

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SAF ANADOLU KARAÇAMI VE SARIÇAM MEŞCERELERİNDE KONTROLLÜ VE AMAÇLI
YAKMA UYGULAMALARININ TOHUM ÇİMLENME, FİDAN BÜYÜME VE GELİŞİMİ İLE
TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Yetkin USTA

**MART 2023
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SAF ANADOLU KARAÇAMI VE SARIÇAM MEŞCERELERİNDE KONTROLLÜ VE
AMAÇLI YAKMA UYGULAMALARININ TOHUM ÇİMLENME, FİDAN BÜYÜME VE
GELİŞİMİ İLE TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yetkin USTA

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 02 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 24 / 03 / 2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

“Saf Anadolu Karaçamı ve Sarıçam Meşcerelerinde Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi ile Toprak Özellikleri Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen yakma uygulamalarındaki katkıları ve çalışmanın bitirilmesindeki desteklerinden dolayı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ’ye teşekkürlerimi sunarım.

Değerli fikirlerinden yararlandığım ve bilgilerinden istifade ettiğim hocalarım Sayın Prof. Dr. Mahmut EROĞLU’na, Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’a, Prof. Dr. Ömer KARA’ya, Prof. Dr. Mustafa Fehmi TÜRKER’e, Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK’e ve Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER’e teşekkür ederim. Ayrıca laboratuvar aşamasındaki desteklerinden dolayı Sayın Arş. Gör. Dr. Necla KORALAY’a teşekkürü bir borç bilirim.

Manevi desteklerini esirgemeyen değerli meslektaşlarım Sayın Kerim BALCIOĞLU’na, Selçuk BAYRAMOĞLU’na, İbrahim DAĞADUR’a ve Muhammed KARAHASANOĞLU’na teşekkürlerimi ifade etmek isterim. Çalışmam boyunca şahsıma büyük destek veren, her türlü fedakârlığı yapan, ahlaklı ve karakterli dostum Sayın Arş. Gör. Burak SARI’ya ayrıca sonsuz teşekkürlerimi sunmak isterim.

Çalışmanın gerçekleştirilmesi için destek sağlayan ve yanımda olan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa USTA’ya, Orman Genel Müdürlüğü personellerine ve emeği geçen herkese şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her aşamasında bana güvenen, yanımda olan, emeklerini asla ödeyemeyeceğim, evlatları olmaktan gurur duyduğum, çalışmanın emek ve finansmanını bizzat üstlenen anne ve babama müteşekkirdiğimi belirtmek isterim.

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler sebebiyle milletimize başsağlığı dileklerimi iletir, bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını dilerim.

Yetkin USTA
Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Saf Anadolu Karaçamı ve Sarıçam Meşcerelerinde Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi ile Toprak Özellikleri Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ’nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/03/2023

Yetkin USTA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
KISALTMALAR DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Giriş	1
1.2 Literatür Özeti	5
1.2.1. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Saf Karaçam ve Sarıçam Meşcerelerinde Kullanımı	6
1.2.2. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi Üzerine Olan Etkileri.....	8
1.2.3. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Olan Etkileri.....	10
1.2.4. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Ekonomik Açıdan Uygulanabilirliği	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Materyal ve Metot	12
2.1.1. Yangın Öncesinde Yapılan Çalışmalar	13
2.1.1.1. Çalışma Alanlarının Belirlenmesi	13
2.1.1.1.1. Mevki ve Bitki Örtüsü	14
2.1.1.1.2. İklim	14
2.1.1.1.3. Jeolojik Yapı.....	17
2.1.1.2. Deneme Alanlarının Kurulması.....	17
2.1.1.3. Yangın Emniyetinin Sağlanması	22
2.1.1.4. Yangın Öncesi Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi.....	24
2.1.1.4.1. Deneme Alanlarına İlişkin Genel Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi	24
2.1.1.4.2. Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi	26

2.1.1.4.3.	Yangın Öncesi Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi	30
2.1.1.4.3.1.	Örneklerin Analize Hazır Hale Getirilmesi	33
2.1.1.4.3.2.	Higroskopik Nem	34
2.1.1.4.3.3.	Toprak Tekstürü	34
2.1.1.4.3.4.	Hacim Ağırlığı	36
2.1.1.4.3.5.	Toprak Reaksiyonu (pH) ve Toprak Tuzluluğu (Elektriksel İletkenlik)	36
2.1.1.4.3.6.	Organik Karbon Miktarı	37
2.1.2.	Yangın Esnasında Yapılan Çalışmalar	39
2.1.2.1.	Yakma Zamanının Belirlenmesi	39
2.1.2.2.	Yanıcı Madde Nem İçeriğinin Belirlenmesi	40
2.1.2.3.	Meteorolojik Verilerin Ölçülmesi	42
2.1.2.4.	Yakma Tekniğinin Belirlenmesi ve Yakma Uygulamasının Gerçekleştirilmesi	43
2.1.2.4.1.	Arpaalan Deneme Alanı Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması	45
2.1.2.4.2.	Şerifebacı Deneme Alanı Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması	48
2.1.2.4.3.	Göktepe Deneme Alanı Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması	51
2.1.2.5.	Yangın Anına İlişkin Ölçümlerin Gerçekleştirilmesi	53
2.1.3.	Yangın Sonrasında Yapılan Çalışmalar	54
2.1.3.1.	Deneme Alanlarının Kontrolü ve Korunması	54
2.1.3.2.	Yanıcı Madde Tüketiminin Belirlenmesi	55
2.1.3.3.	Yangın Sonrası Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi	57
2.1.3.4.	Örnek Alanların Belirlenmesi	58
2.1.3.5.	Tohum Takviyesinin Yapılması	59
2.1.3.6.	Yıllık Fidan Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi	62
2.1.3.7.	İstatistik Analizler	71
2.1.3.8.	Maliyetlerin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizin Gerçekleştirilmesi	72
3.	BULGULAR	74
3.1.	Deneme Alanı Özelliklerine İlişkin Bulgular	74
3.2.	Yangın Davranışına İlişkin Bulgular	77
3.2.1.	Yanıcı Madde Nem İçeriğine İlişkin Bulgular	78
3.2.2.	Meteorolojik Verilere İlişkin Bulgular	79
3.2.3.	Tanımlayıcı Alev Özelliklerine İlişkin Bulgular	82
3.2.4.	Yanıcı Madde Tüketimine İlişkin Bulgular	82
3.2.5.	Yangın Yayılma Oranına İlişkin Bulgular	84
3.2.6.	Yangın Şiddetine İlişkin Bulgular	84

3.3.	Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	84
3.3.1.	Arpaalan Deneme Alanına Ait Bulgular.....	85
3.3.2.	Şerifebacı Deneme Alanına Ait Bulgular	89
3.3.3.	Göktepe Deneme Alanına Ait Bulgular	93
3.4.	Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimine İlişkin Bulgular.....	97
3.4.1.	Gençlik Başarı Yüzdesine İlişkin Bulgular	97
3.4.2.	Fidan Hayatta Kalma Oranına İlişkin Bulgular	98
3.4.3.	Gençliğin Büyüme ve Gelişimine İlişkin Bulgular	99
3.4.3.1.	Arpaalan Deneme Alanına Ait Bulgular	99
3.4.3.2.	Şerifebacı Deneme Alanına Ait Bulgular	101
3.4.3.3.	Göktepe Deneme Alanına Ait Bulgular.....	104
3.5.	Maliyet ve Ekonomik Analize İlişkin Bulgular.....	108
4.	TARTIŞMA.....	112
4.1.	Toprak Özellikleri.....	112
4.2.	Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi.....	119
4.3.	Maliyet ve Ekonomik Analiz.....	123
4.4.	Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulama Prensipleri.....	125
5.	SONUÇ.....	129
5.1.	Toprak Özellikleri.....	129
5.2.	Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi.....	130
5.3.	Maliyet ve Ekonomik Analiz.....	131
6.	ÖNERİLER	132
7.	KAYNAKLAR.....	134
8.	EKLER	154
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

SAF ANADOLU KARAÇAMI VE SARIÇAM MEŞCERELERİNDE KONTROLLÜ VE AMAÇLI YAKMA UYGULAMALARININ TOHUM ÇİMLENME, FİDAN BÜYÜME VE GELİŞİMİ İLE TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Yetkin USTA

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ
2023, 153 Sayfa, 39 Sayfa Ek

Bu çalışmada, gençleştirme programına alınmış saf Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *Pallasiana* Lamb.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışma farklı silvikültürel uygulamaların ekonomik analizlerini de içermektedir. Çalışma kapsamında, karaçam ve sarıçamın doğal yayılış gösterdiği alanlarda deneme alanları kurulmuştur. Kurulan deneme alanları farklı işlem birimlerine ayrılmış ve bu işlem birimlerinde iki yıllık süre ile ölçüm ve gözlemler gerçekleştirilmiştir. Farklı silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimleri arasında temel toprak özellikleri bakımından zamansal farklılıklar bulunmuştur. Makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda, toprak yapısı bozulmuş, farklı derinlik kademelerindeki topraklar birbirine karışmış ve toprak özelliklerinde zamana bağlı dalgalanmalar meydana gelmiştir. Yakma uygulamaları mineral üst toprağı (0-5 cm) etkilemiş ve toprak özellikleri yanma koşullarına bağlı olarak zaman içerisinde değişiklik göstermiştir. Genel itibariyle kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirilmiş olduğu işlem birimlerinde bulunan fidanlar, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu işlem birimlerinde bulunan fidanlara oranla daha iyi bir büyüme ve gelişim göstermiştir. Yapılan fayda-maliyet analizleri sonucunda, yangınların gençleştirme uygulamalarına entegre edilmesinin ekonomik açıdan da uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada, yangınların ekosistem süreçlerinde oynadığı rolü temel alan bir gençleştirme yaklaşımı da gündeme getirilmiştir. Sonuçlar ormancılık disiplinine önemli katkılar sağlayabilecek potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Yangın yönetimi, Kontrollü ve amaçlı yakmalar, Çam ekosistemleri, Doğal Gençleştirme, Toprak özellikleri

PhD Thesis

SUMMARY

THE EFFECTS OF PRESCRIBED BURNING ON SEED GERMINATION, SEEDLING GROWTH AND DEVELOPMENT AND SOIL PROPERTIES IN PURE ANATOLIAN BLACK PINE AND SCOTS PINE STANDS

Yetkin USTA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ
2023, 153 Pages, 39 Pages Appendix

In this study, the effects of prescribed fires on seed germination, seedling growth and development and on soil properties were studied in mature pure Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *Pallasiana* Lamb.) and scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. In addition, the study includes economic analysis of different silvicultural practices. The study areas were determined from the areas where black pine and scots pine are naturally distributed. Study areas were divided into different experimental plots. Measurements and observations were made in these plots for a period of two years. Differences were found in terms of basic soil properties between the plots where different silvicultural practices were carried out. As a result of mechanical site preparation, the soil structure was destroyed, the soils in different levels of depth were mixed together and time-dependent fluctuations occurred in soil properties. The burning applications affected the mineral topsoil (0-5 cm) and soil properties vary over time depending on the combustion conditions. In general, the seedlings in the plots where prescribed fire practices were carried out showed better growth and development compared to the seedlings in the plots where standard silvicultural practices were carried out. As a result of the cost-benefit analysis, it has been determined that it is economically viable to integrate fires into natural regeneration practices. In the study, a regeneration approach based on the role played by fires in ecosystem processes was also suggested for the country. Results have the potential to make significant contributions to forestry discipline.

