kabuk böceği saldırısına bağlı ağaç ölüm oranlarındaki değişkenliğin %30-53’ünü açıklamaktadır (Mezei vd., 2014). Ayrıca, böceklerle mücadele çalışmalarındaki farklılıklar da çalışma alanındaki ağaç ölüm oranındaki değişkenliği %36 oranında açıklayabilmiştir (Mezei vd., 2017).

Hatila Vadisi Milli Parkının 835,5 ha’lık bir bölümünde daha önce yapılan çalışmada, güney bakıda, 1800-2000 m arasındaki yükseltide bulunan, 30° - 45° eğim grubunda yer alan, meşcere kenarına ilk 150 m mesafede olan saf ladin meşcerelerinin *I. typographus* salgınlarına en duyarlı alanları oluşturduğu tespit edilmiştir (Alkan-Akinci, 2017). Sonraki generasyonda daha yüksek sayıda *I. typographus*’un gelişeceği alanlar belirlenmiştir. 105 feromon tuzağından 33’ünün bu alanlarda bulunduğu ve bu

tuzaklarda toplanan ortalama böcek sayısının, tuzakların tamamında toplanan ve saf ladin meşcerelerinde bulunan tuzaklarda toplanan ortalama böcek sayısının sırasıyla 2 ve 1,3 katı böcek topladığı belirtilmiştir. Bu tuzaklar çalışılan alanın tamamında elde edilen toplam böcek sayısının %63,3'ünü yakalamıştır (Alkan-Akıncı ve Aksu, 2018). Sınırlı sayıda izleme birimi ile izleme için yararlı veriler sağlayabilen çalışmalar, böceğe karşı yürütülen mücadele çalışmalarının en ekonomik ve hızlı bir şekilde uygulanmasına katkı sağlamaktadır.

Kabuk böcekleri genellikle, yalnızca tek bir generasyon için üremeye uygun olan dağınık habitat birimlerinde yaşarlar. Bu durum, yeni generasyona ait erginlerin yeni üreme alanları bulmak için çevreye dağılması gerektiği anlamına gelir. Bu iki özellik, kabuk böceği populasyonlarının, üreyebilecekleri uygun materyalin konumsal ve zamansal mevcudiyetine bağlı olarak hem uzay hem de zaman açısından çok değişken olduğu anlamına gelir. Kabuk böceklerinin zamansal ve konumsal dinamiklerinin incelenmesi, hem ormancılık açısından sahip oldukları ekonomik önemleri, hem de bu küçük böceklerin yeni alanlara taşınabilme ve yerleşebilmelerinin kolaylığı nedeniyle çok önemlidir (Knížek ve Beaver, 2007).

Bu çalışmada, Hatila Vadisi Milli Parkı ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlıca Orman İşletme Şefliği ormanlarında *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)'un lokal yayılımı Frekans Oranı Yöntemi ve Ters Ağırlıklı Mesafe Enterpolasyon Yöntemi ile araştırılmıştır. *I. typographus*'un bir sonraki generasyonunda daha yüksek sayıda böceğin gelişebileceği alanlar ve *I. typographus* salgınlarına en duyarlı alanlar belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları, yüksek masraflı ve emek yoğun çalışmalar olan *I. typographus*'la mücadele çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Sınırlı zamanın, kaynakların ya da işgücünün olduğu dönemlerde yani sınırlı mücadele kaynaklarına sahip olunması durumunda mücadele çalışmalarında öncelikle müdahale edilecek alanların belirlenmesi önem taşımaktadır. Etkili mücadele önlemlerini planlayabilmek için *I. typographus*'un istila riskinin yerel ve bölgesel ölçekte değerlendirilmesinin çok önemli olduğunun bilinciyle, yerel ölçekte elde edilen veri, böceğe karşı uygulanacak mücadele yöntemlerinin planlanmasına katkı sağlayacak şekilde sunulmuştur.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

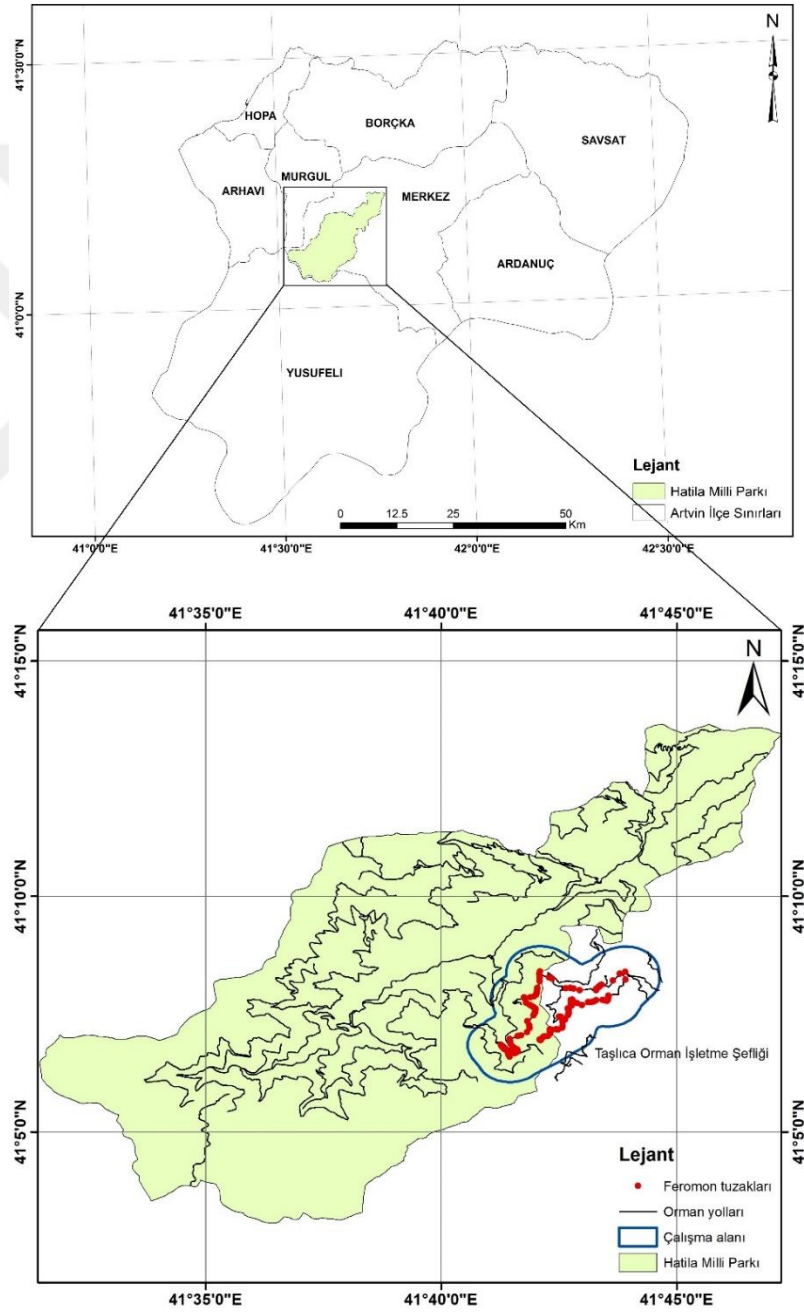
Bu çalışma, Hatila Vadisi Milli Parkı ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlıca Orman İşletme Şefliği ormanlarında, Basil Deresinden Hanzat mevkisine kadar uzanan hat boyunca 2019 yılında yürütülmüştür (Şekil 1). Arazi çalışmaları, 11 Mayıs 2019 ile 21 Eylül 2019 tarihleri arasında sürdürülmüştür. Hanzat mevkisinden başlanarak Basil Deresine kadar, 11 Mayıs 2019 tarihinde, 1373 m – 1896 m arasında değişen yükseltilerde, toplam 120 feromon tuzağı araziye asılmıştır. Çalışmada Kanada tipi 7 hunili siyah feromon tuzakları ve yerli üretim, 1500 mg Metil Butenol+100 mg Cis Verbenol + 8 mg Ipsdienol feromon preparatları kullanılmıştır. Tuzaklarda toplanan *I. typographus* erginleri on beş gün aralıklarla tuzaklardan alınarak sayılmıştır. Çalışmada toplam 783.445 *I. typographus* ergini elde edilmiştir.

2.1.1 Hatila Vadisi Milli Parkı

2873 sayılı Milli Parklar Kanununa göre, “Milli park; bilimsel ve estetik bakımından, milli ve milletlerarası ender bulunan tabii ve kültürel kaynak değerleri ile koruma, dinlenme ve turizm alanlarına sahip tabiat parçalarını” ifade etmektedir.

Hatila Vadisi Milli Parkı, 2873 sayılı Milli Parklar Kanununun 3. maddesine istinaden Bakanlar Kurulunun 05.07.1994 tarih ve 94/5841 sayılı kararları ile milli park ilan edilerek, 31.08.1994 tarih ve 22037 sayılı resmi gazetede yayınlanmıştır. Milli Parkın toplam alanı 16.944 hektardır. Hatila Vadisi Milli Parkının %74,5’lik kısmı orman alanı, %24,5’lik kısmı hazine alanı ve %1’lik kısmı özel mülkiyet alanıdır. Yaklaşık 25 km uzunluğunda olan vadi birçok yan dereyle beslenmektedir. Alan içerisinde Taşlıca ve Tütüncüler köylerine bağlı 17 mahalle bulunmaktadır. Hatila Vadisi Milli Parkı, V tipi dar tabanlı ve genç vadi özelliklerine sahiptir. Vadi boyunca litolojik farklılıklardan kaynaklanan eğim kırıkları bulunur. Vadi yamaçlarının eğimi %80–90 hatta bazı yerlerde %100’e ulaşır. Vadinin orta kesimlerinde kanyon ve boğaz oluşumu mevcuttur. Milli parkın en yüksek rakımlı bölgesi 3224 metre, en düşük rakımlı bölgesi ise 170 metredir. Hatila Vadisi Milli Parkında 125’i endemik olmak

üzere 1349 adet bitki türü tespit edilmiştir. Hatila Vadisi Milli Parkı florasının en büyük özelliklerinden biri de ülkemizde hepsini aynı anda yalnızca bu vadiye görebileceğiniz 5 farklı orman gülü bulunmasıdır. Vadiye en geniş yayılışa sahip tür Doğu ladinidir. Anıtsal özellikte ladin, göknar, kestane ve ıhlamur ağaçları mevcuttur. Alan içerisinde *Ips typographus* zararından etkilenen meşçereler bulunmaktadır. (Eminağaoğlu ve Anşın, 2003; Anonim, 2021; URL - 2).



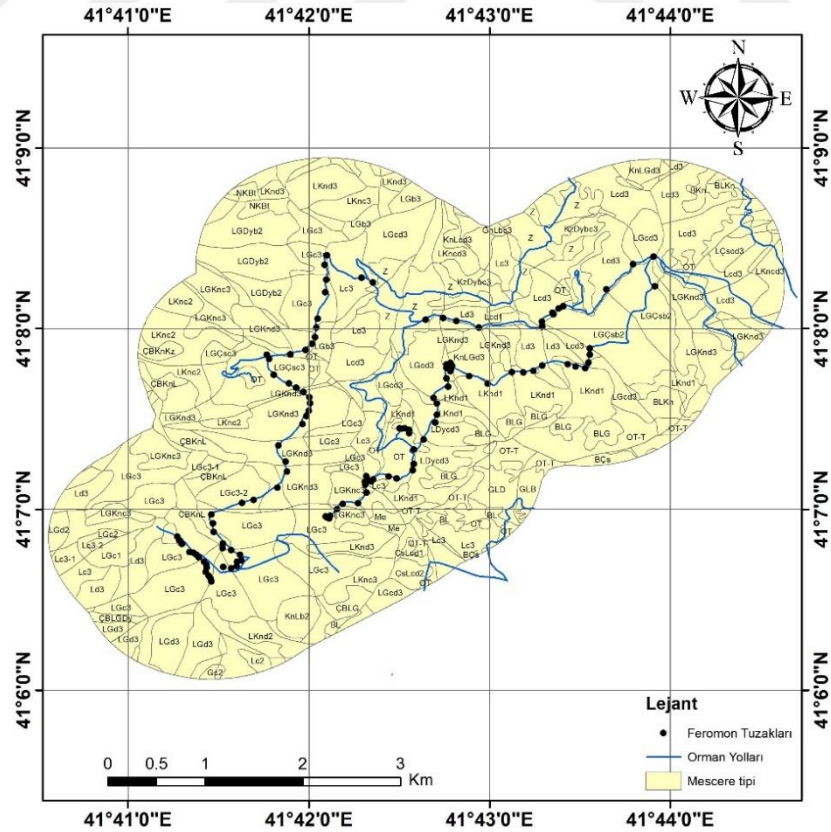
Şekil 1. Çalışma Alanının Konumu

Hatila Vadisi zengin bir fauna da içermektedir. Bu alanda en çok rastlanan türler, bozayı, karaca, vaşak, domuz, tilki, porsuk, çengel boynuzlu dağ keçisi, yaban keçisi, sansar, çakal, atmaca, kartal, Kafkas dağ horozu ve akarsularda bulunan dağalasıdır (URL - 2).