Key Words: Fire management, Prescribed fire, Pine ecosystems, Natural regeneration, Soil properties

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin iş akış diyagramı	12
Şekil 2. Çalışma alanlarının coğrafi konumu. Arpaalan Orman İşletme Şefliği (a), Göktepe Orman İşletme Şefliği (b) ve Şerifebacı Orman İşletme Şefliği (c)	13
Şekil 3. Mesudiye meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu	15
Şekil 4. Araç meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu	16
Şekil 5. Daday meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu.....	16
Şekil 6. Arpaalan deneme alanı uydu görüntüsü (a) ve parsel görünümü (b)	18
Şekil 7. Şerifebacı deneme alanı uydu görüntüsü (a) ve parsel görünümü (b).....	18
Şekil 8. Göktepe deneme alanı uydu görüntüsü (a) ve parsel görünümü (b)	18
Şekil 9. Deneme alanları içerisinde işlem birimlerinin dağılımı (K: Kontrol, Tİ: Toprak İşleme, Y: Yangın, YK: Yangın Kontrol).....	19
Şekil 10. Parsel boyutlarının belirlenmesi (a), parsel sınırlarının işaretlenmesi (b) ve parsellerin görünümü (c, d, e ve f).....	20
Şekil 11. İşlem birimlerindeki parsellerin görünüşleri. Kontrol işlem birimi (K) (a), toprak işleme işlem birimi (Tİ) (b), yangın işlem birimi (Y) (c) ve yangın kontrol işlem birimi (YK) (d)	21
Şekil 12. Yangın parsellerinin çevresine güvenlik şeridinin açılması (a, b, c ve d), mevcut yolların temizlenerek bakımlarının yapılması (e ve f) ve parsel sınırlarının işaretlenmesi (g ve h)	23
Şekil 13. Örnek alanlarda ağaçların numaralandırılması (a), çap ve merkez noktasına olan mesafesinin ölçülmesi (b), yaşlarının tespiti (c ve d), tepe çapının (e) ve semt açısının belirlenmesi (f).....	25
Şekil 14. Ormandaki yanıcı maddelerin dikey sürekliliğini oluşturan katmanlara ilişkin meşcere profili	26
Şekil 15. Yangın öncesi yanıcı madde miktarının belirlenmesi. Örnek alanın belirlenmesi (a), yüzey yanıcı maddelerinin spatula yardımıyla kesilmesi (b, c) ve plastik poşetlere konulması (d)	27
Şekil 16. Kesim artıklarının parsel içerisindeki dağılımı (a, b ve c), plastik poşetlere konulması (d ve e) ve yanıcı madde derinliğinin belirlenmesi (f)	28
Şekil 17. Yanıcı madde örneklerinin sınıflandırılması	29
Şekil 18. Yanıcı madde örneklerinin kurutma fırınında kurutulması (a) ve fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi (b)	30

Şekil 19. Toprak çukurlarının işlem birimleri içerisindeki dağılımı ve örneklem derinlikleri	31
Şekil 20. Toprak çukurunun açılması (a), derinlik kademelerinin belirlenmesi (b) ve toprak örneklerinin alınması (c ve d)	32
Şekil 21. Toprak örneklerinin hava kuru hale getirilmesi (a ve b), havanda öğütülmesi (c ve d), elenmesi (e) ve plastik poşetlere konulması (f).....	33
Şekil 22. Örneklerin tartılması (a ve b), krozeyle yerleştirilmesi (c) ve kurutma fırınında kurutulması (d)	34
Şekil 23. Örneklerin tartılması ve behere konulması (a), kalgon çözeltisinin hazırlanması (b), hazırlanan süspansiyonun bekletilmesi (c), mikserde karıştırılması (d), hidrometre silindire konulması (e ve f) ve okumaların yapılması (g ve f)	35
Şekil 24. Silindir örneklerinin alüminyum kaplara yerleştirilmesi (a ve b), kurutma fırınında kurutulması (c) ve fırın kuru ağılıklarının belirlenmesi (d).....	36
Şekil 25. Toprak örneklerinin tartılması (a), süspansiyonun hazırlanması (b), behere süzdürülmesi (c ve d) ve okumaların yapılması (e ve f).....	37
Şekil 26. Toprak örneklerinin tartılması (a), erlenlere konulması (b), potasyum dikromat (c), sülfürik asit (d), saf su (e), ortofosforik asit ve difenilamil ilavesi (f) ile titrasyon işleminin gerçekleştirilmesi (g ve h).....	38
Şekil 27. Yanıcı madde nem örneklerinin alüminyum kaplara konulması (a ve b), kurutma fırınında kurutulması (c) ve fırın kuru ağılıklarının belirlenmesi (d).....	41
Şekil 28. Meteorolojik verilerin ölçülmesi (a, b ve c) ve kaydedilmesi (d)	42
Şekil 29. Yangın ekibinin bilgilendirilmesi (a ve b), yakmalarda kullanılan alev ibriği (c), yakıt karışımının hazırlanması (d ve e) ve kontrollerin gerçekleştirilmesi (f).....	44
Şekil 30. Arpaalan deneme alanı yakma tekniklerini gösterir grafiksel tasarım	45
Şekil 31. Güvenlik şeridine ekiplerin yerleştirilmesi (a), karşı ateşin hat şeklinde verilmesi (b), baş yangınına müdahale edilmesi (c), yangının parselin içerisine doğru arka yangını şeklinde ilerlemesi (d), şeritler halinde hat yangının verilmesi (e ve f) ve alanın tamamının yakılması (g ve h).....	46
Şekil 32. Yakma uygulamasından bir saat sonra parselin görünümü (a ve b), içten içe yanan ağaç (c), yanan dip kütük (d), yakma uygulamasından bir gün sonra parselin görünümü (e ve f), yanmaya devam eden dip kütük (g) ve yanıcı madde bulunan yığında soğutma işlemi (h).....	47
Şekil 33. Şerifebacı deneme alanı yakma tekniklerini gösterir grafiksel tasarım	48
Şekil 34. Güvelik şeridine ekiplerin yerleştirilmesi (a), şeritler şeklinde hat yangının verilmesi (b ve c), yangının eğim yönünde parselin içerisine doğru baş yangını şeklinde ilerlemesi (d ve e), parsel içerisinin şeritler halinde tutuşturulması (f), alanın tamamının yakılması (g) ve yanmadan kalan alanların nokta yangını ile yakılması (h)	49

Şekil 35. Güvenlik şeridinde gerçekleştirilen soğutma çalışması (a ve b), yakma uygulamasından bir saat sonra parselin görünümü (c ve d), yanan dip kütük (e), yakma uygulamasından bir gün sonra parselin görünümü (f ve g), yanmaya devam eden ağaç kökü (h).....	50
Şekil 36. Göktepe deneme alanı yakma tekniklerini gösterir grafiksel tasarım	51
Şekil 37. Güvenlik şeridine ekiplerin yerleştirilmesi (a), karşı ateşin hat şeklinde verilmesi (b), baş yangınına müdahale edilmesi (c), yangının parselin içerisine doğru arka yangını şeklinde ilerlemesi (d), noktalı şeritler halinde hat yangınının verilmesi (e ve f) ve alanın tamamının yakılması (g ve h)	52
Şekil 38. Güvenlik şeridinde gerçekleştirilen soğutma çalışması (a), yakma uygulamasından bir saat sonra parselin görünümü (b ve c), tütmeye devam eden dip kütükler (d) ve yakma uygulamasından bir gün sonra parselin görünümü (e ve f)	53
Şekil 39. Yakma uygulamalarının Arpaalan (a ve b), Şerifebacı (c) ve Göktepe (d) deneme alanlarında kayıt altına alınması	54
Şekil 40. Yakma uygulaması sonrasında deneme alanlarının kontrol edilmesi ve soğutma çalışmalarının gerçekleştirilmesi (a), uyarıcı levhaların asılması (b) ve alanın tel ihata ile koruma altına alınması (c ve d)	55
Şekil 41. Örneklem alanının belirlenmesi (a), yanma kaybının ölçülmesi (b), yanıcı maddenin kesilmesi (c) ve plastik poşetlere konulması (d).....	56
Şekil 42. Yanıcı madde örneklerinin sınıflandırılması (a), kurutma fırınında kurutulması (b) ve fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi (c ve d)	57
Şekil 43. Toprak çukurunun açılması (a ve b), derinlik kademelerinin belirlenmesi (c) ve toprak örneklerinin alınması (d)	58
Şekil 44. Tabelaların örnek alanlara taşınması (a), örnek alanların belirlenmesi (b), belirlenen kontrol (c), toprak işleme (d), yangın (e) ve yangın kontrol (f) işlem birimlerindeki örnek alanlara ait fotoğraflar	59
Şekil 45. Tohum takviyesinde kullanılan tohumlar (a), motorinle muamele edilmesi (b), tohum takviyesi esnasındaki toprak durumu (c) ve tohum takviyesinin yapılması (d)	61
Şekil 46. Gençlik başarı yüzdesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemi gösterir grafiksel tasarım	62
Şekil 47. Deneme alanlarında gençlik başarı yüzdesinin belirlenmesi	63
Şekil 48. İdeal bir fidanı gösterir grafiksel tasarım	64
Şekil 49. Örneklem alanının belirlenmesi (a), boyutlandırılması (b), Arpaalan (c ve d), Şerifebacı (e ve f) ve Göktepe (g ve h) deneme alanlarında fidanların numaralandırılması.....	65
Şekil 50. Fidanın kök boğazı çapı (a), boyu (b), tepe altı yüksekliği (c) ve tepe çapının (d) ölçülmesi	66

Şekil 51. Arpaalan deneme alanı toprak işleme işlem birimi 1 (a), 2 (b) ve 3 (c) yaşlı fidanlar, yangın kontrol işlem birimi 1 (d), 2 (e) ve 3 (f) yaşlı fidanlar ile yangın işlem birimi 1 (g), 2 (h) ve 3 (ı ve j) yaşlı fidanlara ait fotoğraflar.....	67
Şekil 52. Şerifebacı deneme alanı toprak işleme işlem birimi 1 (a) ve 2 (b ve c) yaşlı fidanlar, yangın kontrol işlem birimi 1 (d) ve 2 (e) yaşlı fidanlar ile yangın işlem birimi 1 (f) ve 2 (g ve h) yaşlı fidanlara ait fotoğraflar.....	68
Şekil 53. Göktepe deneme alanı toprak işleme işlem birimi 1 (a) ve 2 (b ve c) yaşlı fidanlar, yangın kontrol işlem birimi 1 (d) ve 2 (e) yaşlı fidanlar ile yangın işlem birimi 1 (f) ve 2 (g ve h) yaşlı fidanlara ait fotoğraflar.....	69
Şekil 54. Örnekleme alanları içerisinde hayatiyetini devam ettiren (a), hayatiyetini devam ettiremeyen (b, c ve d), hayvan zararı (e) ve yanan ağaçlardan dökülen kabukların (f) kapaması gibi dış faktörlere bağlı kaybolan fidanları gösterir fotoğraflar.....	71
Şekil 55. Arpaalan deneme alanı tohumlama kesimi öncesi (a) ve sonrasına (b) ait meşcere profilleri.....	76
Şekil 56. Şerifebacı deneme alanı tohumlama kesimi öncesi (a) ve sonrasına (b) ait meşcere profilleri.....	76
Şekil 57. Göktepe deneme alanı tohumlama kesimi öncesi (a) ve sonrasına (b) ait meşcere profilleri.....	76
Şekil 58. Arpaalan deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik verilerin zamana bağlı değişimi	79
Şekil 59. Şerifebacı deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik verilerin zamana bağlı değişimi	80
Şekil 60. Göktepe deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik verilerin zamana bağlı değişimi	81
Şekil 61. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerinin işlem birimi ve toprak derinliğine göre zamansal değişimi.....	87
Şekil 62. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerinin işlem birimi ve toprak derinliğine göre zamansal değişimi.....	91
Şekil 63. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerinin işlem birimi ve toprak derinliğine göre zamansal değişimi.....	95
Şekil 64. İşlem birimi ve zaman faktörlerine göre KBÇ (a), B (b), TAY (c), TB (d), TÇ (e) ve Gİ (f) değişkenleri için oluşturulan kutu grafik	100
Şekil 65. İşlem birimi ve zaman faktörlerine göre KBÇ (a), B (b), TAY (c), TB (d), TÇ (e) ve Gİ (f) değişkenleri için oluşturulan kutu grafik	103
Şekil 66. İşlem birimi ve zaman faktörlerine göre KBÇ (a), B (b), TAY (c), TB (d), TÇ (e) ve Gİ (f) değişkenleri için oluşturulan kutu grafik	106

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Tohum takviyesinde kullanılan tohum özellikleri ve tohum miktarları	60
Tablo 2. Deneme alanlarının genel alan ve meşcere özellikleri	75
Tablo 3. İşlem birimlerine göre parsel dağılımları ve boyutları	77
Tablo 4. Yangın anına ilişkin yanıcı madde nem içerikleri	78
Tablo 5. Arpaalan deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik veriler	79
Tablo 6. Şerifebacı deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik veriler	80
Tablo 7. Göktepe deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik veriler	81
Tablo 8. Deneme alanlarına ilişkin tanımlayıcı alev özellikleri	82
Tablo 9. Deneme alanlarına ilişkin yangın öncesi ve sonrası yanıcı madde kayıpları	82
Tablo 10. Deneme alanlarına ilişkin yanıcı madde sınıfları itibariyle tüketim miktarları	83
Tablo 11. Arpaalan deneme alanına ilişkin derinlik kademeleri itibariyle toprak türleri	85
Tablo 12. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları	86
Tablo 13. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerinin yangın öncesi duruma göre değişimi	87
Tablo 14. Şerifebacı deneme alanına ilişkin derinlik kademeleri itibariyle toprak türleri	89
Tablo 15. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları	90
Tablo 16. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerinin yangın öncesi duruma göre değişimi	91
Tablo 17. Göktepe deneme alanına ilişkin derinlik kademeleri itibariyle toprak türleri	93
Tablo 18. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları	94
Tablo 19. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerinin yangın öncesi duruma göre değişimi	95
Tablo 20. Deneme alanlarına ilişkin gençlik başarı yüzdeleri	97
Tablo 21. Deneme alanlarına ilişkin fidan hayatta kalma oranları	98
Tablo 22. Arpaalan deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin veriler	99

Tablo 23. Arpaalan deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları	101
Tablo 24. Şerifebacı deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin veriler.....	102
Tablo 25. Şerifebacı deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları	104
Tablo 26. Göktepe deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin veriler	105
Tablo 27. Göktepe deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları	107
Tablo 28. Deneme alanlarına ilişkin fidan özellikleri	108
Tablo 29. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimleri için maliyet hesaplamalarında kullanılan gider tanımlarına ilişkin veriler	109
Tablo 30. Toprak işleme ve yangın işlem birimlerine ilişkin katlanılan maliyetler ve tasarruf miktarları	110
Tablo 31. Deneme alanlarında ait zaman-mekân düzenlemesi ve gençleştirme sürecinde kullanılan yöntemlere göre toplam NBD'ler.....	111

KISALTMALAR DİZİNİ

OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
K	: Kontrol İşlem Birimi
Tİ	: Toprak İşleme İşlem Birimi
YK	: Yangın Kontrol İşlem Birimi
Y	: Yangın İşlem Birimi
GŞ	: Güvenlik Şeridi
T	: Toprak Tekstürü
HA	: Hacim Ağırlığı
pH	: Toprak Reaksiyonu
EC	: Elektriksel İletkenlik
C	: Organik Karbon Miktarı
KBÇ	: Kök Boğazı Çapı
B	: Boy
TAY	: Tepe Altı Yüksekliği
TB	: Tepe Boyu
TÇ	: Tepe Çapı
Gİ	: Gürbüzlük İndeksi
A	: Arpaalan Deneme Alanı
Ş	: Şerifebacı Deneme Alanı
G	: Göktepe Deneme Alanı
İYM	: İnce Yanıcı Madde
HK	: Hazırlık Kesimi
TK	: Tohumlama Kesimi
IK	: Işık Kesimi
BK	: Boşaltma Kesimi
F-M	: Fayda Maliyet
IMF:	: Uluslar Arası Para Fonu
NBD:	: Net Bugünkü Değer

1. GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Yangına bağımlı, duyarlı ve adapte olmuş ekosistemlerde, ekosistemin varlığı, sürekliliği ve yönetimi yangınlardan büyük oranda etkilenmektedir (Hardesty vd., 2005; Meyers, 2006; Shlisky vd., 2008). Bu ekosistemlerde yangınlar, ekosistemlerin yapı, kompozisyon ve fonksiyonlarını etkileyen ekolojik bir faktördür (Dafis, 1987; Agee, 1993; Archibald vd., 2018). Vejetasyon dinamikleri, toprak özellikleri, organik maddenin ayrışması, besin maddesi döngüsü, süksesyon, biyoçeşitlilik gibi ekolojik süreçleri etkileyerek, yangınlar ekosistemleri şekillendirir (Cooper, 1960; Certini, 2005; Chen, 2006). Bu sebeple orman ekosistemlerinde yangın etkilerinin ortaya konulması yangın yönetimi, ekosistem hizmetleri ve doğal kaynakların korunması açısından son derece önemlidir (Hardesty vd., 2005; Grrenberg ve Collins, 2021).

Yangınların orman ekosistemleri üzerine olan ekolojik etkilerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Chen, 2006; Giorgis vd., 2021). Ancak ekosistem dinamiklerinin yangınlardan etkilendiği bilinmesine rağmen birçok ekosistem açısından yangın etkileri henüz tam anlamıyla ortaya konulabilmiş değildir (Pausas ve Keeley, 2019; Giorgis vd., 2021). Büyük çoğunluğu kuzey yarı kürede olmak üzere, çamlar dünya genelinde oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir (Keeley, 2012; Usta vd., 2022). Bu yayılış alanları farklı ekolojik bölgeleri ve yangınla etkileşim durumlarını kapsamaktadır (Vega vd., 2008). Çamlar, yangınlara karşı geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla yangınların olumsuz etkilerini bertaraf etmekle kalmayıp, yangın sonrasında yaşamlarını devam ettirebilmekte ve çoğunlukla saf meşcere oluşturmaktadır. Aynı yaşlı, tek tabakalı, saf doğal çam meşcerelerinin büyük çoğunluğu yangın kökenlidir. Ancak çamların yangın ekolojisi sadece kısıtlı alanlardaki çam ekosistemleri için tanımlanmıştır (Munro, 1966; Goldammer ve Peñafiel, 1990; Koonce ve González-Cabán, 1990; Goldammer, 1991). Çamların yaygın olarak yayılış gösterdiği kuzey yarı kürede yapılmış olan çalışmalar ise belirli tür ve alanlar ile sınırlı kalmıştır (Neyişçi, 1989; Tsitsoni, 1997; Spanos vd., 2000; Fernandes ve Rigolot, 2007; Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014a). Bu sebeple yangın etkilerinin yangınlarla iç içe olan çam ekosistemlerinde ortaya konulması ekosistemlerin yönetimi ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* Lamb.) ve sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) yayılış gösterdiği ekosistemler, yangınlarla iç içe olan, farklı yangın rejimlerine sahip ve yangınlardan önemli derecede etkilenen ekosistemlerdendir (Fernandes vd., 2008). Ancak bu ekosistemlerde, yangınların ekolojik etkilerini ortaya koyan yeterli sayıda ve kapsamlı çalışma bulunmamaktadır (Fernandes vd., 2013). Karaçam (4.199,623 ha) ve sarıçam (1.410,177 ha) ülkemizin yaygın ibrelili ağaç türlerinden olup, genellikle aynı yaşlı ve tek tabakalı meşcere kuruluşuna sahiptir (OGM, 2020b). Bu türlerin yayılış gösterdiği alanlar belirli aralıklarla meydana gelen farklı şiddetteki yangınlara maruz kalmaktadır. Avrupa'nın yaygın ağaç türlerinden olan karaçam, özellikle ülkemizde yangına hassas bölgelerde yayılış göstermektedir (Turna ve Bilgili, 2006; Fernandes vd., 2012). Sarıçam ise dünya üzerinde en fazla yayılış alanına sahip çam türüdür (Burns ve Honkala, 1990). Karaçam ve sarıçam yangına hassas ancak kısmen adapte olmuş çam türleridir (Hille, 2006; Fule' vd., 2008; Christopoulou vd., 2014). Türler içerisinde bulunduğu ekosistemin yangın rejimi özelliklerine göre yangınlardan farklı şekillerde etkilenir (Ivars, 2018). Karaçam ve sarıçam ekosistemleri için yüksek şiddetli yangınlar bir tehdit oluştururken, düşük şiddetli yangınlar bu ekosistemleri olumlu yönde (tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi gibi) etkilemektedir (Keeley, 2012). Bu sebeple karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde yangın etkilerinin ortaya konulması yangın yönetimi ve kullanımı bakımından oldukça önemlidir.

Yangınların çam ekosistemlerindeki ekolojik etkilerini ortaya koyan birçok çalışma mevcuttur (Fernandes ve Rigolot, 2007; Vega vd., 2008; Daskalaku ve Thanos, 2010; González-De Vega vd., 2018). Ancak bu çalışmaların çok azı karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde yangın etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalardır (Huss ve Burschel, 1972; Hille ve Den Ouden, 2004; Ordóñez J. L. ve Retena, 2004; Ordóñez J. S. vd., 2004; Hancock M. vd., 2005; Ordóñez J. L. vd., 2005; Hille, 2006; Ordóñez J. L. vd., 2006; Fule' vd., 2008; Hancock M. H. vd., 2009; Ivanova vd., 2010; Fernandes vd., 2012; Touchan vd., 2012; Christopoulou vd., 2013; Christopoulou vd., 2014; Leys vd., 2014; Lucas-Borja vd., 2016; Ivanova vd., 2019). Karaçam ve sarıçam ekosistemleri için yapılan çalışmalar genel olarak; yangın tarihi, yangın rejimi, yanıcı madde özellikleri ile yanan alanda bulunan ağaçlarda meydana gelen zararları ele almıştır (Fule' vd., 2008; Christopoulou vd., 2013; Leys vd., 2014; Ivanova vd., 2019). Öte yandan yangınların karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde, toprak özellikleri (Certini, 2005; Alcaniz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022) ile tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi (Huss ve Burschel, 1972; Hille ve Den Ouden, 2004; Ordóñez J. L. ve Retena, 2004; Hancock M. vd., 2005; Hille, 2006; Ordóñez

J. L. vd., 2006; Hancock M. H. vd., 2009; Christopoulou vd., 2014; Lucas-Borja vd., 2016) üzerine olan etkilerini ortaya koyan sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Yangınların toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, çoğu toprak özelliklerinin benzer yangın koşullarında (yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketimi) dahi farklı şekillerde etkilendiği belirlenmiştir (Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişiminin ortaya konulmasına yönelik yapılan çalışmalarda ise çoğunlukla doğal gençlik üzerinde herhangi bir ölçüm veya gözlem yapılmamış olup, vejetasyon dinamikleri ile ilgili birçok husus da açıklanmamıştır (Fernandes ve Rigolot, 2007). Ayrıca yangın kullanımının orman ekosistemlerinde önemli bir yönetim aracı olduğu bilinmesine rağmen (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012; Drews ve Fredericksen, 2013) bu uygulamaların ekonomik analizlerini içeren yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır (Hesseln, 2000). Yapılan çoğu çalışmada, yangın simülasyonlarını esas alan ekonomik bir model geliştirilmiştir. Model eşliğinde yakma tekniği ve stratejisine göre değişen, söndürme maliyetleri ile meydana gelecek zararlar değerlendirilmiştir (Florec, 2016; Mann vd., 2020). Ancak yangınların ekonomik etkilerine ilişkin yapılan çalışmalarda, yakma uygulamaları ile standart silvikültürel uygulamaların karşılaştırıldığı bir ekonomik analiz yapılmamıştır. Bu sebeple farklı uygulamaların ekonomik açısından değerlendirilmesi hem ekolojik hem de ekonomik kazanımların artması açısından önemlidir.

Yangın etkilerinin belirlenmesine yönelik ülkemizde yapılan çalışmalar, genellikle kızılçam ve maki ile kısmen sedir orman alanlarında gerçekleştirilmiştir (Kantarcı vd., 1986; Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüz, 1988; Boydak vd., 1996; Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014a, 2014b). Ülke ormanlarımızın önemli ağaç türlerinden olan karaçam ve sarıçamda yapılan çalışmalar ise çok sınırlı sayıdadır (Kara ve Bolat, 2009; Tufekcioglu vd., 2010). Özellikle sarıçam alanlarında yangınların ekolojik etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar dünyada da az olmakla birlikte ülkemizde hiç bulunmamaktadır (Fernandes vd., 2013). Karaçamda ise genellikle gerçekleşmiş yangınlardan sonraki durum ortaya konulmuş, erozyon, kök biyokütlesi, toprak solunumu, azot mineralizasyonu ve mikrobiyal biyokütle gibi özellikler değerlendirilmiştir (Tufekcioğlu vd., 2006; Kara ve Bolat, 2009; Tufekcioglu vd., 2010). Ülkemizde yangın sonrası vejetasyon dinamikleri ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlı olup, önemli bir kısmı süksesyonla ilgilidir (Kavgacı vd., 2010; Tavsanoğlu, 2010; Kavgacı vd., 2017b, 2017a). Fidan büyüme ve gelişimine yönelik yapılan çalışmalar, yapay yanıcı madde sürekliliğinin oluşturulduğu küçük alanlarda ve yangın sonrası ekim ya da dikimle alana

getirilen fidanlar üzerinde gerçekleştirilmiştir (Eron, 1977; Kantarcı vd., 1986; Neyişçi, 1986, 1989; Boydak vd., 1996). Ancak yangın etkileri daha büyük alanlarda ve tabii olarak gelen gençlik üzerinde ortaya konulmamıştır. Bu etkinlerin ortaya konulması, yangın sonrasında yapılacak çalışmaların planlanması ve uygulanması bakımından önemlidir.