Yöre halkı yoğun olarak arıcılıkla uğraşmaktadır. Ayrıca hayvancılık ve geleneksel yaylacılık da devam etmektedir (Anonim, 2021).

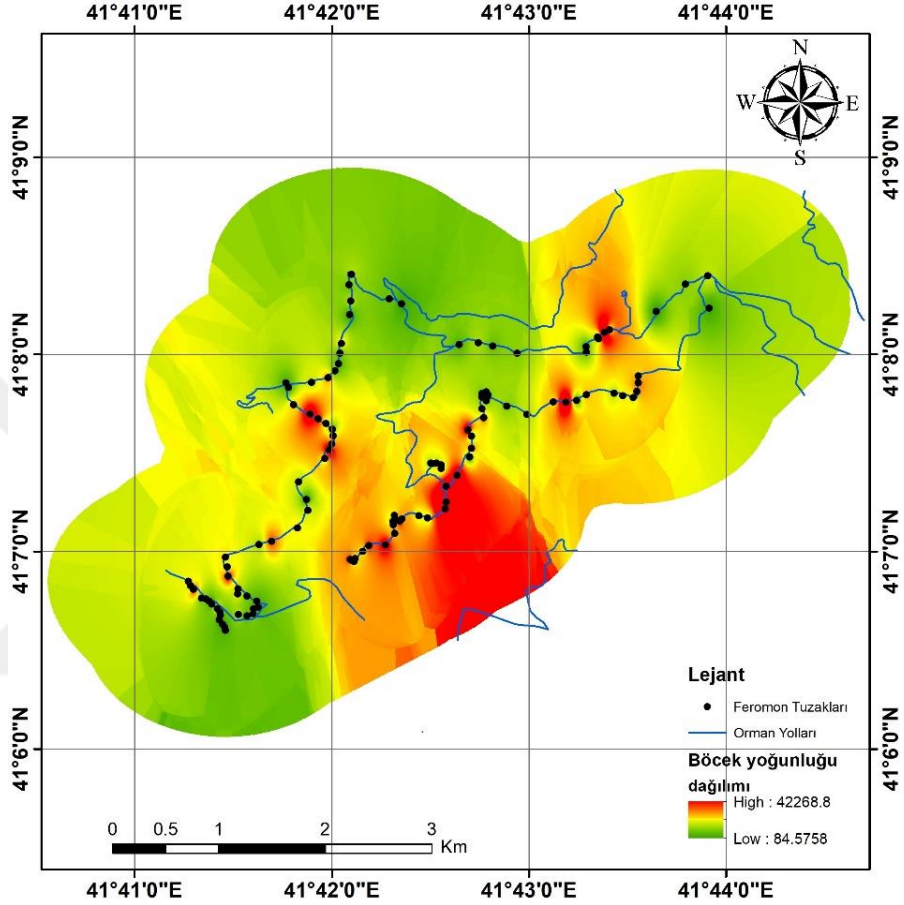
2.2 Yöntem

Çalışma alanının *I. typographus* duyarlılık haritasını üretmek için yükseklik, eğim, bakı, topoğrafik nemlilik indeksi (Topographic Wetness Index - TWI), alan güneş radyasyonu (Area Solar Radiation - ASR), *I. typographus* yoğunluğu, meşcere tipi ve yola yakınlık parametreleri kullanılmıştır. Çalışma sahasının meşcere haritası Doğa Koruma ve Milli Parklar Artvin Şube Müdürlüğünden sayısal olarak (ArcGIS.mdb formatında) temin edilmiştir (Şekil 2).



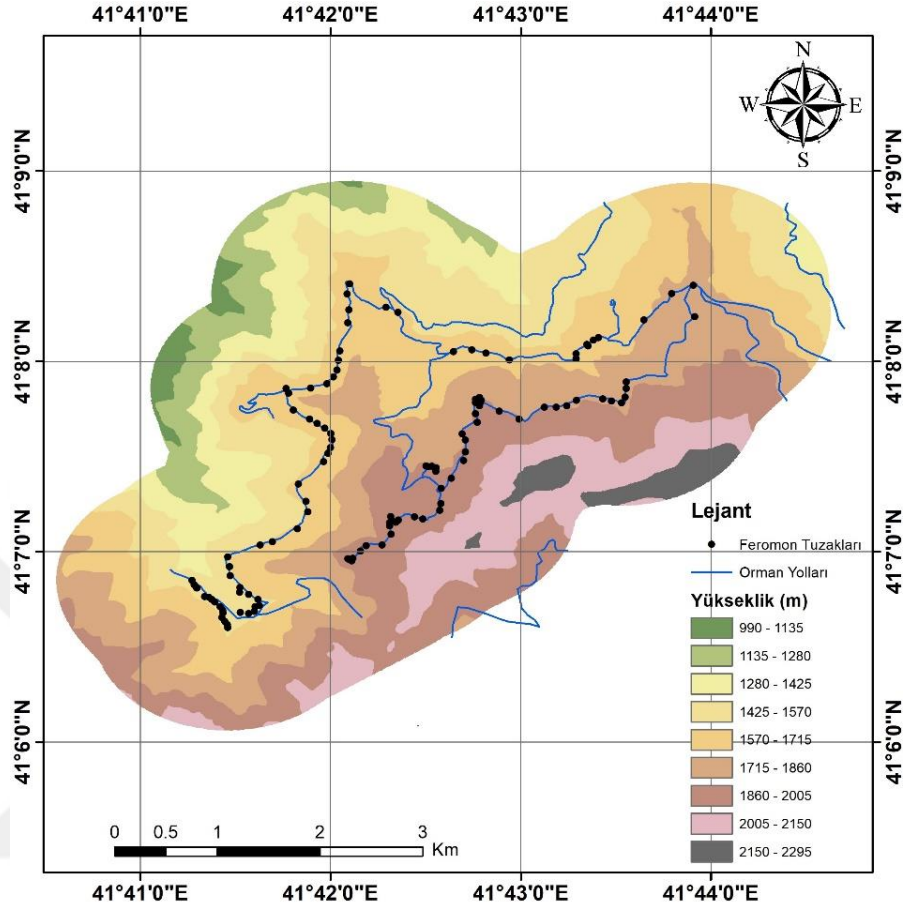
Şekil 2. Çalışma alanının meşcere haritası

Çalışma sahasının böcek yoğunluğu dağılımı haritası, sahaya yerleştirilen 120 adet feromon tuzağı aracılığı ile yakalanan toplam böcek sayıları kullanılarak “Ters Mesafe Ağırlıklı” (Inverse Distance Weighting - IDW) enterpolasyon yöntemi ile üretilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Alanın böcek yoğunluğu dağılım haritası

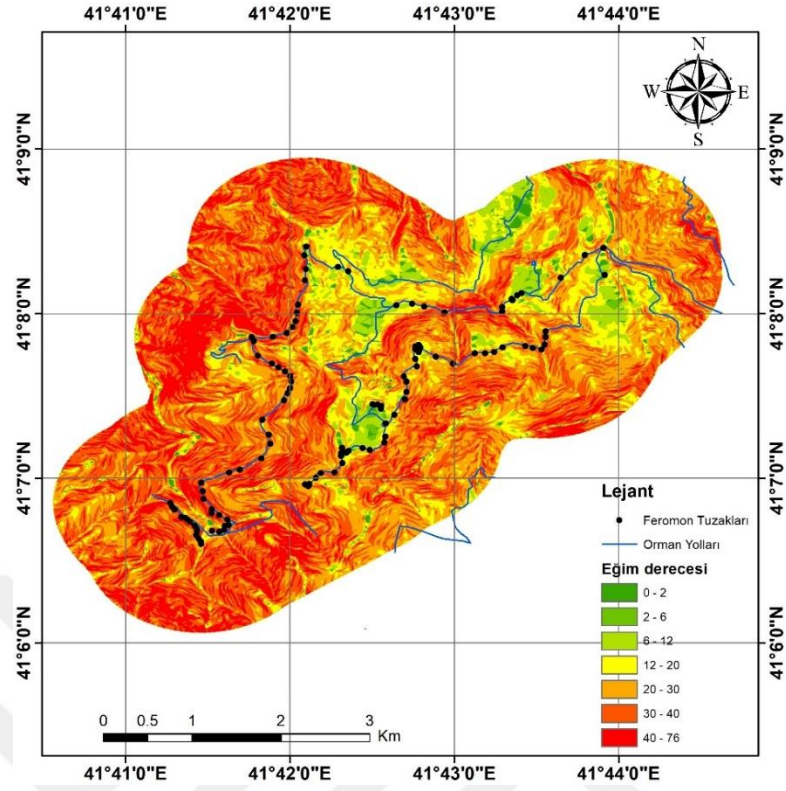
Çalışma sahasının Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), ArcGIS 10.2 yazılımında, 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalarındaki eşyükseklik eğrileri kullanılarak üretilmiştir. Elde edilen SYM, 5×5 m çözünürlükle raster tabanlı ESRI GRID formatına dönüştürülmüş ve 9 kategoriye ayrılarak çalışma sahasının yükseklik haritası üretilmiştir (Şekil 4).



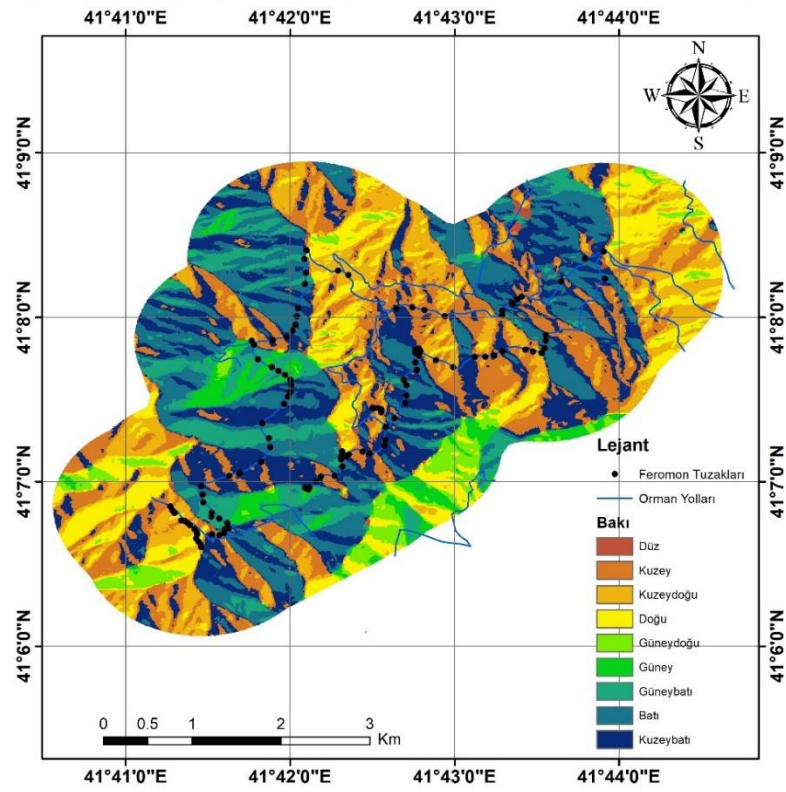
Şekil 4. Alanın yükseklik haritası

Sonraki adımda, ArcGIS 10.2 yazılımı aracılığıyla SYM'den çalışma sahasının ASR, TWI, eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur (Şekil 5-8). Tablo 1'de eğim grupları verilmiştir.

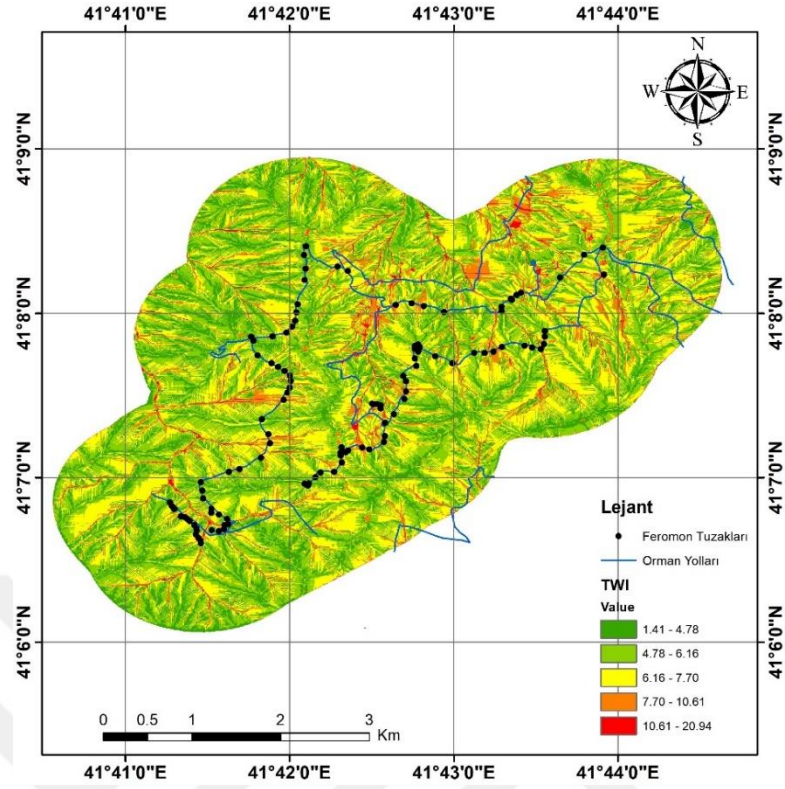
Arazi yüzeyindeki bir noktadaki bakı (aspect), o noktadan geçen teğet düzlemin baktığı yön olup derece (kuzeyden itibaren saat açısı yönünde tanımlanan açı) olarak ifade edilir. Çalışma alanının bakı haritası 9 kategoriye ayrılmış ve her bir bakı kategorisindeki böcek yoğunluğu yüzdesi hesaplanmıştır (Tablo 1).



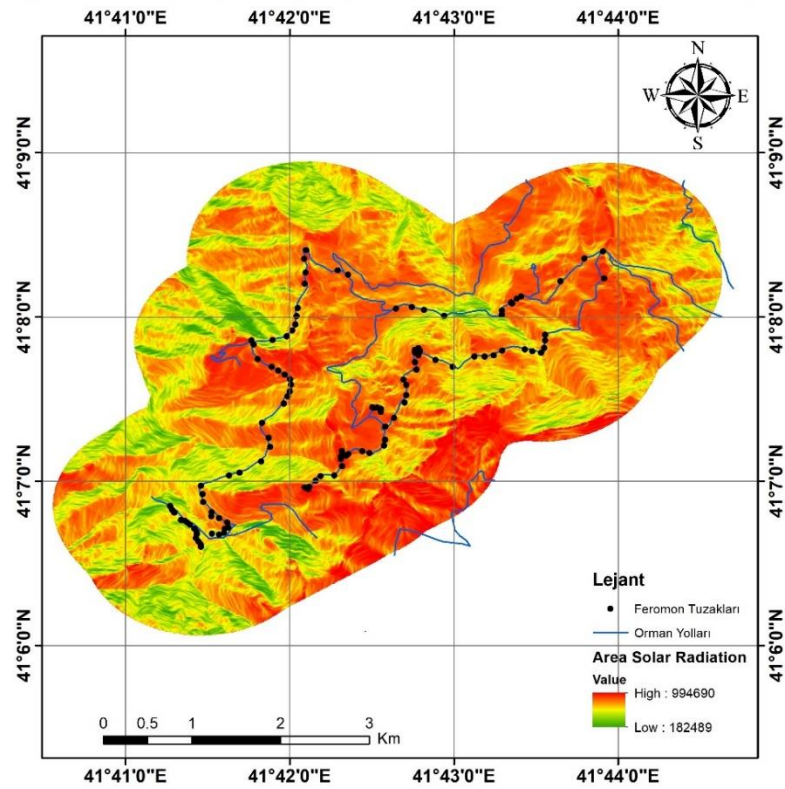
Şekil 5. Alanın eğim haritası



Şekil 6. Alanın bakı haritası

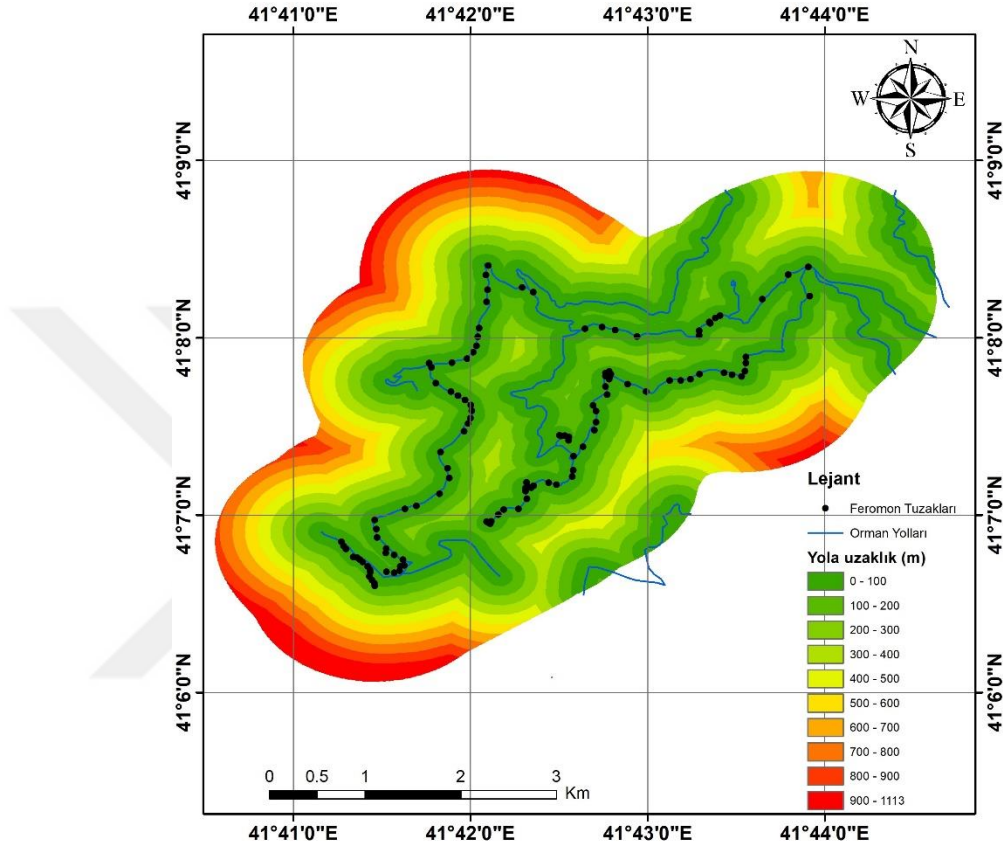


Şekil 7. Çalışma alanının topoğrafik nemlilik indeksi



Şekil 8. Çalışma alanının alan güneş radyasyonu haritası

Çalışma sahasındaki orman yolları, Google Earth üzerinden sayısallaştırılarak CBS ortamına aktarılmıştır. Daha sonra, ArcGIS 10.2 yazılımının “Euclidean Distance” fonksiyonu kullanılarak yolların etrafında tampon bölgeler oluşturulmuş ve 100 m aralıklarla 10 kategoriye ayrılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Çalışma alanının yola uzaklık haritası

Ardından, yola yakınlık ile böcek yoğunluğu arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için böcek yoğunluğu haritası ile yola yakınlık haritası karşılaştırılmıştır. *I. typographus*'un hangi meşcerelerde yoğunlaştığını belirlemek için böcek yoğunluğu ile meşcere tipi haritaları karşılaştırılarak meşcere tiplerindeki böcek yoğunlukları saptanmıştır.

2.2.1 Frekans Oranı Yöntemi

Frekans Oranı (Frequency Ratio - FR) yöntemi; kolay anlaşılan, doğru sonuçlar veren ve uygulaması kolay olan bir matematik modeline sahiptir. Bu özelliğinden dolayı yüksek hassasiyetli heyelan duyarlılık haritaları üretmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Nicu, 2017; Oh vd., 2017; Wang ve Li, 2017; Aditian vd., 2018;

Khan vd., 2019; Yan vd., 2019; Sifa vd., 2019). FR metodu, heyelan duyarlılık haritalandırma çalışmalarında, geçmiş heyelanlar ile heyelanların oluşumunda etkili olan faktörler arasındaki ilişkiyi ya da korelasyonu tanımlamak için kullanılır (Erener ve Düzgün, 2010). Yöntem bu çalışmada ise, çalışma sahasında *I. typographus* yoğunluğunun çok yüksek olduğu alanlar ile bu yoğunluğu etkileyen çevresel faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılmıştır. Uygulamada, çevresel faktörler alt sınıflara ayrılır ve her bir faktörün her bir alt sınıfındaki *I. typographus* yoğunluğunun çok yüksek olduğu piksel sayısı belirlenerek frekans oranları hesaplanır. Her bir çevresel faktörün alt sınıfının frekans oranını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

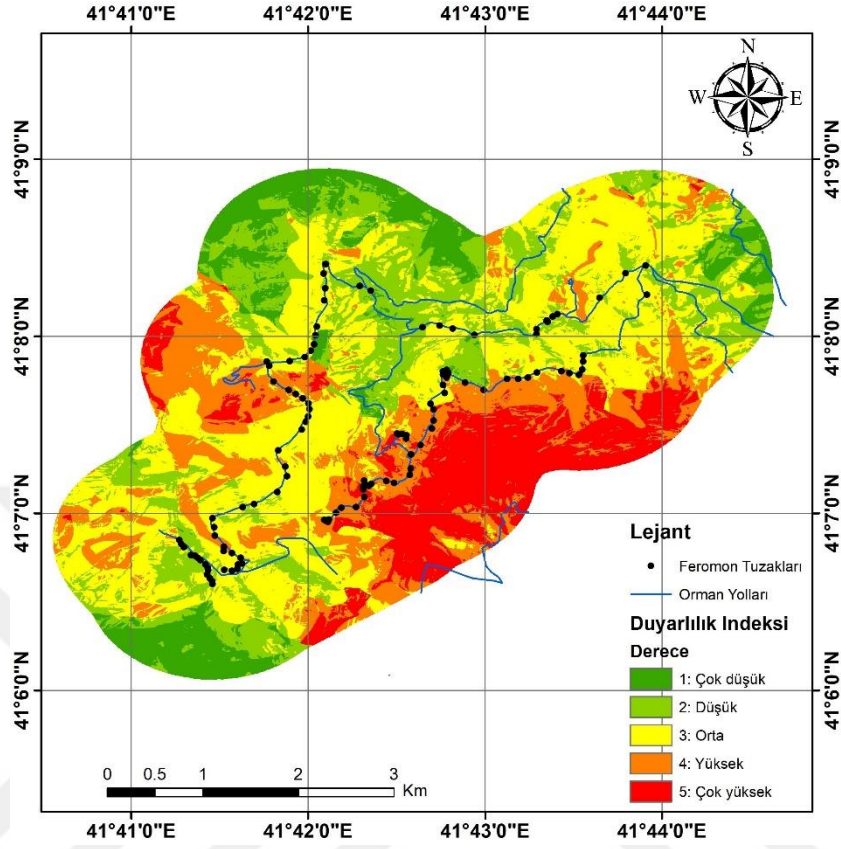
$$Fr = \frac{IpsVY}{AKY} \quad (1)$$

Formülde AKY, bir faktörün her bir alt kategorisinin çalışma alanındaki yüzdesini, IpsVY ise bir faktörün her bir alt kategorisinde *I. typographus* yoğunluğunun çok yüksek olduğu alanların yüzdesini ifade etmektedir. Diğer taraftan, $AKY = AKPS/B$ ve $IpsVY = IpsPS/A$ şeklinde hesaplanmaktadır. Bu formüllerdeki A değeri, çalışma alanında *I. typographus* yoğunluğunun çok yüksek olduğu alanlardaki toplam piksel sayısını, B ise çalışma sahasındaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir. Tablo 1’de verilen frekans oranı değerlerinden 1’den büyük olanlar yüksek korelasyonu, 1’den küçük olanlar ise düşük korelasyonu göstermektedir.

Her bir kategori için hesaplanan frekans oranları, CBS ortamında ilgili katmana atanmış, daha sonra tüm katmanlar ArcGIS 10.5 yazılımında “map algebra” fonksiyonu ile toplanarak (Denklem 2) *I. typographus* duyarlılık indeksi (IpsDI) bulunmuştur.

$$IpsDI = \sum_{i=1}^n Fr_i = Fr_1 + Fr_2 + \dots + Fr_n \quad (2)$$

Yapılan çalışmada IpsDI, 4,46-9,20 arasında değişmektedir. IpsDI daha sonra çalışma sahasında *I. typographus*’a karşı “çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek derecede duyarlı” alanları belirlemek amacıyla “doğal kırılmalar sınıflandırma yöntemi (natural breaks) kullanılarak 5 sınıfa ayrılmış ve Şekil 10’da gösterilen *I. typographus* duyarlılık haritası elde edilmiştir.