Ekosistemlerdeki yangın etkilerinin ortaya konulması amacıyla, genellikle iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Bunlardan ilki çıkmış olan yangınların esas alınmasıyla yapılan değerlendirmedir. Bu değerlendirmede, çıkmış olan yangınlardan sonraki durum çeşitli ölçüm ve gözlemler ile ortaya konulmaktadır. Çıkmış olan yangınlardan sonraki durumun değerlendirildiği birçok çalışma yapılmıştır (Ordóñez J. L. vd., 2005; Kara ve Bolat, 2009; Christopoulou vd., 2014). Ancak bu çalışmalar, ekosistemlerdeki yangın etkilerinin değerlendirilmesinde genel bir bilgi sunmasına rağmen yangın-ekosistem etkileşimini tam anlamıyla ortaya koyma noktasında yetersiz kalmaktadır. Söz konusu eksikliklerin başında istenilen zaman ve özellikte alanın bulunamaması, yangın davranış özelliklerinin gözlemlenmemiş olması, yangın sonrası ölçümlerin zamanında yapılamaması ve alanın korunma problemi gibi hususlar gelmektedir. Bu eksiklikler yangının ekolojik etkilerinin bilimsel olarak kabul edilebilir düzeyde izah edilmesinde yetersiz kalınmasına sebep olmaktadır. Bir diğer yöntem ise kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarıdır. Kontrollü ve amaçlı yakma, önceden belirlenmiş bir alanda, belirli çevresel koşullar altında, bir idare amacını gerçekleştirmek için yangının planlanması ve uygulanması işlemidir (Waldrop ve Goodrick, 2012; Fernandes vd., 2013; Usta vd., 2019). Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarında yangın öncesi, yangın esnası ve yangın sonrasında yapılan detaylı ölçüm ve gözlemlerler ile yangınların ekosistemlerdeki etkileri tüm yönleriyle ele alınmaktadır. Böylece, bir şekilde gerçekleşen yangınlar sonrasında yapılan eksik değerlendirmelerin aksine, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları ile yangın etkilerinin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konulması mümkün olmaktadır (Catalanotti, 2009). Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları ile sadece yangınların ekosistemler üzerindeki etkileri (flora, fauna, toprak, su, hava, yangın davranışı, yangın yönetimi vb.) ortaya konulmakla kalmayıp, yangınların meşcere yapı ve toprak dinamiklerinde meydana getirdiği değişimlerden faydalanılmaktadır (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012).

Bu çalışmanın amacı, karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde yangın etkilerinin belirlenmesi ve bu ekosistemlerde yangınların bir yönetim aracı olarak kullanım potansiyelinin ortaya konulmasıdır. Çalışma kapsamında, idare süresini doldurarak

gençleştirme programına alınmış saf Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde düşük ve orta şiddetli yakma uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yangın kullanımını dikkate alan yeni bir gençleştirme yaklaşımı gündeme getirilmiştir. Ülkemiz ormancılığı için yeni olan bu yaklaşım ile uygulamada doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılan standart silvikültürel metot üzerinden ekonomik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sürecinde elde edilen bilgi, birikim ve tecrübeye dayanarak uygulamaya yönelik önerilerde bulunulmuştur.

1.2 Literatür Özeti

Kontrollü ve amaçlı yakma, yangın uzmanı bir ekip tarafından önceden belirlenmiş bir alanda, belirli çevresel koşullar altında, istenen bir sonucu elde etmek için yangının planlanması ve uygulanması işlemidir (Şirin ve Sarıbaşak, 1997; Waldrop ve Goodrick, 2012; URL-1, 2019). Yangına bağımlı, duyarlı ve adapte olmuş ekosistemlerde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarından yanıcı madde miktarının azaltılması, kesim artıklarının temizlenmesi, ekim veya dikim için alanın hazırlanması, yaban hayatı habitat koşullarının iyileştirilmesi, türler arasındaki rekabetin kontrolü, böcek ve hastalıkların kontrolü, görsel değerlerin artırılması, hareketin kolaylaştırılması, yangına bağımlı türlerin sürekliliğinin sağlanması gibi çeşitli ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde faydalanılmaktadır (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992). Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları yaygın olarak yanıcı madde miktarının azaltılmasında kullanılmaktadır (Haines vd., 2001; Fernandes ve Botelho, 2004). Fakat yangın-ekosistem etkileşiminin birçok yönüyle ortaya konulması, yakma uygulamalarının ekosistem hizmetlerinde kullanımını artırmıştır (Harper vd., 2018). Yangınların orman ekosistemlerinin yapısında meydana getirdiği değişimlerin bilinmesi, orman varlığının korunması ve sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir. Yangınların orman ekosistemleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır (Fernandes vd., 2013; Úbeda vd., 2018). Bu bölümde, karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının i) kullanımı, ii) tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri ve iii) ekonomik açıdan uygulanabilirliği incelenmiştir.

1.2.1. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Saf Karaçam ve Sarıçam Meşcerelerinde Kullanımı

Afrika'nın tropik kesimleri ile güney yarım kürede (Sumatra hariç) doğal olarak kendiliğinden oluşan çam ekosistemleri bulunmamaktadır. Bu ekosistemler için çamlar öncü türlerdir ve alana tarım arazilerinin terkedilmesi, toprak kayması veya yangın gibi bir olay sonucunda gelmiştir (Goldammer, 1991). Çam türleri geldikleri alanın yangın rejimi özelliklerine göre çeşitli adaptasyonlar (kalın kabuk, derinlere giden kazık kök sistemi, nadir sürgün verme, tutuşmanın ölü örtüde başlaması gibi) geliştirmiştir (Fernandes vd., 2008). Ekosistemde meydana gelen yangında, yangına duyarlı olan geniş yapraklı türler alandan uzaklaşırken, yangına adapte olmuş türler alanda yaşamlarını devam ettirmekte ve saf meşcereler oluşturmaktadır. Güney Asya ve Orta Amerika dâhil saf çam ekosistemlerinin geçmişinde kesinlikle bir yangın bulunmaktadır (Munro, 1966; Goldammer ve Peñafiel, 1990; Goldammer, 1991). Yangınlarla iç içe olan bu ekosistemlerde yangınlar, ekosistemin yönetimi ve sürdürülebilirliğini etkilemektedir.

Anadolu karaçamı ve sarıçam yangına hassas ancak kısmen adapte olmuş çam türleridir (Hille, 2006; Fule' vd., 2008; Christopoulou vd., 2014). Bu türler, içerisinde bulundukları ekosistemin yangın rejimi özelliklerine göre yangınlardan olumsuz ya da olumlu yönde etkilenmektedir (Hardesty vd., 2005; Meyers, 2006; Usta vd., 2022). Karaçam ve sarıçam çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan olumsuz yönde etkilenirken, düşük şiddetli yangınlardan geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla kurtulmakta hatta yangınların meşcere yapısı ve toprak dinamiklerinde meydana getirdiği değişimlerden olumlu yönde etkilenmektedir (Hille ve Den Ouden, 2004; Hille, 2006; Keeley, 2012; Drews ve Fredericksen, 2013; Lucas-Borja vd., 2016).

Şiddetli tepe yangınları, karaçam ve sarıçam ekosistemlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde meydana gelen şiddetli bir tepe yangınında yerel tohum kaynaklarının tamamına yakını yanmaktadır (Trabaud ve Campant, 1991; Ordóñez J. L. ve Retena, 2004; Ordóñez J. S. vd., 2004; Pausas vd., 2008; Retana vd., 2012; Sagra vd., 2019). Ayrıca karaçam ve sarıçam erken çiçeklenme ve yanmadan kalan tohum rezervleri (serotiny) gibi yangına karşı geliştirilmiş üreme adaptasyonlarından yoksundur (Habrouk vd., 1999; Tapias vd., 2004; Fernandes vd., 2012; Kakouros ve Dafis, 2012). Bu sebeple karaçam ve sarıçam meşcerelerinde şiddetli tepe yangınlarından sonra gençliğin doğal yollardan elde edilmesi, yanmadan kalan ağaçlar ile yanan alanın çevresindeki bireylerden sağlanacak tohumlara bağlıdır (Arianoutsou, 1998; Ordóñez J. L.

vd., 2005; Ordóñez J. L. vd., 2006; Christopoulou vd., 2014). Meşcere içerisinde ya da çevresinde bulunan tohum ağaçlarının etkin tohumlama mesafesi, topografya, rüzgâr yönü, ağaç boyu gibi faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte ortalama 100 m'dir (Ordóñez J. L. vd., 2006; Kakouros ve Dafis, 2012). Bunla birlikte yanan alana uçarak gelen tohumlar meşcerenin mutlaka geri kazanımı anlamına gelmemektedir (Retana vd., 2012; Christopoulou vd., 2014). Karaçam ve sarıçam bireylerinin yangın sonrası alana gelmesi biyotik ve abiyotik birçok faktör tarafından etkilenmektedir (vejetasyon, toprak özellikleri, rekabet, kemirgenler gibi) (Trabaud ve Campant, 1991; Ordóñez J. L. ve Retana, 2004; Ordóñez J. L. vd., 2006; Kerr vd., 2008). Genellikle şiddetli yangınlar sonrasında karaçam ve sarıçam meşcerelerinde doğal olarak kendiliğinden gelen gençlik yoğunluğu düşük olmaktadır (Rodrigo vd., 2004; Fernandes vd., 2012). Yangın şiddeti ve yanan alan büyüklüğünün artması, sadece türlerin doğal yollardan alana tekrar gelme olasılığını azaltmakla kalmayıp, yerini başka türlere bırakma olasılığını da artırmaktadır (Pausas vd., 2008; Fernandes vd., 2012; Retana vd., 2012). Yangın mevsimi, karaçam ve sarıçam ekosistemlerini olumsuz yönde etkileyen bir diğer yangın rejimi bileşenidir (Usta vd., 2022). Karaçam ve sarıçam için kozalak olgunlaşma zamanı Ekim-Aralık dönemi olup, tohum dökümü tohumlar olgunlaştıktan sonra Mart-Nisan aylarına kadar sürmektedir. İlk tohum dökümünü takiben çimlenmeler ilkbahar mevsiminde başlamaktadır (Skordilis ve Thanos, 1997; Ürgenç, 1998; OGM, 2014b). Bu sebeple ilkbahar ve yaz aylarında meydana gelecek olan bir yangın hem çimlenmiş olan fidanları hem de olgunlaşmamış kozalakları yakacaktır. Ayrıca bu ekosistemlerde özellikle yaz aylarında meydana gelen yangınlardan sonra alanda çimlenebilir olgunlukta tohum bulunamamaktadır (Ordóñez J. L. vd., 2005). Bu durum, karaçam ve sarıçam ekosistemlerinin sürekliliğini tehlikeye sokmaktadır (Retana vd., 2002; Ordóñez J. L. vd., 2006). Aynı şekilde karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde yangın sıklığında meydana gelen değişim de meşcerede meydana gelen zarar düzeyini artırmaktadır (Christopoulou vd., 2014; Leys vd., 2014). Zira karaçam ve sarıçam sık aralıklarla meydana gelen yangınlardan olumsuz yönde etkilenmektedir (Fernandes vd., 2012). Ekosistemin sürekliliğinde ve türlerin hayatiyetini devam ettirmesinde, ağaçlarda meydana gelen tepe ve kök zararlarının derecesi de etkili olmaktadır (Ordóñez J. L. vd., 2006; Fernandes vd., 2012). Olumsuz yangın rejimi koşulları altında yangınlara maruz kalan karaçam ve sarıçam ekosistemleri, çoğunlukla ekim ya da dikim yoluyla geri kazanılmaktadır. Karaçam ve sarıçam ekosistemleri her ne kadar şiddetli yangınlardan olumsuz yönde etkilense de geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla bu olumsuz etkileri tolere edebilmektedir.