Şekil 10. Çalışma alanının duyarlılık haritası

2.2.2 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi

Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighting - IDW) enterpolasyon yöntemi, mühendislik ve Coğrafi Bilgi Sistemi çalışmalarında en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden biridir (Göğsu ve Hastaoğlu, 2019). IDW, hesaplaması ve yorumlanması kolay ve hızlı bir yöntemdir (Lu ve Wong, 2008). IDW enterpolasyonu Coğrafyanın İlk Yasasına uygundur: “her şey diğer her şeyle ilişkilidir, ancak yakın şeyler uzak şeylerden daha çok ilişkilidir” (Tobler, 1970; Johnston vd., 2001; Li vd., 2018). Bu kestirim yöntemi, komşu noktalardan lokal ara değerleri hesaplamak için kullanılır.

Tablo 1. Tez çalışmasında dikkate alınan faktörlerin frekans oranları

Faktör	Kategori	IpsPS*	IpsVY	AKPS	AKY	FR
Yükseklik (m)	990-1135	8703	1,88	10189	1,33	1,408536
	1135-1280	20786	4,48	39353	5,14	0,871011
	1280-1425	30545	6,58	71883	9,40	0,700720
	1425-1570	77289	16,66	133761	17,48	0,952837
	1570-1715	80842	17,43	166500	21,76	0,800670
	1715-1860	75213	16,21	137107	17,92	0,904615
	1860-2005	93796	20,22	124916	16,33	1,238217
	2005-2150	60183	12,97	64747	8,46	1,532797
	2150-2295	16559	3,57	16559	2,16	1,649038
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	
Eğim (°)	0-2°	4943	1,07	8083	1,06	1,008437
	2-6°	3921	0,85	6750	0,88	0,957908
	6-12°	21256	4,58	38611	5,05	0,907823
	12-20°	52833	11,39	96185	12,57	0,905792
	20-30°	149377	32,20	233783	30,56	1,053662
	30-40°	162275	34,98	260914	34,11	1,025616
	> 40°	69311	14,94	120689	15,78	0,947033
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	
Bakı	Düz	3580	0,77	5650	0,74	1,044877
	Kuzey	77207	16,64	136261	17,81	0,934363
	Kuzeydoğu	45215	9,75	117871	15,41	0,632566
	Doğu	48422	10,44	86899	11,36	0,918879
	Güneydoğu	25906	5,58	32530	4,25	1,313248
	Güney	23787	5,13	28209	3,69	1,390537
	Güneybatı	44724	9,64	61548	8,05	1,198277
	Batı	94374	20,34	144839	18,93	1,074478
	Kuzeybatı	100701	21,71	151208	19,77	1,098221
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	
Yola uzaklık (m)	0-100	113906	24,55	201550	26,35	0,931954
	100-200	95492	20,58	147942	19,34	1,064403
	200-300	65199	14,05	99638	13,02	1,079062
	300-400	50693	10,93	74773	9,77	1,117979
	400-500	40574	8,75	59791	7,82	1,119032
	500-600	33105	7,14	50676	6,62	1,077263
	600-700	26072	5,62	43092	5,63	0,997719
	700-800	20932	4,51	36854	4,82	0,936605
	800-900	12611	2,72	27966	3,66	0,743618
	900-1113	5332	1,15	22733	2,97	0,386780
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	

*IpsPS: *I. typographus* piksel sayısı, IpsVY: *I. typographus* varlığının yüzdesi, AKPS: Alt kategorideki piksel sayısı, AKY: Alt kategori yüzdesi, FR: Frekans oranı

Tablo 1 (devamı)

Faktör	Kategori	IpsPS*	IpsVY	AKPS	AKY	FR
Meşcere Tipi	BÇs	2128	0,46	2128	0,28	1,649038
	BG	264	0,06	264	0,03	1,649038
	BKn	1937	0,42	1937	0,25	1,649038
	BL	3320	0,72	3320	0,43	1,649038
	BLG	11558	2,49	12134	1,59	1,570758
	BLKn	5200	1,12	5200	0,68	1,649038
	BLKz	2895	0,62	2916	0,38	1,637162
	ÇBKKnKz	2002	0,43	2002	0,26	1,649038
	ÇBKKnL	12466	2,69	12667	1,66	1,622871
	ÇBLG	4553	0,98	4559	0,60	1,646867
	ÇBLGDy	1005	0,22	11366	1,49	0,145811
	Çsd2	2786	0,60	2786	0,36	1,649038
	ÇsLcd1	1016	0,22	1016	0,13	1,649038
	ÇsLcd2	2802	0,60	2802	0,37	1,649038
	Gc2	0	0,00	850	0,11	0,000000
	GDyc2	1602	0,35	1602	0,21	1,649038
	GLB	8744	1,88	8744	1,14	1,649038
	GnLbc3	762	0,16	762	0,10	1,649038
	KnLb2	2335	0,50	4615	0,60	0,834345
	KnLcd3	19	0,00	2932	0,38	0,010686
	KnLGd3	3025	0,65	7802	1,02	0,639367
	KzDybc3	5275	1,14	9465	1,24	0,919036
	Lb3	0	0,00	507	0,07	0,000000
	Lc2	0	0,00	1354	0,18	0,000000
	Lc3	20440	4,41	30638	4,00	1,100148
	Lcd1	723	0,16	1360	0,18	0,876658
	Lcd3	36186	7,80	64361	8,41	0,927147
	LÇscd2	645	0,14	1211	0,16	0,878307
	LÇscd3	560	0,12	4742	0,62	0,194741
	LÇsDyb2	794	0,17	794	0,10	1,649038
	Ld3	23675	5,10	33917	4,43	1,151074
	LDycd3	12440	2,68	12599	1,65	1,628227
	LGb3	276	0,06	6526	0,85	0,069742
	LGc1	3587	0,77	3606	0,47	1,640349
	LGc2	1486	0,32	1486	0,19	1,649038
	LGc3	58910	12,70	105691	13,82	0,919140
	LGcd3	15451	3,33	33908	4,43	0,751424
	LGÇsb2	14264	3,07	27337	3,57	0,860441
	LGÇsc3	12883	2,78	16157	2,11	1,314882

*IpsPS: *I. typographus* piksel sayısı, IpsVY: *I. typographus* varlığının yüzdesi, AKPS: Alt kategorideki piksel sayısı, AKY: Alt kategori yüzdesi, FR: Frekans oranı

Tablo 1 (devamı)

Faktör	Kategori	IpsPS*	IpsVY	AKPS	AKY	FR
Meşcere Tipi	LDyd2	2074	0,45	2074	0,27	1,649038
	LGd3	655	0,14	15448	2,02	0,069920
	LGdyb2	1993	0,43	29290	3,83	0,112207
	LGdycd3	0	0,00	96	0,01	0,000000
	LGKnc2	47	0,01	47	0,01	1,649038
	LGKnc3	21470	4,63	22093	2,89	1,602537
	LGKnd3	40212	8,67	64325	8,41	1,030876
	LKnc2	19001	4,10	19024	2,49	1,647044
	LKnc3	4685	1,01	10168	1,33	0,759809
	LKncd3	2862	0,62	19840	2,59	0,237880
	LKnd1	31095	6,70	33231	4,34	1,543042
	LKnd2	146	0,03	5577	0,73	0,043170
	LKnd3	4483	0,97	15406	2,01	0,479854
	Me	2270	0,49	2270	0,30	1,649038
	NKBt	0	0,00	3419	0,45	0,000000
	OT	13379	2,88	14438	1,89	1,528084
	OT-T	26723	5,76	26723	3,49	1,649038
	Z	14807	3,19	33483	4,38	0,729245
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	
TWİ	1.41-4.78	89970	19,39	154047	20,14	0,963108
	4.78-6.16	170259	36,70	285524	37,32	0,983327
	6.16-7.70	154780	33,36	245598	32,10	1,039251
	7.70-10.61	40665	8,77	65480	8,56	1,024101
	10.61-20.94	8242	1,78	14366	1,88	0,946079
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	
ASR	1	3321	0,72	7197	0,94	0,760936
	2	12256	2,64	24231	3,17	0,834081
	3	23339	5,03	46226	6,04	0,832581
	4	41088	8,86	74048	9,68	0,915024
	5	55769	12,02	94490	12,35	0,973280
	6	70847	15,27	119266	15,59	0,979570
	7	90282	19,46	151359	19,79	0,983611
	8	94156	20,30	155730	20,36	0,997026
	9	72858	15,70	92468	12,09	1,299321
	TOPLAM	463916	100,00	765015	100,00	

*IpsPS: *I. typographus* piksel sayısı, IpsVY: *I. typographus* varlığının yüzdesi, AKPS: Alt kategorideki piksel sayısı, AKY: Alt kategori yüzdesi, FR: Frekans oranı, TWİ: Topoğrafik nemlilik indeksi, ASR: Alan güneş radyasyonu

IDW yönteminde, bilinmeyen noktaların tahmini, noktaların birbirine olan mesafelerinin ağırlık hesabında kullanılmasıyla elde edilir ve yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanmaktadır (Zengin-Kazancı ve Tanır-Kayıkçı, 2015).

Yöntemdeki ağırlık fonksiyonu (w_i), aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır:

$$w_i = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^p} \quad (3)$$

Burada p, power ya da güç parametresi olarak adlandırılır ve yaygın olarak 2 değerine sahiptir.

Denklemdeki n, ölçüm değeri bilinen örneklem (ya da dayanak) nokta sayısını, d_i ise enterpolasyon noktasından örneklem noktasına olan mesafeyi ifade etmektedir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$d_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (4)$$

Burada (x_0, y_0) enterpolasyon noktasının koordinatlarını, (x_i, y_i) ise her bir örneklem noktasının koordinatlarını ifade etmektedir.

2.2.3 Topoğrafik Nemlilik İndeksi

Topoğrafik nemlilik indeksi (TWI), bir bölgede topoğrafik anlamda suya doygun alanların belirlenmesinde kullanılan bir parametredir ve CBS ortamında sayısal yükseklik modellerinden türetilmektedir. TWI, doğadaki belirli bir yerin uzun vadeli toprak nemi içeriğinin göreceli bir ölçüsüdür (Kopecký ve Čížková, 2010). Moore vd. (1991) tarafından;

$$TWI = \ln (A_s / \tan \beta) \quad (5)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada A_s , havza alanını (akış toplama alanını) ve β ise yamaç eğimini temsil etmektedir. Bu tez çalışmasında, ArcGIS 10.2 yazılımında sayısal yükseklik modeli kullanılarak çalışma alanının TWI haritası üretilmiştir (Şekil

7). TWI değerlerinin yüksek olduğu yerler çalışma alanında akışın biriktiği vadi ilerini, düşük değerler ise sırtları ifade etmektedir.

2.2.4 Alan Güneş Radyasyonu

Başta güneş enerji santralleri (GES) için uygun yer seçimi uygulamaları olmak üzere tarımsal, meteorolojik ve ekolojik araştırmalarda ihtiyaç duyulan önemli parametrelerden biri olan “Alan Güneş Radyasyonu” (Area Solar Radiation – ASR), bir bölgenin belirli bir zaman dilimi boyunca ne kadar güneş aldığını ifade etmektedir. Çalışma alanının ASR dağılım haritası, ArcGIS 10.2 yazılımının “area solar radiation” fonksiyonu kullanılarak üretilmiştir (şekil 8). Fonksiyona zaman dilimi olarak çalışma alanında örneklerin toplanmaya başlandığı 11 Mayıs 2019 ile 21 Eylül 2019 tarihleri girilmiştir.

2.2.5 İstatistik Analizler

Elde edilen verinin değerlendirilmesinde IBM SPSS 19.0 versiyonu kullanılmıştır. FR yönteminde kullanılan yükselti, eğim, bakı, orman yollarına uzaklık, meşcere tipleri, TWI ve ASR kategorilerinde, yakalanan toplam böcek sayısı bakımından fark olup olmadığı varyans analizi ile test edilmiştir. IDW enterpolasyon yönteminde böcek yoğunluğunun yüksek olduğu ve böcek yoğunluğunun orta - düşük olduğu alanlarda yakalanan toplam böcek sayısının karşılaştırılması için t test uygulanmıştır. Ortalama değerlerle birlikte standart hata değeri verilmiştir.

3 BULGULAR

Çalışmada toplam 783.445 adet *Ips typographus* ergini elde edilmiştir (Şekil 11). Tuzak başına ortalama $6529 \pm 626,37$ ($37 - 42.417$) böcek yakalanmıştır. En yüksek sayıda böcek 25.05.2019 tarihinde yakalanmıştır. Bu tarihte toplam 553.540 böcek yakalanmıştır. Tuzak başına ortalama böcek sayısı $4613 \pm 507,61$ ($0-40.677$)'tür. Çalışma sonunda elde edilen toplam böcek sayısının %70,65'i bu tarihte yakalanmıştır. *I. typographus* erginlerinin feromon tuzaklarından toplandığı tarihler ve bu tarihlerde yakalanan böcek sayıları Tablo 2'de sunulmuştur.

Yakalanan böceklerin tuzaklardan ilk toplandığı tarih olan 25.05.2019 tarihinde 35 feromon tuzağında 5000'den fazla sayıda böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklarda toplam 356.536 adet böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklarda yakalanan ortalama böcek sayısı $10.187 \pm 1259,26$ ($5.002-40.677$)'dir. Çalışma sonunda feromon tuzaklarından elde edilen böceklerin %45,51'si bu tuzaklarda yakalanmıştır. İzleyen kontrol tarihlerinde, bu tuzaklarda yakalanan toplam böcek sayısı, sırasıyla 58.277, 7.688, 3.691, 3.938, 32.433 ve 21.910'dur. Aynı tarihlerde feromon tuzağı başına düşen ortalama böcek sayısı, sırasıyla 1665, 220, 106, 113, 927 ve 626'dır. Geriye kalan 85 tuzakta toplam 197.004 adet *I. typographus* ergini yakalanmıştır. Tuzaklardaki ortalama böcek sayısı $2318 \pm 189,82$ ($0-4982$)'dir. Çalışma sonunda feromon tuzaklarının tamamından elde edilen böceklerin %25,15'i bu tuzaklarda yakalanmıştır.

Yakalanan böceklerin tuzaklardan toplandığı ikinci tarih 08.06.2019'dur ve bu tarihte 3 feromon tuzağında 5000'den fazla sayıda böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklarda toplam 21.781 adet böcek yakalanmıştır. Tuzaklardaki ortalama böcek sayısı $7261 \pm 1359,96$ ($5.025-9720$)'dir. Toplam böcek sayısının %2,78'dir. Geriye kalan 117 tuzakta toplam 75.897 adet böcek yakalanmıştır. Tuzak başına ortalama böcek sayısı $649 \pm 93,19$ ($0-3989$)'dur. Toplam böcek sayısının %9,69'dur.

Tuzaklardan yakalanan böceklerin toplandığı üçüncü tarih 22.06.2019'dur. Bu tarihte tuzaklarda toplam 20.243 adet böcek toplanmıştır. Tuzak başına ortalama böcek sayısı



a



b



c



d

Şekil 11. a. Hatila Vadisi Milli Parkında feromon tuzaklarının asıldığı bir alandan görünüm, b. çalışmada kullanılan 120 numaralı feromon tuzağı, c. tuzaklarda yakalanan *I. typographus* erginleri, d. kontrol tarihinde feromon tuzağından alınan *I. typographus* erginlerinin sayılması

Tablo 2. Kontrol tarihlerine göre feromon tuzaklarında yakalanan *Ips typographus* ergin sayıları

<i>I.typographus</i> erginlerinin feromon tuzaklarından toplandığı tarihler	25.05.2019	08.06.2019	22.06.2019	06.07.2019	27.07.2019	10.08.2019	30.08.2019	14.09.2019	21.09.2019
Feromon tuzaklarında yakalanan böcek sayısı	553540	97678	20243	9390	9296	57238	36060	0	0
Feromon tuzağı başına düşen ortalama böcek sayısı	4612,83	813,98	168,69	78,25	77,47	476,98	300,50		
Feromon tuzaklarında yakalanan min. ve max. böcek sayıları	0-40677	0-9720	0-2136	0-721	0-786	0-5100	4800		

169±34,69 (0-2136)'dur. Çalışmada elde edilen toplam böcek sayısının %2,58'i bu tuzaklardan elde edilmiştir.

Dördüncü kontrol tarihinde 9390 adet böcek toplanmıştır. Tuzak başına ortalama böcek sayısı 79±11,88 (0-721)'dur. Çalışmada elde edilen toplam böcek sayısının %1,20'si bu tuzaklardan elde edilmiştir.

Beşinci kontrol tarihinde toplam 9296 adet böcek elde edilmiştir. Tuzak başına ortalama böcek sayısı 78±10,76 (0-786)'dir. Çalışmada elde edilen toplam böcek sayısının %1,19'u bu tuzaklardan elde edilmiştir.

Altıncı kontrol tarihinde tuzaklardan birinde 5.100 adet böcek yakalanmıştır. Çalışmada elde edilen toplam böcek sayısının %0,65'i bu tuzaktan elde edilmiştir. Geriye kalan 119 tuzakta toplam 52.138 adet böcek yakalanmıştır. Tuzak başına ortalama böcek sayısı 439±57,31 (0-3116)'dur. Çalışmada elde edilen toplam böcek sayısının %6,65'i bu tuzaklardan elde edilmiştir.

Yedinci kontrol tarihinde toplam 36.060 adet böcek elde edilmiştir. Tuzak başına ortalama böcek sayısı 301±54,06 (0-4800)'dir. Çalışmada elde edilen toplam böcek sayısının %4,60'ı bu tuzaklardan elde edilmiştir.

Sekizinci kontrol tarihi olan 14.09.2019'da ve dokuzuncu kontrol tarihi olan 21.09.2019'da feromon tuzaklarında böcek yakalanmamıştır. Feromon tuzakları 21 Eylül tarihinde araziden toplanmıştır.

Çalışma alanında, 7. yükseklik kategorisinde (1860 - 2005 m yükseltide) bulunan feromon tuzaklarında yakalanan toplam böcek sayısı, 4-5-6. yükseklik kategorilerinde bulunan feromon tuzaklarında yakalan toplam böcek sayısından fazladır. Tuzaklarda yakalanan böcek sayısı bakımından görülen bu fark, 7. yükseklik kategorisi ve 4. yükseklik kategorisi (1425 - 1570 m yükselti) arasında istatistiksel olarak da anlamlıdır (ANOVA, df = 3, F = 2,816, p < 0,005).

3.1 *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) Yoğunluğunun Dağılımı

Toplam çalışma alanı 1912,48 ha'dır. IDW enterpolasyon yöntemine göre, bu alanın 1159,79 ha'lık kısmı, çalışılan alanın %60,64'ü, böcek yoğunluğunun yüksek olduğu alanlardır (Şekil 3). Bu alanlarda 60 feromon tuzağı bulunmaktadır. Bu tuzaklarda toplam 650.655 adet *I. typographus* ergini yakalanmıştır. Tuzak başına ortalama $10.844 \pm 950,31$ (5.043-42.417) böcek düşmektedir. Çalışmada elde edilen böceklerin %83,05'i bu tuzaklarda yakalanmıştır.

IDW enterpolasyon yöntemine göre, böcek yoğunluğunun orta ve düşük olduğu alanlarda toplam 60 feromon tuzağı bulunmaktadır. Bu tuzaklarda 132.790 adet *I. typographus* ergini yakalanmıştır. Tuzak başına ortalama $2.213 \pm 219,67$ (37-4.971) böcek düşmektedir.

Böcek yoğunluğunun yüksek olduğu ve böcek yoğunluğunun orta - düşük olduğu alanlarda yakalanan toplam böcek sayısı arasındaki fark anlamlıdır (t testi, $t = 8,849$, $df = 118$, $p < 0,005$).

3.2 *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)'a Duyarlı Alanlar

FR yöntemi kullanılarak oluşturulmuş olan duyarlılık haritasında, çalışılan sahanın %12,83'ünün *I. typographus* duyarlılığının çok yüksek, %19,70'inin yüksek, %36,62'sinin orta, %21,15'inin düşük ve %9,70'inin çok düşük duyarlılıkta olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10). *I. typographus* duyarlılığının 990 – 1135 m ve 1860 – 2295 m'ler arasındaki alanlarda en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışılan alanlarda eğim açısından, 0°- 2° ve 20°- 40° eğime sahip alanlar en yüksek duyarlılığa sahiptir. Güney, güneydoğu, güneybatı, batı ve kuzeybatı bakılarda bulunan meşcereler *I. typographus*'a karşı duyarlılığı yüksek olan alanları oluşturmaktadır. Orman yollarına 100 – 600 m mesafede bulunan alanlar yüksek duyarlılığa sahiptir. Saf ladin meşcereleri ve ladinin baskın tür olduğu ve göknar, kayın, gürgen, sarıçam ile karışım yaptığı meşcerelerden c ve d çağında olanların böceğe karşı duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Topoğrafik nemlilik indeksi, çok yüksek, yüksek, orta, düşük, çok düşük toprak nemi şeklinde beş kategoride değerlendirilmiştir. Çalışma alanında yüksek ve orta toprak nemi içeriğine sahip alanların *I. typographus*'a karşı duyarlı olduğu

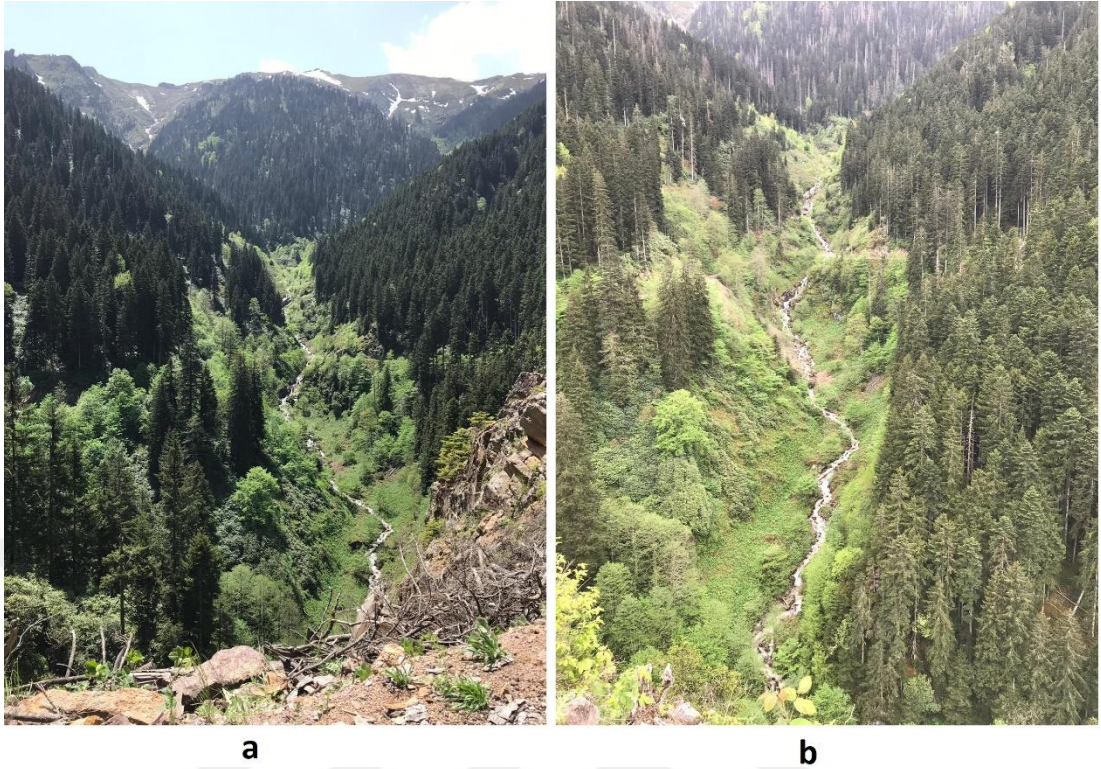
belirlenmiştir. Alan güneş radyasyonu 9 kategoride incelenmiştir ve 9. kategoride bulunan, en çok güneş alan meşcereler en yüksek duyarlılığa sahip alanlardır (Tablo 1).