Karaçam ve sarıçam, düşük şiddetli örtü yangınlarına maruz kalması koşuluyla, yıkıcı yangın etkilerini tolere edebilen ağaç türleridir (Fule' vd., 2008; Touchan vd., 2012; Christopoulou vd., 2013; Valor vd., 2015). Karaçam ve sarıçam ekosistemlerini oluşturan ağaçlar, uzun boyları, kalın kabukları, yüksek tepe altı yükseklikleri gibi adaptasyonları ile yangınların zararlı etkilerine dayanabilmektedir (Tapias vd., 2001; Pausas vd., 2008). Türler, kalın kabukları vasıtasıyla, kambiyum dokusunu yangınlar esnasında açığa çıkan ısıdan koruyabilmekte ve yangının olumsuz etkilerini tolere edebilmektedir (Fernandes vd., 2008; Fule' vd., 2008; Kakouros ve Dafis, 2012). Karaçam ve sarıçamın yangına karşı olan dayanıklılığını temelde yangın türü ve kabuk kalınlığı belirlemektedir. Ancak ağaç yaşı, yaprak ve tomurcuk özellikleri, tepe kavrulması ve kök zararının derecesi de yangına karşı olan dayanıklılıkta etkili olmaktadır (Ordóñez J. L. vd., 2006; Sieg vd., 2006; Fernandes vd., 2012). Karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde meydana gelen şiddetli bir orman yangınının ardından türün hayatta kalma olasılığı tepe kavrulma oranı ile azalmakta, ağaç boyunun uzaması ile artmaktadır (Ordóñez J. L. vd., 2005). Ayrıca karaçam ve sarıçamın yangına karşı geliştirmiş olduğu bir diğer adaptasyon da kalın ve uzun iğne yaprakları ile korunaklı tomurcuklarıdır. Türlerin oluşturduğu meşcerelerde örtü yangınlarının bol tohum dökümünden hemen önce geç sonbahar ve erken kış aylarında meydana gelmesi, karaçam ve sarıçamın yangına karşı olan dayanıklılığını artıracak ve meşcerenin doğal yollardan geri kazanımında önemli bir rol oynayacaktır (Kakouros ve Dafis, 2012). Karaçam ve sarıçam türleri geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla düşük şiddetli örtü yangınlarının etkilerini ortadan kaldırmakta ve hayatiyetlerini devam ettirebilmektedir. Bu durum yangınların karaçam ve sarıçam türlerinin hâkim olduğu ekosistemlerde, türün biyolojisi ve ekolojisine bağlı olarak, ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde kullanılabileceği göstermektedir.

1.2.2. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi Üzerine Olan Etkileri

Kontrollü ve amaçlı yakmalar saha hazırlığı, türler arasındaki rekabetin kontrolü, meşcere dönüşümü (tahvil), meşcere rehabilitasyonu ve gençleştirme gibi silvikültürel uygulamalarda bir yönetim aracı olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Weber ve Taylor, 1992). Özellikle gençleştirme çalışmalarında gençliğin alana başarılı bir şekilde getirilmesi, iyi bir saha hazırlığı ile mümkün olmaktadır. Tohumun çimlenebilmesi için mineral toprakla buluşması, çimlenen fidanın iyi büyüme ve gelişim gösterebilmesi için ise toprağın bitki

besin maddelerince zengin olması gereklidir. Kontrollü ve amaçlı yakmalar saha hazırlığı safhasında kullanılan, çeşitli amaçlara hizmet eden, pratik ve ekonomik bir ön işlemdir (Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012).

Kontrollü ve amaçlı yakmalar saf karaçam ve sarıçam meşcerelerinin ekim, dikim ya da doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılmaktadır. Kontrollü ve amaçlı yakmalar, türlerin yaşlı ve saf meşcerelerinin gençleştirilmesinde tekniğine uygun silvikültürel bir araç olarak kullanıldığında, çimlenme için ideal tohum yatağının hazırlanmasını sağlayabilmektedir (Hille ve Den Ouden, 2004; Hancock M. vd., 2005; Hille, 2006; Hancock M. H. vd., 2009; Lucas-Borja vd., 2012; Lucas-Borja vd., 2016). Yangınların bu özelliği, yangın sonrasında meşcere yapı ve toprak dinamiklerinde meydana gelen ani değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Karaçam ve sarıçam meşcerelerinin gençleştirilmesinde yeterli çimlenme ve fidan yoğunluğunun yakalanması, toprak yüzeyindeki organik tabakanın kalınlığı ve mineral toprağın nem içeriği gibi üst toprak özellikleri ile sıkı sıkıya ilişkilidir. Bu meşcerelerde mineral toprağın üstündeki organik tabakanın varlığı tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimini olumsuz etkilemektedir. Mineral toprak yüzeyindeki bu tabakanın kaldırılması, çimlenerek alana gelen fidanların köklerini yayması ve yeterli suyu alması için gerekli bir işlemdir. Karaçam ve sarıçamın gençleştirilmesinde başarı, çimlenen tohumun yeterli toprak nemine sahip olmasına bağlıdır. Çünkü genç fidanlar büyüme ve gelişim esnasında yeterli suya ihtiyaç duyar (Hille, 2006; Fernandes vd., 2012; Touchan vd., 2012; Coban vd., 2016; Lucas-Borja vd., 2016). Organik tabaka ne kadar kalın olursa fidanın köklerini mineral toprağa ulaştırması o kadar zor ve zaman alıcı olur. Fidanın hayatta kalması için köklerini kalın ve yavaş ayrışan organik tabakanın altındaki mineral toprağa ulaştırması gereklidir (Ahlgren, 1974; Hille ve Den Ouden, 2004; Hille, 2006). Mineral toprakla fidan kökleri arasındaki ilişki kurulduktan sonra fidan ölüm oranlarında önemli bir azalma olmaktadır (Nilsson vd., 2002). Ayrıca yangın sonrasında bol tohum ve ibre dökümü, toprakta alınabilir formda bulunan bol miktardaki bitki besin maddesi varlığı ve fidanlarla rekabet içerisinde bulunan türlerin tohumlarının yanması gibi tohum yastığı kesitindeki değişimler de tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimini olumlu yönde etkilemektedir (Neyişçi, 1986, 1989; Hancock M. vd., 2005). Dolayısıyla kontrollü ve amaçlı yakmalar, saf karaçam ve sarıçam meşcerelerinin gençleştirilmesinde tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi için uygun ortamı sağlayan bir ön işlemdir.

1.2.3. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Olan Etkileri

Yangınların orman ekosistemleri üzerine olan ekolojik etkilerinin en önemlilerinden birisi de yangının toprakta meydana getirdiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerdir (Certini, 2005; Neary vd., 2005; Zavala vd., 2014; Kaptanoğlu vd., 2018). Bu değişimler orman ekosistemlerinin verimliliği ve sürekliliği açısından son derece önemlidir (DeBano ve Neary, 1987; Alcañiz vd., 2018; Pereira vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Yangınların toprak özelliklerini etkilediği yapılan birçok çalışma ile ortaya konulmuştur (Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2020). Ancak bu etkinin yönü ve boyutu, toprağın yangın öncesi durumu, bitki örtüsü, yangın özellikleri gibi birçok faktörün bireysel veya birlikte etkileşimine bağlı olarak değişmektedir (Neary vd., 2005). Genel itibariyle zamanı ve zemini iyi seçilmek koşuluyla, yangınların toprak özelliklerinde meydana getirdiği olumlu etkilerden ormancılık amaçları doğrultusunda yararlanmak mümkündür. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının amacı, sadece toprak yüzeyindeki ölü ve diri örtüyü ortadan kaldırmaktan ibaret değildir. Aynı zamanda organik maddede bulunan bitki besin maddelerini serbest hale getirerek yangından sonraki birkaç yıl içerisinde bitkilerin kullanımına sunmak, böcek ve mantar gibi zararlı olabilecek etmenleri kısmen veya tamamen ortadan kaldırarak gençliğin başarılı bir şekilde gelişebilmesini sağlayacak ortamı hazırlanmak gibi faydaları da bulunmaktadır.

1.2.4. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamalarının Ekonomik Açıdan Uygulanabilirliği

Ülkemizde karaçam ve sarıçam meşcerelerinin doğal gençleştirme çalışmalarında standart silvikültürel uygulama olarak büyük alan siper metodu kullanılmaktadır. Bu metotta gençleştirme çalışmalarına, toprağın tav hale getirilmesi, eşit siper durumunun sağlanması, ağaçların tohum tutmaya tahrik edilmesi ve zararlılara karşı korunması gibi amaçlarla hazırlık kesimleri ile başlanmaktadır. Hazırlık kesimleri meşcere yapısına bağlı olarak 2-3 yılda bir 2-3 kez tekrarlanmakta ve hazırlık kesimlerini takip eden ilk bol tohum yılında tohumlama kesimleri yapılmaktadır. Tohumlama kesimlerinin yapıldığı yılda, bol tohum dökümü başlamadan önce tohumun mineral toprakla buluşması, çimlenmesi ve köklenerek gençlik oluşturabilmesi için alanda saha hazırlığı çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Tohumlama kesimlerini takip eden yıllarda, alana gelen gençliğin türüne göre değişen ışık

isteklerine bağılı olarak 2-5 yılda bir 2-3 kez ışık kesimleri yapılmaktadır. Gençlik biyolojik bağımsızlığını kazandıktan sonra alanda kalan ağaçlar boşaltma kesimleri ile çıkarılmakta ve gençleştirme çalışmaları tamamlanmaktadır. Standart silvikültürel uygulamalarda gençleştirme çalışmaları karaçam ve sarıçam türleri için 6 ila 15 yıl arasında değişen bir sürede tamamlanabilmektedir (Saatçioğlu, 1976; Genç, 2013; OGM, 2014b).

Standart silvikültürel uygulamalarda saha hazırlığı iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, toprak üzerindeki ölü ve canlı örtünün uzaklaştırılarak mineral toprağın açığa çıkarılmasıdır. İkinci aşama ise mineral toprağın tohum çimlenme ve daha sonrasında fidan büyüme ve gelişimi için işlenmesidir (Genç, 2013). Saha hazırlığında farklı makinelerin kullanıldığı mekanik yöntem, çeşitli ilaçların kullanıldığı kimyasal yöntem ve yangın kullanımına dayalı alternatif yöntemler kullanılmaktadır (URL-2, 2019). Kontrollü ve amaçlı yakmalar tekniğine uygun bir şekilde gerçekleştirildiğinde iyi bir saha hazırlama yöntemidir (Weber ve Taylor, 1992; Hancock M. vd., 2005; Hille, 2006; Waldrop ve Goodrick, 2012; Genç, 2013).

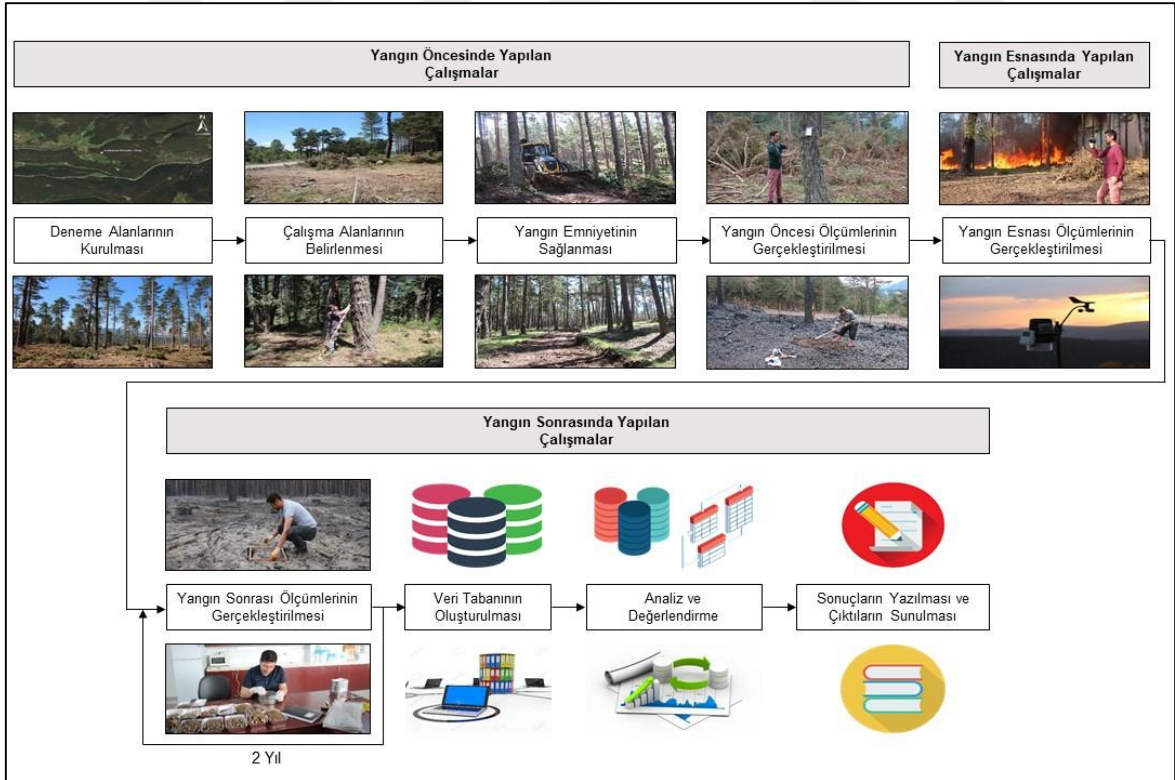
Standart silvikültürel uygulamalarda saha hazırlığı safhasında, genel olarak hazırlık ve tohumlama kesimleri sonrasında mineral toprağın açığa çıkarılması ve ölü örtünün ayrışma hızının artırılması gibi amaçlarla, makineli toprak işlemesi (riper, pulluk ya da tarak kullanımı gibi) yapılmaktadır. Bu şekilde yapılan uygulamalar hem pahalı hem de zaman alıcıdır. Söz konusu olumsuzlukların temel sebebi büyük oranda tohum, diri/ölü örtü ve toprak ilişkisinde yatmaktadır. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları ile ölü örtünün ortadan kaldırılması ve ideal tohum yatağı koşullarının oluşturması mümkün olmaktadır (Weber ve Taylor, 1992). Bu durum standart silvikültürel uygulamadaki saha hazırlığı safhası ile özdeşleştirilebilir ve gençleştirme çalışmalarında uygulamada kolaylık ve ekonomikliğin sağlanmasında önemli katkılar sağlayabilir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışma kapsamında, saf Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılan, standart silvikültürel ve mekanik uygulamalar ile kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının ekonomik analizleri yapılmıştır.