4 TARTIŞMA

Çalışmada, tuzak başına ortalama 6529 adet *I. typographus* ergini yakalanmış iken, en yüksek sayıda böceğin yakalandığı ilk kontrol tarihinde tuzak başına ortalama 4613 adet böcek yakalanmıştır. İlk kontrol tarihinde 35 feromon tuzağında 5000’den fazla sayıda böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklarda yakalanan ortalama böcek sayısı 10.187’dir. Sonraki kontrol tarihlerinin ikincisinde ve altıncısında sırasıyla 3 ve 1 feromon tuzağında 5000’den fazla sayıda böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklardaki ortalama böcek sayısı sırasıyla 7261 ve 5100’dür. İkinci ve altıncı kontrol tarihlerinde 5000’den fazla sayıda böcek yakalanan tuzaklar ilk kontrol tarihinde 5000’in üzerinde böcek yakalanan tuzaklar içerisinde yer almaktadır. Otuz beş tuzaktan 19 tanesi Hatila Vadisi Milli Parkı sınırları içerisinde ve 16 tanesi de Taşlıca Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır. Milli park sahası içerisinde, 2015, 2016, 2017 ve 2019 yıllarında sırasıyla 2500 m³, 5844 m³, 9273 m³ ve 2114 m³ fırtına devriği olduğu Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Orman Zararlıları ile Mücadele Şubesi’nin kayıtlarında yer almaktadır. Yine, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Orman Zararlıları ile Mücadele Şubesi’nin 2019 yılının Ekim ayındaki kayıtlarına göre, Hatila Vadisi Milli Parkı içerisindeki Basil Deresi ile Arıpınar Mahallesi Soçidibi Mevkii arasında, yaklaşık 20 ha. alanda ladin ağaçlarında *I. typographus* zararına bağlı ağaç kurumalarının bulunduğu kaydedilmiştir. *I. typographus*, endemik popülasyon seviyelerinde, rüzgâr devriği veya başka şekilde hasar görmüş savunmasız veya zayıf savunma sistemlerine sahip ağaçlarda gelişmektedir. Bu ağaçlarda gelişen ve yeterli popülasyon büyüklüğüne ulaşan böcekler, çok sayıda canlı ağacı öldürebilmektedir (Christiansen, 1985; Mulock ve Christiansen, 1986; Christiansen vd., 1987; Schroeder, 2010).

Feromon tuzağı başına ortalama 5.000 böceğin yakalandığı durumlar *I. typographus* için risk/zarar eşiği olarak değerlendirilmektedir (Faccoli ve Stergulc, 2004). Bu nedenle vejetasyon dönemi boyunca 5000’in üzerinde böceğin yakalandığı mevkilerde ağaç kurumalarının olacağı beklenebilir. Çalışmada, feromon tuzaklarının araziye asılması sırasında ağaçlarda herhangi bir kuruma görülüyor iken, ikinci kontrol tarihinden itibaren kurumalar görülmeye başlanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. a. Feromon tuzaklarının araziye asılması sırasında alanda çekilen fotoğrafta sağlıklı görünen ladin ağaçları, b. aynı alanda *I. typographus*'un neden olduğu kurumalar

Feromon tuzaklarında yakalanan ortalama böcek sayısı, kontrol tarihlerine göre değerlendirildiğinde, ilk kontrol tarihinde 4613 ve izleyen kontrol tarihlerinde 814, 169, 79, 78, 477, 301'dir. Feromon tuzaklarının tamamı birlikte değerlendirildiğinde, feromon tuzaklarında yakalanan ortalama böcek sayısının, Faccoli ve Stergulc (2004) tarafından *I. typographus* için risk/zarar eşiği olarak belirtilen feromon tuzağı başına ortalama 5.000 adet böcek değerinin altında kaldığı görülmektedir. Ancak birinci, ikinci ve altıncı kontrol tarihlerinde feromon tuzaklarında yakalanan ortalama böcek sayısının 5000'in üzerinde olduğu feromon tuzakları ve alanlar dikkatten kaçmamalıdır. Ortalama böcek sayısının 10.187, 7261 ve 5100 olduğu bu alanlar *I. typographus* salgınının gelişebileceği noktalar olarak değerlendirilebilir. Son 10 yılda Artvin Orman Bölge Müdürlüğü genelindeki ormanlarda, feromon tuzaklarında, tuzak başına ortalama 1804 adet *I. typographus* yakalandığı düşünülürse, bu tuzaklardan elde edilen ortalama *I. typographus* ergin sayısı son 10 yıllık ortalamanın 2,82 – 5,64 katıdır. Hatila Vadisi Milli Parkı'nda 2000'li yılların başında başlayıp 2009 yılına

kadar devam eden bir *I. typographus* salgını meydana gelmiştir. Bu salgının en şiddetli şekilde devam ettiği 2004 yılında, feromon tuzaklarında ortalama 8.967 böcek yakalanmıştır. Salgın alanında bazı tuzaklarda tuzak başına ortalama 17.000 böcek yakalandığı kaydedilmiştir (Coşkun vd., 2010).

Çalışmada, 1860 - 2005 m yükseltide bulunan feromon tuzaklarında yakalanan toplam böcek sayısının, diğer yükseklik kategorilerinde bulunan feromon tuzaklarında yakalanan toplam böcek sayısından fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu farkın, 1425 - 1570 m'de bulunan feromon tuzaklarında yakalanan toplam böcek sayısından istatistiksel olarak da anlamlı olduğu bulunmuştur. Daha önce de, Hatila Vadisi Milli Parkı'nda yürütülen bir çalışmada, *I. typographus* yoğunluğunun 1700-2200 m'deki üst rakımlarda daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Akkuzu ve Sarıyıldız 2010, 2011). Tez çalışmasında, feromon tuzaklarından elde edilen toplam böcek sayısının yüksek olduğu rakımlar, Akkuzu ve Sarıyıldız (2010, 2011) tarafından belirtilen rakımlar ile örtüşmektedir.

IDW enterpolasyon yöntemine göre, çalışılan alanın %60,64'ü, böcek yoğunluğunun yüksek olduğu alanlardır. Bu alanlardaki 60 feromon tuzağında 650.655 adet *I. typographus* ergini yakalanmıştır. Tuzak başına ortalama $10.844 \pm 950,31$ böcek düşmektedir ve çalışmada elde edilen böceklerin %83,05'i bu tuzaklarda yakalanmıştır. Bu tuzaklarda toplanan ortalama böcek sayısı, tuzakların tamamında toplanan ortalama böcek sayısının 1,66 katıdır. Alkan-Akıncı ve Aksu (2018)'nin, Hatila Vadisi Milli Parkının güneybatısında, 835,5 ha'lık alanda gerçekleştirdikleri çalışmada, bu oran 2'dir. Çalışmalarında elde ettikleri toplam böcek sayısının %63,3'ü, IDW enterpolasyon yöntemine göre, böcek yoğunluğunun yüksek olduğu alanlardaki 33 feromon tuzaklarında yakalanmıştır.

Hatila Vadisi Milli Parkı alanının tamamındaki *I. typographus* yoğunluğunun, IDW enterpolasyon yöntemine göre belirlenmesi durumunda, böceklerle mücadele çalışmalarına önemli katkılar sunulabileceği anlaşılmaktadır. Vejetasyon döneminin başlamasıyla birlikte artan ormancılık faaliyetleri dolayısıyla sınırlı mücadele kaynaklarının kullanımının optimize edilmesi sağlanabilir. Önceliklerin belirlenmesinde böcek yoğunluğunun fazla olduğu alanlardan başlanabilir.

FR yöntemi kullanılarak oluşturulmuş olan duyarlılık haritasında, böcek duyarlılığının 990 – 1135 m ve 1860 – 2295 m’ler arasındaki alanlarda en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Alkan-Akıncı (2017), FR yöntemi kullanarak oluşturduğu duyarlılık haritasında, 1800-2000 m arasındaki yükseltide bulunan alanların *I. typographus*’a karşı duyarlılıklarının en yüksek olduğunu belirtmiştir. Buna ek olarak, tez çalışmasında 990 – 1135 m’ler arasındaki alanlarında da böceğe karşı duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçta çevresel faktörlerin etkisi görülmüştür. Temiz işletmecilik kabuk böcekleri ile mücadelede gözden kaçırılmaması gereken bir önlem olacaktır.

Eğimin 0° - 2° ve 20° - 40° olduğu, güney, güneydoğu, güneybatı, batı ve kuzeybatı bakılarda bulunan meşcereler, orman yollarına 100 – 600 m mesafede bulunan alanlar, saf ladin ve ladinin baskın tür olduğu karışık meşcerelerden c ve d çaığında olanların böceğe karşı duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanında yüksek ve orta toprak nemi içeriğine sahip alanların *I. typographus*’a karşı duyarlı olduğu belirlenmiştir. Alan güneş radyasyonu kategorilerinden, en çok güneş alan meşcereleri belirten 9. kategoride bulunan alanlar en yüksek duyarlılığa sahip alanlardır.

Daha önce Hatila Vadisi Milli Parkında yürütülen ve FR yöntemi kullanılarak oluşturulan duyarlılık haritasında, 30° - 45° eğim grubunda yer alan, güney bakıda, orman yollarına ilk 150 m mesafede olan saf ladin meşcerelerinin *I. typographus* salgınlarına en duyarlı alanları oluşturduğu kaydedilmiştir (Alkan-Akıncı, 2017). Tez çalışmasında, düz ve düze yakın alanlardaki özellikle orman içi açıklıklara komşu meşcereler *I. typographus*’a duyarlıdır. Böceğin, genellikle meşcere kenarında ya da orman içi açıklıkların etrafındaki direk güneş ışığına maruz kalan ağaçlara saldırdığı bilinmektedir (Alkan-Akıncı ve Eroğlu, 2019). Eğimin 20° - 40° olması, eğimin %36,4 – %83,9 arasında değiştiği alanları, eğimin 30° - 45° olması, eğimin %57,7 - %100 arasında değiştiği alanları ifade etmektedir. Kurak geçen yaz aylarında dik yamaçlardaki ağaçlarda su stresi yaşanması, bu ağaçları kabuk böceklerine karşı duyarlı hale getirmektedir (Mattson ve Haack, 1987; Abbott, 1993). Şiddetli kuraklık veya sıcak hava dalgaları kabuk böceklerine ilk üreme materyalini sağlayan olaylardır (Wermelinger, 2004; Netherer ve Schopf, 2010). Şiddetli kuraklık, ağacın gücünü ve dolayısıyla zararlılara karşı direncini azaltır (Lieutier, 2002; Turtola vd., 2003; Wermelinger vd., 2008) ve böylece kabuk böceği istilalarına karşı artan duyarlılığa

yol açar (Rouault vd., 2006; Wermelinger vd., 2008; Faccoli, 2009). Güneşli bakılarda bulunan ağaçlar kabuk böceklerine karşı daha duyarlıdır.

Alkan-Akıncı (2017) tarafından orman yollarına 150 m mesafede olan meşcerelerin duyarlı olduğu sonucu, tez çalışmasında duyarlı olduğu tespit edilen orman yollarına 100 – 600 m mesafede bulunan alanlar ile örtüşmektedir. Orman yollarına yakın alanların *I. typographus*'a karşı duyarlı olması, abiyotik olaylar nedeniyle parçalanmış meşcereler ve meşcere kenarlarının, termal koşulları bakımından kapalı meşcerelerden farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır (Netherer ve Nopp-Mayr, 2005; Tuff vd., 2016). Belli bir kapalıdaki meşcerede, bazı ağaçların alandan uzaklaştırılmasıyla, alanda ağaçların gölge etme oranı azalacak ve daha sıcak, daha kuru koşullar oluşacak bu da konukçu ağaçta stresin ve böcek saldırılarına karşı duyarlılığın artmasına yol açacaktır (Peters vd., 2004). *I. typographus*'un gelişmek için ileri yaştaki ladin ağaçlarını tercih etmesi, zararının ekonomik etkisini artırmaktadır (Wermelinger, 2004; Müller vd., 2008; Alkan-Akıncı ve Eroğlu, 2019). Kalın kabuklu 70 yaş ve üzeri ağaçlara bulaşarak ölümlerine neden olmaktadır (Wermelinger, 2004).

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Hatila Vadisi Milli Parkı ve Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Taşlıca Orman İşletme Şefliği ormanlarında, Basil Deresinden Hanzat mevkisine kadar uzanan hat boyunca, toplam 1912,48 ha alanda, 2019 yılında yürütülen çalışma kapsamında, 120 feromon tuzağı kullanılmış ve toplam 783.445 adet *Ips typographus* ergini elde edilmiştir. Feromon tuzağı başına ortalama 6529 adet *I. typographus* ergini yakalanmıştır.

İlk kontrol tarihinde feromon tuzaklarında toplam 553.540 adet böcek yakalanırken, izleyen kontrol tarihlerinde sırasıyla 97.678, 20.243, 9.390, 9.296, 57.238 ve 36.060 adet böcek yakalanmıştır. Kontrol tarihlerindeki, feromon tuzağı başına yakalanan ortalama böcek sayısı sırasıyla 4613, 814, 169, 79, 78, 477 ve 301'dir.

İlk kontrol tarihinde 35 feromon tuzağında 5000'den fazla sayıda böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklarda toplam 356.536 adet böcek yakalanmıştır. Bu tuzaklarda yakalanan ortalama böcek sayısı 10.187'dir. Sonraki kontrol tarihlerinin ikincisinde ve altıncısında sırasıyla 3 ve 1 feromon tuzağında 5000'den fazla sayıda böcek yakalanmıştır. İkinci kontrol tarihinde, bu tuzaklarda 21.781 adet böcek yakalanmıştır. Tuzaklardaki ortalama böcek sayısı 7261'dir. Altıncı kontrol tarihindeki tuzakta 5.100 adet böcek yakalanmıştır.

Çalışma alanında, 1860 - 2005 m yükseltide bulunan feromon tuzaklarında yakalanan toplam böcek sayısı, diğer yükseklik kategorilerinde bulunan feromon tuzaklarında yakalanan toplam böcek sayısından fazladır.

IDW enterpolasyon yöntemine göre, çalışılan alanın %60,64'ü, böcek yoğunluğunun yüksek olduğu alanlardır. Bu alanlarda 60 feromon tuzağı bulunmaktadır ve tuzak başına ortalama 10.844 böcek düşmektedir. Çalışmada elde edilen böceklerin %83,05'i bu tuzaklarda yakalanmıştır.

IDW enterpolasyon yöntemine göre, böcek yoğunluğunun orta ve düşük olduğu alanlarda toplam 60 feromon tuzağı bulunmaktadır ve tuzak başına ortalama 2.213 böcek düşmektedir.

FR yöntemi kullanılarak oluşturulmuş olan duyarlılık haritasında, çalışılan sahanın %12,83'ünün *I. typographus* duyarlılığının çok yüksek, %19,70'inin yüksek, %36,62'sinin orta, %21,15'inin düşük ve %9,70'inin de çok düşük duyarlılıkta olduğu tespit edilmiştir.

Böcek duyarlılığı 990 – 1135 m ve 1860 – 2295 m'ler arasındaki alanlarda en yüksektir.

Eğimin 0° - 2° ve 20° - 40° olduğu alanlar en yüksek duyarlılığa sahiptir.

Güney, güneydoğu, güneybatı, batı ve kuzeybatı bakılarda bulunan meşcereler *I. typographus*'a karşı duyarlılığı yüksek olan alanlardır.

Orman yollarına 100 – 600 m mesafede bulunan alanlar yüksek duyarlılığa sahiptir.

Saf ladin meşcereleri ve ladinin baskın tür olduğu ve göknar, kayın, gürgen, sarıçam ile karışım yaptığı meşcerelerden c ve d çağında olanlar *I. typographus*'a karşı duyarlılığı en fazla olan meşcerelerdir.

Çalışma alanında yüksek ve orta toprak nemi içeriğine sahip alanlar *I. typographus*'a karşı duyarlıdır.

Alan güneş radyasyonu 9. kategoride bulunan, en çok güneş alan meşcereler en yüksek duyarlılığa sahiptir.

Çalışma alanının belli bölgelerinde *I. typographus* yoğunluğu risk/zarar eşiğinin üzerindedir. Hatıla Vadisi Milli Parkı içerisinde 2015, 2016, 2017 ve 2019 yıllarında meydana gelen devriklerin, yol ağının yeterli olmaması nedeniyle kurtarma kesimleriyle alınamaması, milli park sahası içindeki *I. typographus* yoğunluğunun artmasına neden olmuştur. İleriki yıllar için ulaşılamayacak alanlarda meydana gelen fırtına devriklerinin kabuklarının şeritler halinde soyularak kabuk böceklerinin üremesi için uygun olmayan hale getirilmesi göz önünde bulundurulabilir.

Milli park sahası içerisinde *I. typographus*'un gelişimini tamamlayarak terk ettiği dikili kuru veya devrik ağaçların alanda bırakılması, bu tipte konukçuya ihtiyaç duyan pek çok canlının barınması için uygun olacaktır. Korunan alanlar nadir türlere ev sahipliği yapabilmektedir. Dünyanın birçok yerinde, türlerin insan etkisiyle çok daha

hızlı yok olduklarını gördüğümüz günümüzde, ormanların alanı, yaşı ve yapısal karışımı da ciddi şekilde azalmaktadır. Yaşam döngülerinin bir noktasında ölen veya ölmüş ağaçlara bağlı olan saproksilik canlılar, hayvan ve mantar biyoçeşitliliğinin yaklaşık % 20-30'unu oluşturmaktadır (Müller vd., 2016). Bu canlıların varlığının devam edebilmesine katkı sunulması ormanlarımızdaki biyoçeşitliliğinin devam etmesine katkı sunacaktır.

Fırtınadan hemen sonra ormanda meydana gelen devriklerin kurtarma kesimiyle alınması orman idarelerinin önceliği olmalıdır.

Zarar görmüş meşcerelerden ilk önce hangisinde kurtarma kesimi yapılacağı, feromon tuzaklarının asılmasına hangi meşcerelerden başlanacağı gibi mücadele çalışmaları planlanırken, sınırlı olan mücadele kaynaklarının kullanımını optimize etmek için duyarlılık haritalarının oluşturulması gerekmektedir.

I. typographus duyarlılık haritalarının oluşturulmasına korunan alanlardan başlanması, bu alanlarda bulunabilen tehdit altındaki birçok türün korunması için de katkı sağlayacaktır.

IDW enterpolasyon yöntemine göre, böcek yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda bulunan 60 feromon tuzağında, çalışmada elde edilen böceklerin %83,05'i yakalanmıştır. Sınırlı sayıda izleme birimi ile yürütülecek çalışmalar, böceklerle mücadele çalışmalarının en ekonomik ve hızlı bir şekilde uygulanmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbott I., 1993. Review of the ecology and control of the introduced bark beetle *Ips grandicollis* (Eichhoff) (Coleoptera: Scolytidae) in Western Australia, 1952–1990, *CALMScience*, 1, 35–46.
- Aditian, A., Kubota, T., Shinohara, Y., 2018. Comparison of GIS-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of Ambon, Indonesia, *Geomorphology*, 318, 101-111.
- Akkuzu E., Sarıyıldız T., 2010. İklimin *Ips typographus* (L.)’un tuzaklanması, yoğunluğu ve zararı üzerine etkisi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi (20 – 22 Mayıs 2010), Cilt IV, 1360-1367, Artvin.
- Akkuzu E., Sarıyıldız T., 2011. Artvin-Hatila Vadisi Milli Parkı ormanlarında *Ips typographus* (L.)’un etkileri, zararı etkileyen faktörler ve çözüm önerileri. Türkiye I. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu (23 – 25 Kasım 2011), s. 20, Antalya.
- Alkan, Ş., 1985. Şavşat İşletmesi Ormanlarında *Dendroctonus micans* Kug. (Dev soymuk böceği), *Orman Mühendisliği Dergisi*, 1, 59–62.
- Alkan-Akıncı, H., 2017. Artvin Hatila Vadisi Milli Parkı’nda *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)’a Duyarlı Meşcerelerin Frekans Oranı Yöntemi ile Araştırılması, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17, 1, 165-175.
- Alkan-Akıncı, H., Aksu, Y., 2018. Analyzing the Local Spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) by Pheromone Catches in Turkey’s Hatila Valley National Park, *Polish Journal of Environmental Studies*, 27, 3, 979-985.
- Alkan-Akıncı, H., Eroğlu, M., 2019. Şavşat Ormanlarında Zarar Yapan Böcek Türlerinin Tanıtımı ve Mücadele Yolları, İnceleme Raporu. T.C. Şavşat Belediye Başkanlığı, 14.03.2019 tarih ve 76651632-311.05.01.01-E.1674 sayılı rapor, Artvin, 51s.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., et al., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests, *Forest Ecology and Management*, 259, 660–684.
- Anderbrant, O., Schlyter, F., Birgersson, G., 1985. Intraspecific competition affecting parents and offspring in the bark beetle *Ips typographus*, *Oikos*, 45, 89–98.

- Anderbrant, O., 1990. Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities, *Ecological Entomology*, 15, 1–8.
- Anonim, 2021. Hatila Vadisi Milli Parkı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 12. Şube Müdürlüğü, Artvin Şube Müdürlüğü Bilgi Notu, 3s.
- Bače, R., Svoboda, M., Janda, et al., 2015. Legacy of pre-disturbance spatial pattern determines early structural diversity following severe disturbance in montane spruce forests, *Plos One*, 10, 9, 1–18.
- Baier, P., Pennerstorfer, J., Schopf, A., 2007. PHENIPS—a comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation, *Forest Ecology and Management*, 249, 171–186.
- Bentz, B.J., Régnière, J., Fettig, et al., 2010. Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and indirect effects, *Bioscience*, 60, 602–613.
- Berg, E.E., David Henry, Fastie, et al., 2006. Spruce beetle outbreaks on the Kenai Peninsula, Alaska, and Kluane National Park and Reserve, Yukon Territory: relationship to summer temperatures and regional differences in disturbance regimes, *Forest Ecology and Management*, 227, 219–232.
- Breshears, D.D., Cobb, N.S., Rich, P.M., Price, K.P., Allen, C.D., Balice, R.G., Romme, W.H., Kastens, J.H., Floyd, M.L., Belnap, J., Anderson, J.J., Myers, O.B., Meyer, C.W., 2005. Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 42, 15144-15148.
- Chansler, J.F., 1964. Over wintering habits of *Ips lecontei* Sw. and *Ips confusus* (Lec.) in Arizona and New Mexico, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Chararas, C., 1962. Étude Biologique des Scolytides des Conifères, Éditions Paul Lechevalier 12, Rue de Tournon, 12 Paris.
- Christiansen, E., 1985. *Ips/Ceratocystis*-infection of Norway spruce: what is a deadly dosage? *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 99, 6-11.
- Christiansen, E., Waring, R.H., Berryman, A.A., 1987. Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships, *Forest Ecology and Management*, 22, 89–106.
- Christiansen, E., Bakke, A., 1988. The spruce bark beetle of Eurasia, *Dynamics of Forest Insect Populations* (ed. By A. A. Berrymann), pp. 479-503.

- Cognato, A.I., 2015. Biology, Systematics, and Evolution of *Ips*. In: Vega, F.E. ve Hofstetter, R.W. (Ed.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, Academic Press, London, 351-367.
- Coşkun, A.K., Aksu, Y., Göktürk, B.Ç., 2010. *Picea orientalis* ormanlarında zarar yapan *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidea)'ın biyolojisi, morfolojisi, yayılışı, zararı, yapılan mücadele çalışmaları ve alınan sonuçlar üzerine araştırmalar, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi (20 - 22 Mayıs 2010), 1309-1317, Artvin.
- DeRose, R.J., Bentz, B.J., Long, J.N., Shaw, J.D., 2013. Effect of increasing temperatures on the distribution of spruce beetle in Engelmann spruce forests of the Interior West. U. S. A., *Forest Ecology and Management*, 308, 198–206.
- Erener A., Düzgün H.S.B., 2010. Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway), *Landslides*, 7 (1), 55-68.
- Eminağaoğlu, Ö., Anşin, R., 2003. The Flora of Hatila Valley National Park and its Close Environs (Artvin), *Turkish Journal of Botany*, 27, 1-27.
- Faccoli, M., Stergulg, F., 2004. *Ips typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: Spring catches determine damage thresholds, *Journal of Applied Entomology*, 128, 307– 311.
- Fahse, L., Heurich, M., 2011. Simulation and analysis of outbreaks of bark beetle infestations and their management at the stand level, *Ecological Modelling*, 222, 1833-1846.
- Furnis, R.L., Carolin, V.M., 1977. Western forest insects. Miscellaneous publication no. 1339. US Department of Agriculture, Forest Service, Washington DC.
- Furniss, M.L., Carolin, V.M., 1992. Western forest insects: United States Agriculture Forest Service Miscellaneous Publication, No. 1339, Washington, D.C.
- Gaylord, M.L., Kolb, T.E., Pockman, W.T., et al., 2013. Drought predisposes piñon–juniper woodlands to insect attacks and mortality, *New Phytologist*, 567–578.
- Gärdenfors, U., 2005. The 2005 Red List of Swedish Species, ArtDatabanken, SLU, Sweden (in Swedish with English summary).
- Göğsu, S., Hastaoğlu, K.Ö., 2019. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminde Güç Fonksiyonu Etkisinin İncelenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı (25-27 Nisan 2019), 1-8, Ankara.
- Gregoire JC, Evans HF, 2004. Damage and control of BAWBILT organisms – an overview. In: Lieutier F, Day K, Battisti A, Gregoire JC and Evans H (eds.).

Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis, Kluwer, Dordrecht, pp. 19–37.