2.1. Materyal ve Metot

Yapılan çalışma, i) yangın öncesinde yapılan çalışmalar, ii) yangın esnasında yapılan çalışmalar ve iii) yangın sonrasında yapılan çalışmaları içermektedir. Gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin iş akış diyagramı aşağıda gösterilmiş olup, materyal ve metot bu sıralamaya göre açıklanmıştır (Şekil 1).



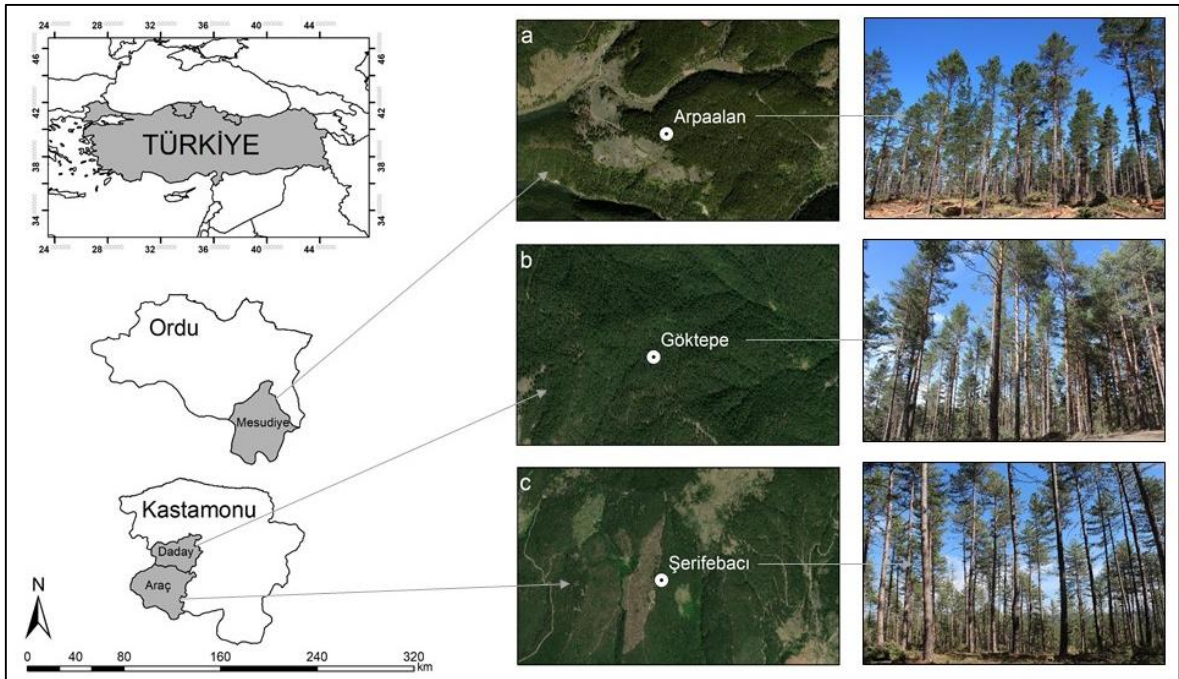
Şekil 1. Gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin iş akış diyagramı

2.1.1. Yangın Öncesinde Yapılan Çalışmalar

Yangın öncesinde yapılan çalışmalar, çalışma alanlarının belirlenmesi, deneme alanlarının kurulması, yangın emniyetinin sağlanması ve yangın öncesi ölçümlerinin gerçekleştirilmesi bölümlerinden oluşmaktadır.

2.1.1.1. Çalışma Alanlarının Belirlenmesi

Arazi çalışmaları, ülkemizde karaçam ve sarıçamın doğal yayılış gösterdiği Kastamonu ve Ordu illerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Mesudiye Orman İşletme Müdürlüğü Arpaalan Orman İşletme Şefliği, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Araç Orman İşletme Müdürlüğü Şerifebacı Orman İşletme Şefliği ve Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Daday Orman İşletme Müdürlüğü Göktepe Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan, idare süresini doldurarak gençleştirme (tensil) programına alınmış, cd (ince ve orta ağaçlık) ve d (orta ağaçlık) çağındaki meşcereler çalışma alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanlarının coğrafi konumu. Arpaalan Orman İşletme Şefliği (a), Göktepe Orman İşletme Şefliği (b) ve Şerifebacı Orman İşletme Şefliği (c)

2.1.1.1.1. Mevki ve Bitki Örtüsü

Mesudiye ilçesi Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde, Ordu ilinin güneyinde yer almaktadır. İlçenin ortalama yükseltisi 1050 m'dir (Türkmen ve Hayli, 2015; URL-3, 2020). Arpaalan Orman İşletme Şefliği 40° 24' 46"-40° 20' 29" kuzey enlemleri ile 37° 47' 04"-37° 54' 41" doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İşletme şefliğinin ortalama yükseltisi 1817 m'dir. İşletme şefliğinde hâkim ağaç türü sarıçamdır ve toplam alanın %76,7'sini oluşturmaktadır (OGM, 2009).

Araç ilçesi Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde, Kastamonu ilinin güneybatısında yer almaktadır. İlçenin ortalama yükseltisi 641 m'dir (Yıldız, 2013; URL-9, 2020). Şerifebacı Orman İşletme Şefliği 41° 12' 36"-41° 20' 55" kuzey enlemleri ile 37° 15' 50"-33° 31' 10" doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İşletme şefliğinin ortalama yükseltisi 1011 m'dir. İşletme şefliğinde hâkim ağaç türü karaçamdır ve toplam alanın %79,3'ünü oluşturmaktadır (OGM, 2014a).

Daday ilçesi Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde, Kastamonu ilinin kuzeybatısında yer almaktadır. İlçenin ortalama yükseltisi 980 m'dir (Gül, 2013; URL-10, 2020). Göktepe Orman İşletme Şefliği 41° 20' 03"-41° 28' 45" kuzey enlemleri ile 33° 24' 14"-33° 33' 58" doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İşletme şefliğinin ortalama yükseltisi 1173 m'dir. İşletme şefliğinde hâkim ağaç türü karaçamdır ve toplam alanın %9,3'ünü sarıçam oluşturmaktadır (OGM, 2010).

2.1.1.1.2. İklim

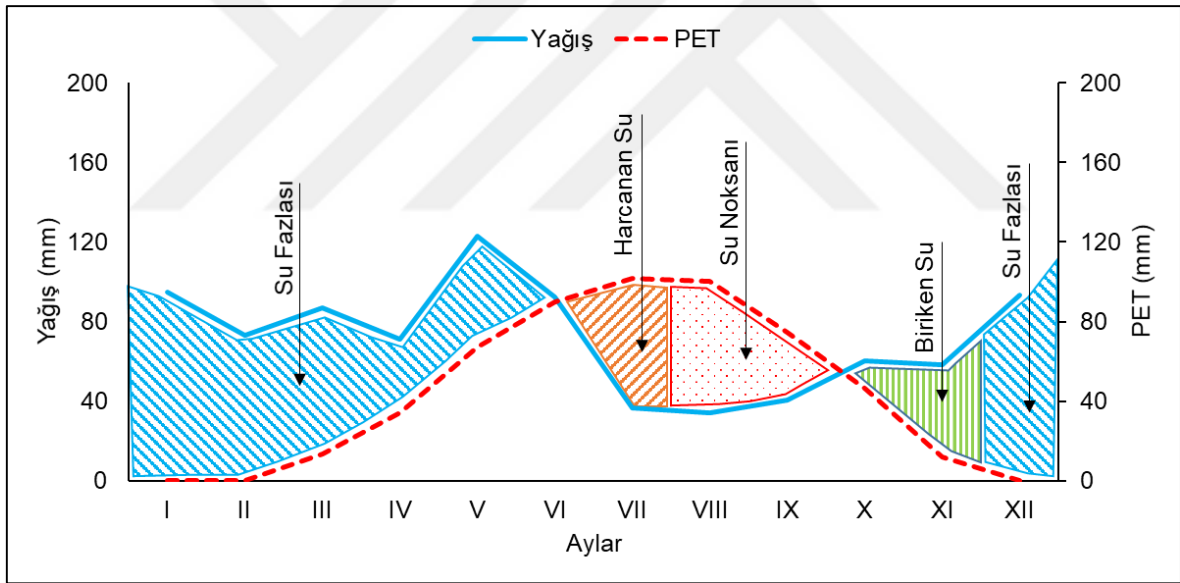
Arpaalan deneme alanında ortalama en yüksek sıcaklık 27,4 °C ile Ağustos ayında, ortalama en düşük sıcaklık 4,0 °C ile Ocak ve Şubat aylarında; aylık toplam yağış miktarı ortalaması en düşük 56,8 mm ile Mayıs ayında, en yüksek 130,9 mm ile Ekim ayında gerçekleşmiştir (URL-12, 2022). Arpaalan kıyı ve iç kesimler arasında etkili olan geçiş iklimine sahiptir (Başibüyük, 2004; URL-4, 2020). Yazları serin, kışları soğuk ve uzun sürelidir. Deneme alanı ilkbahar ve sonbaharda bol miktarda yağış alırken, yağışlar genelde kışın kar şeklindedir (OGM, 2009; URL-4, 2020; URL-5, 2020).

Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında ortalama en yüksek sıcaklık 28,1 °C ile Temmuz ayında, ortalama en düşük sıcaklık -4,5 °C ile Ocak ayında; aylık toplam yağış miktarı ortalaması en düşük 27,3 mm ile Şubat ayında, en yüksek 75,2 mm ile Mayıs ayında

gerçekleşmiştir (URL-11, 2022). Şerifebacı ve Göktepe karasal iklime sahiptir. Yazları sıcak, kışları soğuk ve karlıdır. Yağışlar genellikle ilkbahar ve sonbaharda yağmur şeklindedir. Deneme alanları ilkbahar ve sonbaharda bol miktarda yağış alırken, yağışlar genelde kışın kar şeklindedir (Gül, 2013; Yıldız, 2013; URL-9, 2020; URL-10, 2020).

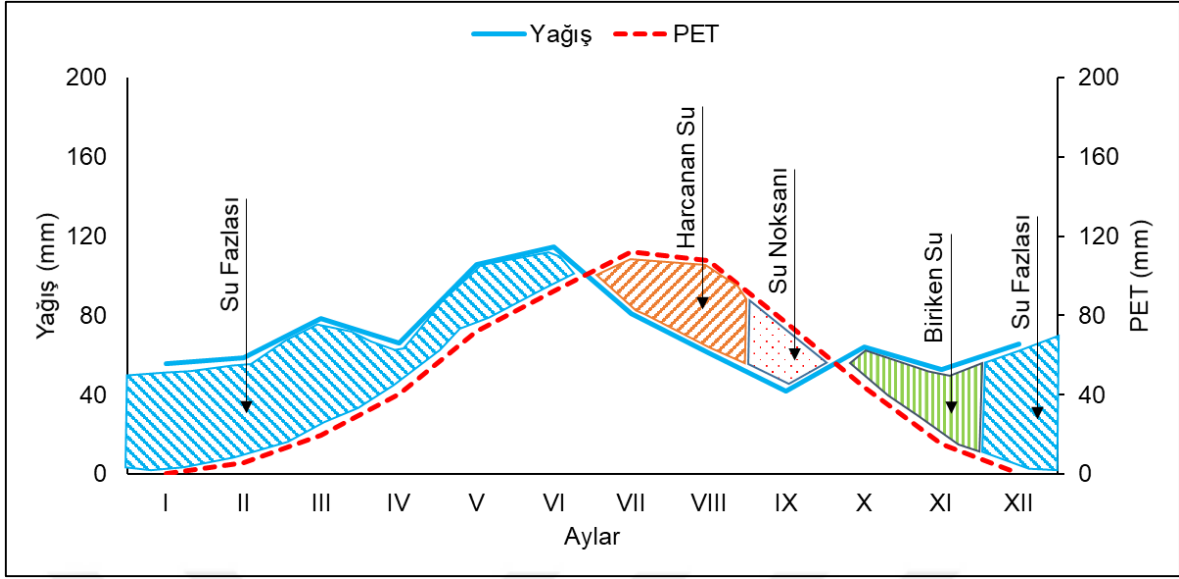
Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde belirlenen çalışma alanlarının iklim özellikleri Thornthwaite İklim Sınıflandırması yöntemi kullanılarak ortaya konulmuştur (Thorntwaite, 1948; Doğan, 1996). Bu amaçla, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden deneme alanlarına en yakın istasyonların iklim verileri temin edilmiş ve Thornthwaite su bilançosu diyagramları oluşturulmuştur.

Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre, Arpaalan deneme alanında nemli, düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan okyanus (deniz) iklimi ($B_2C'_2ra'$) hâkimdir (Şekil 3).



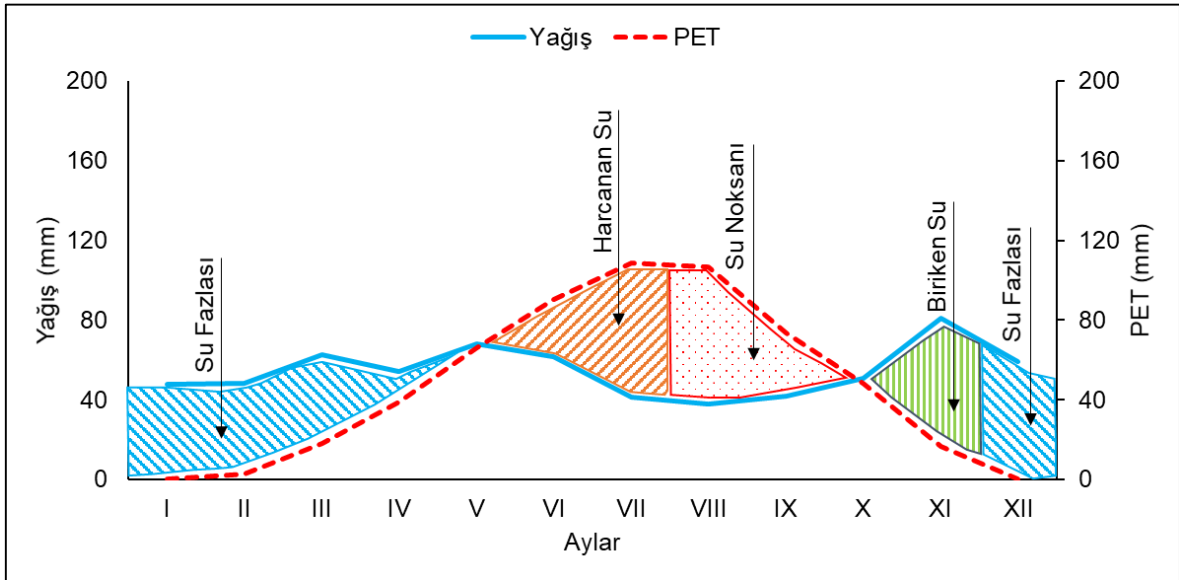
Şekil 3. Mesudiye meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu

Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre, Şerifebacı deneme alanında nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan okyanus (deniz) iklimi ($B_1B'_1ra'$) hâkimdir (Şekil 4).



Şekil 4. Araç meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu

Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre, Göktepe deneme alanında yarı nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan okyanus (deniz) iklimi ($C_2B'_{1ra}$) hâkimdir (Şekil 5).



Şekil 5. Daday meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu

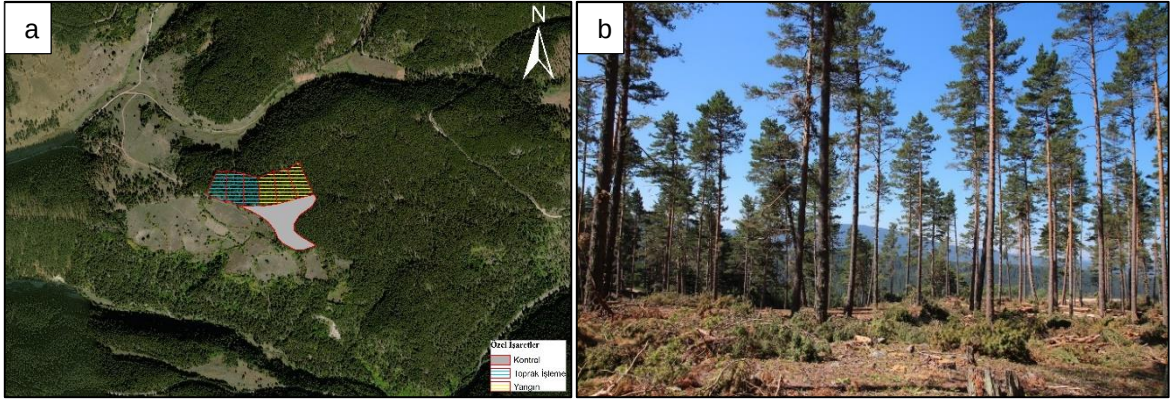
2.1.1.1.3. Jeolojik Yapı

Türkiye jeoloji haritalarına göre, Arpalalaan deneme alanı andezit anakayası, Şerifebacı deneme alanı kireçtaşı anakayası ve Göktepe deneme alanı ayrılmamış gnays, migmatit, metagranit, şist, amfibolit vb.den oluşan anakaya üzerinde bulunmaktadır (URL-6, 2020).

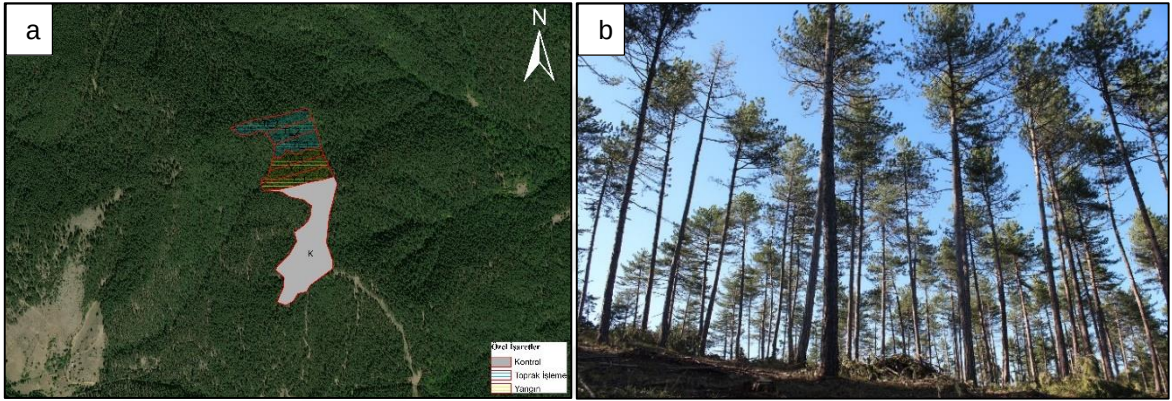
2.1.1.2. Deneme Alanlarının Kurulması

Karaçam ve sarıçamın doğal yayılış gösterdiği Kastamonu ve Ordu illerinde, potansiyel deneme alanları uydu görüntüleri yardımıyla belirlenmiştir. Belirlenen potansiyel alanlar içerisinde, deneme alanlarının kurulabileceği uygun meşcereleri belirlemek amacıyla, ilgili işletme şeflikleri sınırları içerisinde arazi çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada, gençleştirme programına alınan saf karaçam ve sarıçam alanları gezilerek uygun meşcereler belirlenmiştir.

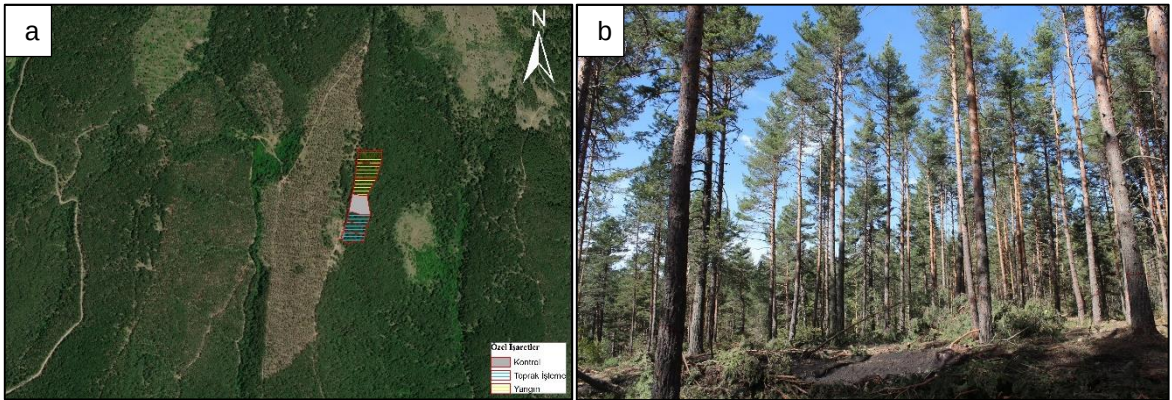
Çalışma sonucunda, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Mesudiye Orman İşletme Müdürlüğü Arpaalan İşletme Şefliği 33 nolu bölmede bulunan Çscd2, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Araç Orman İşletme Müdürlüğü Şerifebacı İşletme Şefliği 59 nolu bölmede bulunan Çkcd3 ve Kastamonu Bölge Müdürlüğü Daday Orman İşletme Müdürlüğü Göktepe İşletme Şefliği 162 nolu bölmede bulunan Çsd2 gençleştirme sahaları deneme alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 6, 7 ve 8).



Şekil 6. Arpaalan deneme alanı uydu görüntüsü (a) ve parsel görünümü (b)



Şekil 7. Şerifebacı deneme alanı uydu görüntüsü (a) ve parsel görünümü (b)

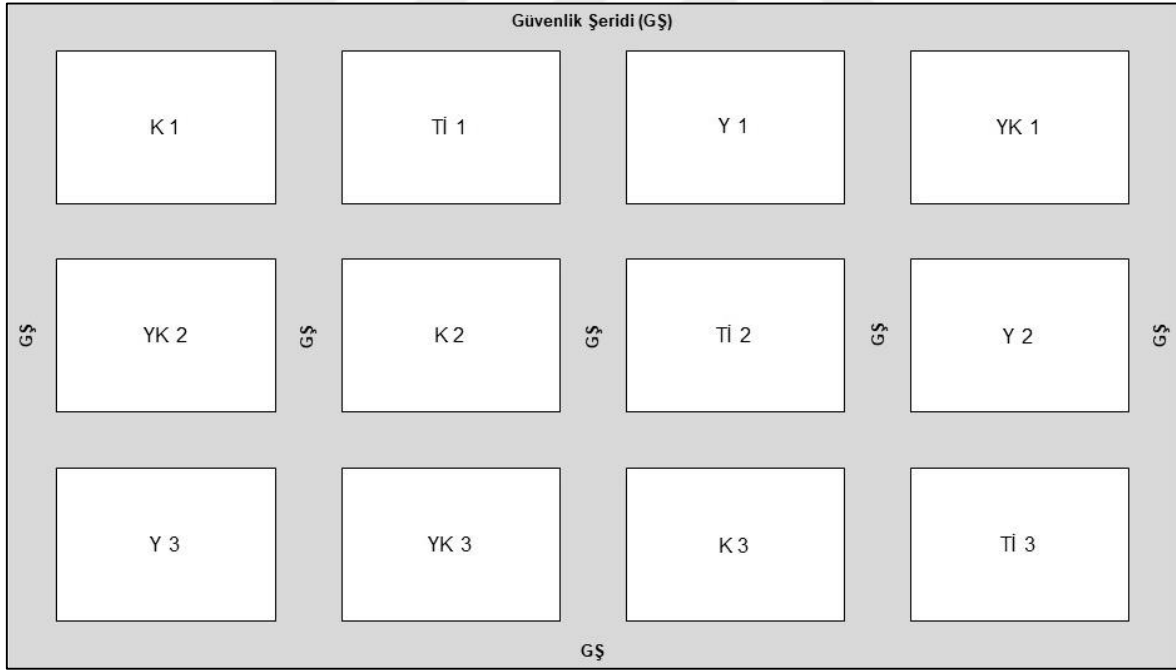


Şekil 8. Göktepe deneme alanı uydu görüntüsü (a) ve parsel görünümü (b)

Deneme alanları, diğer çevre ve ortam faktörlerinin (bakı, eğim vs.) etkisini ortadan kaldırmak için düz ya da düze yakın (en fazla %3-5 eğimli, hepsi aynı vasıflı), orta yaşlı ya da yaşlı, doğal dal budanması iyi, tepelerin yerden yüksek, diri örtünün çok az ya da hiç

olmadığı alanlardan seçilmiştir. Ayrıca deneme alanlarının yol, orman içi açıklık gibi kenar etkisi gösterebilecek alanlardan en az 40-50 m uzaklıkta ve meşcere içerisinde seçilmesine özen gösterilmiştir. Belirlenen uygun alanlar içerisinde deneme alanları kurulmuştur.