- Gregoire JC, Raffa KF, Lindgren BS, 2015. Economics and politics of bark beetles. In: Vega FE and Hofstetter RW (eds.). *Bark Beetles, Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, Elsevier, pp. 585–613.
- Heurich, M., Reinelt, A., Fahse, L., 2001. Die Buchdruckermassenvermehrung im Nationalpark Bayerischer Wald. In: Heurich, M., (Ed.), *Waldentwicklung im Bergwald nach Windwurf und Borkenkäferbefall*. Bayer. Staatsforstverwaltung Wiss. Reihe, Grafenau, vol. 14, 9–48.
- Jönsson, A.M., Schroeder, L.M., Lagergren, F., Anderbrant, O., Smith, B., 2012. Guess the impact of *Ips typographus*- an ecosystem modelling approach for simulating spruce bark beetle outbreaks, *Agricultural and Forest Meteorology*, 166-167, 188-200.
- Kautz, M., Dworschak, K., Gruppe, A., Schopf, R., 2011. Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions, *Forest Ecology and Management*, 262, 598-608.
- Kautz M, Meddens AJH, Hall RJ, Arneeth A, 2016. Biotic disturbances in Northern Hemisphere forests – a synthesis of recent data, uncertainties and implications for forest monitoring and modelling, *Global Ecology and Biogeography*, 26, 533–552.
- Khan, H., Shafique, M., Khan, M.A., Bacha, M.A., Shah, S.U., Calligaris, C., 2019. Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22, 11-24.
- Knížek, M., Beaver, R., 2007. Taxonomy and systematics of Bark and Ambrosia beetles, In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 41-54.
- Kolb, T.E., Fettig, C.J., Ayres, et al., 2016. Observed and anticipated impacts of drought on forest insects and diseases in the United States, *Forest Ecology and Management*, 380, 321–334.
- Komonen, A., Schroeder, L.M., Weslien, J., 2011. *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden, *Journal of Applied Entomology*, 135, 132-141.
- Kopecký, M., Čížková, Š., 2010. Using topographic wetness index in vegetation ecology: does the algorithm matter? *Applied Vegetation Science*, 13, 450–459.
- Kurz, W.A., Dymond, C.C., Stinson, G., Rampley, G.J., Neilson, E.T., Carroll, A.L., Ebata, T., Safranyik, L., 2008. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change, *Nature*, 452, 987–990.

- Lanier, G.N., 1967. *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) tunneling in sapwood in lodgepole pine in California, *Canadian Entomologist*, 99, 1334-1335.
- Lausch, A., Fahse, L., Heurich, M., 2011. Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: a long-term quantitative landscape-level analysis, *Forest Ecology and Management*, 31, 73-81.
- Lekander, B., 1968. Scandinavian bark beetle larvae: description and classification. Department of Forest Zoology, Royal College of Forestry, Stockholm. Res. Notes 4, 1-186.
- Lieutier, F., 2002. Mechanisms of resistance in conifers and bark beetle attack strategies. In: Wagner, M.R., Clancy, K.M., Lieutier, F., Paine, T.D., (Eds), *Mechanisms and Deployment of Resistance in Trees to Insects*, Springer, Netherlands, pp. 31-77.
- Marini, L., Ayres, M.P., Battisti, A., Faccoli, M., 2012. Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle, *Climatic Change*, 115, 327-341.
- Marini, L., Lindelöw, Jönsson, et al., 2013. Population dynamics of the spruce bark beetle: a long-term study, *Oikos*, 122, 1768-1776.
- Marini, L., Økland, B., Jönsson, et al., 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests, *Ecography* (Cop).
- Mattson, W.J., Haack, R.A., 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects, *Bioscience*, 37, 110-118.
- McDowell, N., Pockman, W.T., Allen, C.D., et al., 2008. Mechanisms of Plant Survival and Mortality During Drought: Why Do Some Plants Survive While Others Succumb to Drought? 178. Wiley on behalf of the New Phytologist Trust Stablepp, 719-739.
- Mezei, P., Grodzki, W., Blaženec, et al., 2014. Host and site factors affecting tree mortality caused by the spruce bark beetle (*Ips typographus*) in mountainous conditions, *Forest Ecology and Management*, 331, 196-207.
- Mezei, P., Jakuš, R., Pennerstorfer, J., Havašová, M., Škvarenina, J., Ferenčík, J., Slivinský, J., Bičárová, S., Bilčík, D., Blaženec, M., Netherer, S., 2017. Storms, temperature maxima and the Eurasian spruce bark beetle *Ips typographus*—An infernal trio in Norway spruce forests of the Central European High Tatra Mountains, *Agricultural and Forest Meteorology*, 242, 85-95.

- Mulock, P., Christiansen, E., 1986. The threshold of successful attack by *Ips typographus* on *Picea abies*: a field experiment, *Forest Ecology and Management*, 14, 125-132.
- Müller, J., Bußler, H., Goßner, M., Rettelbach, T., Duelli, P., 2008. The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species, *Biodiversity and Conservation*, 17, 2979–3001.
- Müller, J., Thorn, S., Baier, R., Sagheb-Talebi, K., Barimani, H.V., Seibold, S., Ulyshen, M.D., Gossner, M.M., 2016. Protecting the forests while allowing removal of damaged trees may imperil saproxylic insect biodiversity in the Hyrcanian Beech Forests of Iran, *Conservation Letters*, 9, 106-113.
- Netherer, S., Nopp-Mayr, U., 2005. Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management—rating of site and stand-related hazards of bark beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example for system application and verification, *Forest Ecology and Management*, 207, 99–107.
- Netherer, S., Schopf, A., 2010. Potential effect of climate change on insect herbivores in European forests- general aspects and the pine processionary moth as specific example, *Forest Ecology and Management*, 259, 831-838.
- Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., et al., 2015. Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytologist* *Trust Stablepp*, 205, 1128–1141.
- Nicu, I.C., 2017. Frequency ratio and GIS-based evaluation of landslide susceptibility applied to cultural heritage assessment, *Journal of Cultural Heritage*, 28, 172-176.
- Nilssen, A.C., 1984. Long-range aerial dispersal of bark beetles and bark weevils (Coleoptera, Scolytidae and Curculionidae) in northern Finland, *Annales Entomologici Fennici*, 50, 2, 37-42.
- Oh, H.J., Lee, S., Hong, S.M., 2017. Landslide Susceptibility Assessment Using Frequency Ratio Technique with Iterative Random Sampling, *Journal of Sensors*, 2017, 3730913. <https://doi.org/10.1155/2017/3730913>.
- Peters, D.P.C., Pielke, Bestelmeyer, 2004. Cross-scale interactions, nonlinearities, and forecasting catastrophic events, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 15130–15135.
- Raffa, K.F., Aukema, B.H., Bentz, et al., 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions, *Bioscience*, 58, 501.
- Raffa, K.F., Grégoire, J.C., Lindgren, B.S., 2015. Natural History and Ecology of Bark Beetles. In: Vega, F.E. ve Hofstetter, R.W. (Ed.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*, Academic Press, London, 1-28.

- Roualth, G., Candau, J.N., Lieutier, F., Nageleisen, L.M., Martin, J.C., Warzee, N., 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe, *Annals of Forest Science*, 63, 613-624.
- Safranyik, L., Carroll, A.L., Regniere, J., Langor, D.W., Riel, W.G., Shore, T.L., Peter, B., Cooke, B.J., Nealis, V.G., Taylor, S.W., 2010. Potential for range expansion of mountain pine beetle into the boreal forest of North America, *Canadian Entomologist*, 142, 415-442.
- Sangüesa-Barreda, G., Linares, J.C., Camarero, J.J., 2015. Reduced growth sensitivity to climate in bark-beetle infested Aleppo pines: connecting climatic and biotic drivers of forest dieback, *Forest Ecology and Management*, 357, 126-137.
- Schroeder, L.M., Lindelow, A.A., 2002. Attacks on living spruce trees by the bark beetle *Ips typographus* (Col. Scolytidae) following a storm-felling: a comparison between stands with and without removal of wind-felled trees, *Agricultural and Forest Entomology*, 4, 47-56.
- Schroeder, L.M., 2010. Colonization of storm gaps by the spruce bark beetle: influence of gap and landscape characteristics, *Agricultural and Forest Entomology*, 12, 29-39.
- Schröter, H., 1999. Ausbreitung des Borkenkäferbefalls in Bannwäldern Baden-Württembergs. In: Wulf, A., Berendes, K.H., (Eds.), Forstschutzprobleme in Nationalparks und Naturschutzgebieten, Mitt. Biol. Bundesanst, Land-Forstw., Berlin, vol. 362, 63-79.
- Seidl, R., Baier, P., Rammer, W., Schopf, A., Lexer, M.J., 2007. Modelling tree mortality by bark beetle infestation in Norway spruce forests, *Ecological Modelling*, 206, 383-399.
- Seidl, R., Schelhaas, M.J., Lexer, M.J., 2011. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe, *Global Change Biology*, 17, 2842-2852.
- Seidl, R., Müller, J., Hothorn, et al., 2015. Small beetle, large-scale drivers: how regional and landscape factors affect outbreaks of the European spruce bark beetle, *Journal of Applied Entomology*, 53, 530-540.
- Sifa, S.F., Mahmud, T., Tarin, M.A., Haque, D.M.E., 2019. Event-based landslide susceptibility mapping using weights of evidence (WoE) and modified frequency ratio (MFR) model: a case study of Rangamati district in Bangladesh. *Geology, Ecology, and Landscapes*, <https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1619222>.
- Stadelmann, G., Bugmann, H., Meier, F., Wermelinger, B., Bigler, C., 2013. Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips typographus* L.) infestations, *Forest Ecology and Management*, 305, 273-281.

- Therrien, J., Mason, C.J., Cale, et al., 2015. Bacteria influence mountain pine beetle brood development through interactions with symbiotic and antagonistic fungi: implications for climate-driven host range expansion, *Oecologia*, 179, 467–485.
- Tobler, W.R., 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region, *Economic Geography*, 46, 234-240.
- Tuff, K.T., Tuff, T., Davies, K.F., 2016. A framework for integrating thermal biology into fragmentation research, *Ecology Letters*, 19, 361–374.
- Turtola, S., Manninen. A.M., Rikala, R., Kainulainen, P., 2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in scots pine and Norway spruce seedlings, *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1981-1995.
- URL - 1. Top Forest Insects in Canada, Mountain Pine Beetle. <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests-forestry/wildland-fires-insects-disturban/top-forest-insects-diseases-cana/mountain-pine-beetle/13381>. Erişim Tarihi: 31 Aralık 2020
- URL - 2. Milli Parklar, Hatila Vadisi Milli Parkı, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/dkmp/kutuphane/58.pdf>. Erişim tarihi: 14.01.2021
- Yan, F., Zhang, Q., Ye, S., Ren, B., 2019. A novel hybrid approach for landslide susceptibility mapping integrating analytical hierarchy process and normalized frequency ratio methods with the cloud model, *Geomorphology*, 327, 170-187.
- Wang, Q., Li, W., 2017. A GIS-based comparative evaluation of analytical hierarchy process and frequency ratio models for landslide susceptibility mapping, *Physical Geography*, 38, 318-337.
- Wermelinger, B., Seifert, M., 1998. Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L)(Col., Scolytidae), *Journal of Applied Entomology*, 122, 185–191.
- Wermelinger, B., Seifert, M., 1999. Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth, *Ecological Entomology*, 24, 103-110.
- Wermelinger, B., 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research, *Forest Ecology and Management*, 202, 67–82.
- Wermelinger, B., Rigling, A., Mathis, D.S., Dobbertin, M., 2008. Assessing the role of bark-and wood- boring insects in the Swiss Rhone valley, *Ecological Entomology*, 33, 239-249.

- White, T.C.R., 2015. Are outbreaks of cambium-feeding beetles generated by nutritionally enhanced phloem of drought-stressed trees? *Journal of Applied Entomology*, 139, 567–578.
- Wichmann, L., Ravn, H.P., 2001. The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS, *Forest Ecology and Management*, 148, 31–39.
- Williams, A.P., Allen, C.D., Millar, C.I., Swetnam, T.W., Michaelsen, J., Still, C.J., Leavitt, S.W., 2010. Forest responses to increasing aridity and warmth in the southwestern United States, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 50, 21289-21294.
- Winter, M.-B., Baier, R., Ammer, C., 2015. Regeneration dynamics and resilience of unmanaged mountain forests in the Northern Limestone Alps following bark beetle induced spruce dieback, *European Journal of Forest Research*, 134, 949–968.
- Yüksel, B., Alkan, Ş., 2003. Doğu Ladini Ormanladında *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae)'un Populasyon Dinamiğini Etkileyen Predatör ve Parazitleri, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 14, Trabzon, 27 s.
- Zengin-Kazancı, S., Tanır-Kayıkçı, E., 2015. Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri Uygulamalarında Optimum Parametre Seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı (25–28 Mart 2015), 1-10, Ankara.
- Zeppenfeld, T., Svoboda, M., DeRose, et al., 2015. Response of mountain *Picea abies* forests to stand-replacing bark beetle outbreaks: neighbourhood effects lead to selfreplacement, *Journal of Applied Ecology*, 52, 1402–1411.

ÖZGEÇMİŞ

Fotoğraf

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GENÇ, Çağla

Uyruğu

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali :

Yabancı Dili :

Telefon :

e-posta :

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet Tarihi

Lisans

AÇÜ Orman Fakültesi
Orman Mühendisliği Bölümü

2017