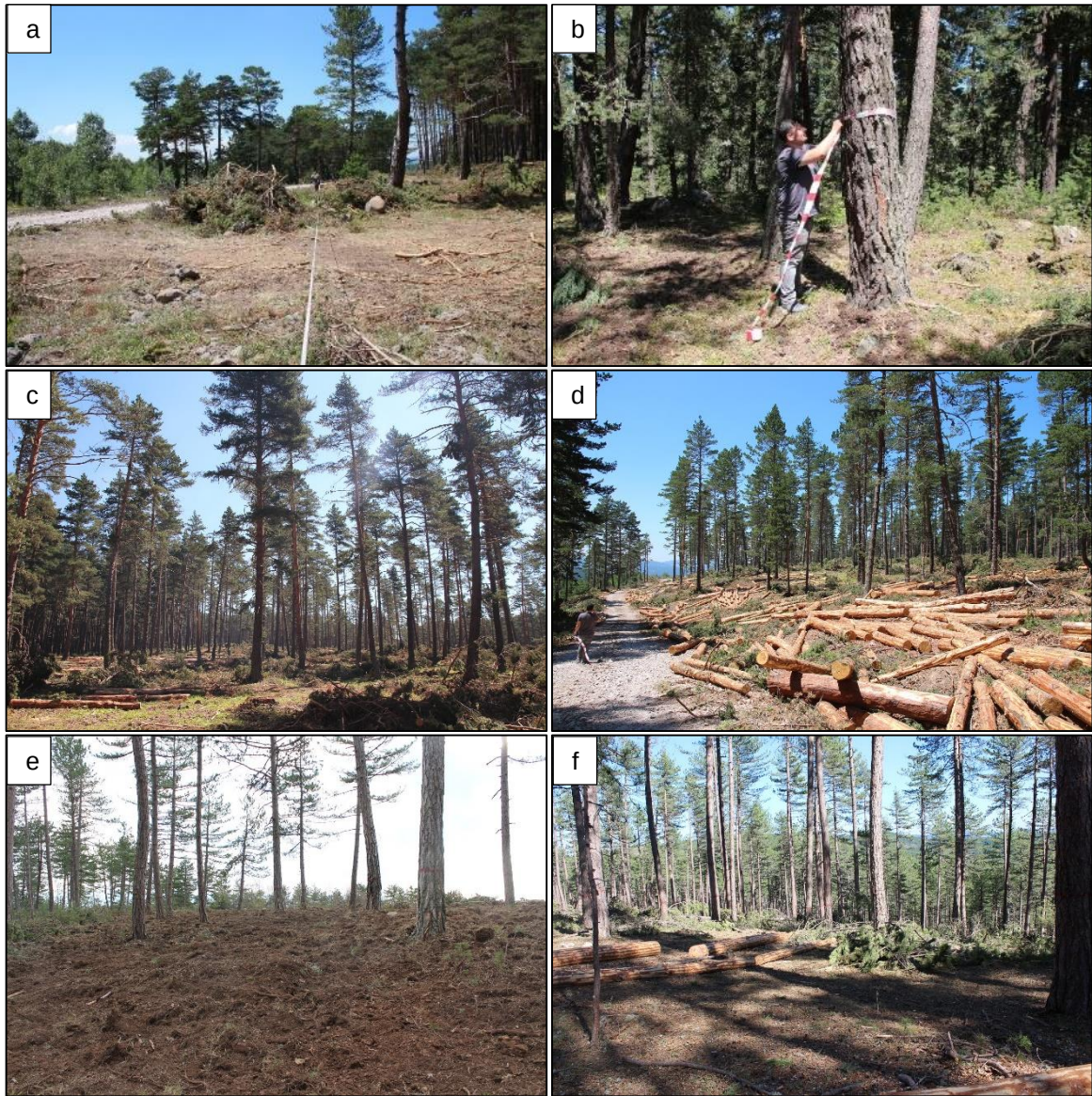
Deneme alanları, *i*) hiçbir müdahalenin yapılmadığı kontrol işlem birimi (tohumlama kesimi ve makineli toprak işlemesi yapılmamış alan), *ii*) doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılan standart silvikültürel ve mekanik uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimi (tohumlama kesimi ve makineli toprak işlemesi yapılmış alan) ve *iii*) kontrollü ve amaçlı yakmaların uygulandığı yangın işlem birimi (tohumlama kesimi yapılmış fakat makineli toprak işlemesi yapılmamış yakılan alan) olmak üzere üç farklı işlem birimine bağlı olarak kurulmuştur. Ayrıca yakma uygulamalarını takiben yangın işlem birimi içerisinde kısmen yanmadan kalan alanlar ortaya çıkmıştır. Bu alanlar dördüncü bir işlem birimi, *iv*) yangın kontrol işlem birimi (tohumlama kesimi yapılmış fakat makineli toprak işlemesi ve yakma uygulaması yapılmamış alan), olarak değerlendirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Deneme alanları içerisinde işlem birimlerinin dağılımı (K: Kontrol, Tİ: Toprak İşleme, Y: Yangın, YK: Yangın Kontrol)

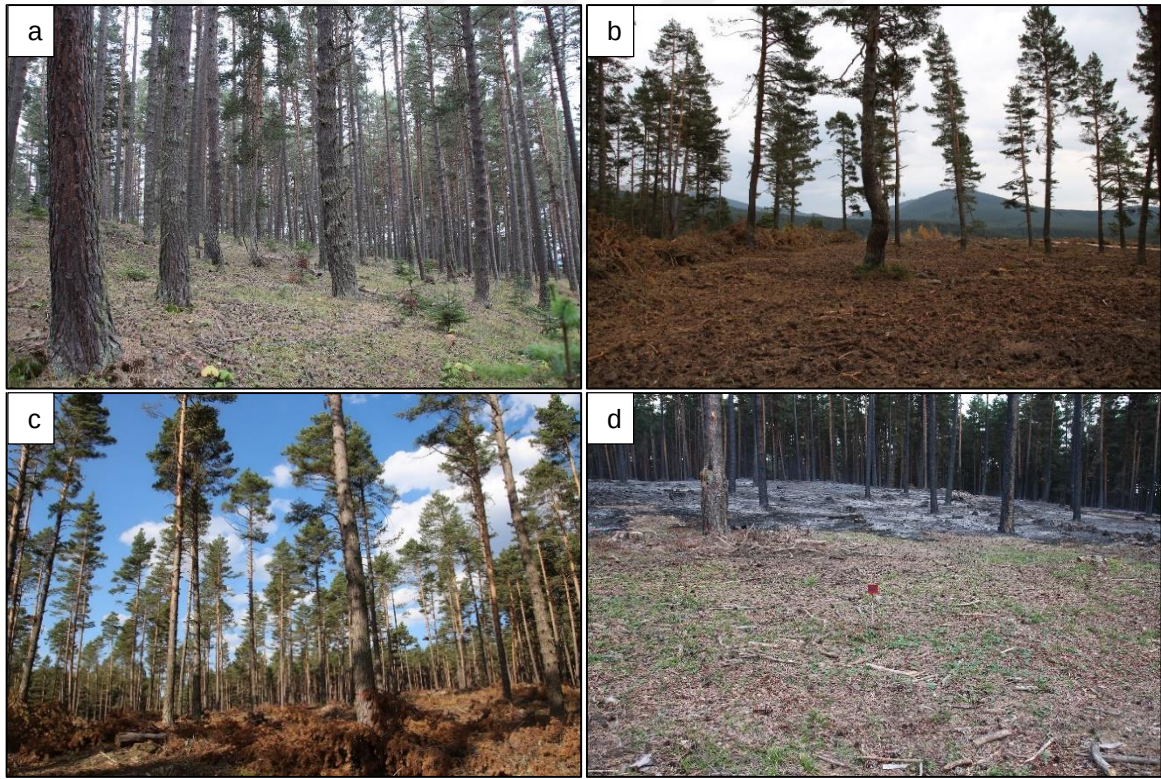
Her bir işlem birimi hâkim rüzgâr yönüne yaklaşık dik olacak şekilde üç ayrı parsel bölünmüştür. Hâkim rüzgâr yönü, meteorolik veriler, orman işletme şefliği personeli ve yerel halktan alınan bilgiler ile alanda bulunan ağaçlar üzerindeki hâkim rüzgâr yönüne bağlı

oluşumlar (bayrak oluşumu gibi) dikkate alınarak belirlenmiştir. Hâkim rüzgâr yönünün belirlenemediği durumlarda, lodos-poyraz (güneybatı-kuzeydoğu) istikameti ve vadi doğrultuları hâkim rüzgâr yönü olarak belirlenmiştir. İşlem birimlerine ait parseller arasında yaklaşık 5 m genişliğinde bir güvenlik şeridi bırakılmıştır. Bu şeritler vasıtasıyla hem yangın güvenliğini sağlamak hem de bir parselde yapılan işlemin diğer parseldeki işlemi etkilemesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Parsel boyutları, arazi şekli de dikkate alınarak, en az 0,5 ha olacak şekilde belirlenmiştir. Belirlenen parsel sınırları arazi üzerinde tespit edilmiş ve koruyucu şeritle işaretlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Parsel boyutlarının belirlenmesi (a), parsel sınırlarının işaretlenmesi (b) ve parsellerin görünümü (c, d, e ve f)

Kontrol işlem birimi (K) herhangi bir müdahaleye tabi tutulmamıştır. Toprak işleme işlem biriminde (Tİ), tohumlama kesimi yapılmış ve kesim artıkları Orman İşletme Şefliklerince toplatılarak eş yükselti eğrilerine paralel olarak 298 sayılı tebliğde belirtildiği şekliyle şeritler halinde 30-40 m aralıklarla yığılmıştır (OGM, 2014b). Bu işlemi takiben parsellerde makineli toprak işlemesi yapılmıştır. Yangın işlem birimlerinde (Y), tohumlama kesimi yapılmış, kesim artıkları kesimin yapıldığı yerde bırakılmış ve herhangi bir işleme tabi tutulmamıştır. Dolayısıyla doğal olarak kesim sırasında oluşan dağılım bozulmamıştır. Yangın kontrol işlem birimleri (YK) ise yangın işlem birimi içerisinde kısmen yanmadan kalan alanlarda sonradan oluşturulmuştur. Bu işlem birimindeki parseller üzerinde, tohumlama kesimi yapılmış fakat herhangi bir toprak işleme veya kesim artığı toplama faaliyeti gerçekleştirilmemiştir (Şekil 11).



Şekil 11. İşlem birimlerindeki parsellerin görünüşleri. Kontrol işlem birimi (K) (a), toprak işleme işlem birimi (Tİ) (b), yangın işlem birimi (Y) (c) ve yangın kontrol işlem birimi (YK) (d)

Belirlenen ve etrafına güvenlik şeridi çekilen parsellerin sınır noktalarından küresel konum belirleme cihazı (GPS) ile koordinat değerleri alınmıştır. Alınan koordinatlar

bilgisayar ortamına aktarılmış ve parsellerin nihai büyüklükleri ArcGIS 10.5 programı yardımıyla hesaplanmıştır (ESRI, 2018).

2.1.1.3. Yangın Emniyetinin Sağlanması

Her ne kadar kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları, düşük ve orta şiddetli bir örtü yangını şeklinde, gençleştirme çağına girmiş, orta yaşlı ya da yaşlı, doğal dal budanması iyi, tepelerin yerden yüksek, diri örtünün çok az ya da hiç olmadığı alanlarda planlanmış olsa da yangın emniyeti ile ilgili gerekli tüm tedbirler alınmıştır. Bu bağlamda, yangın işlem birimine ait parsellerin çevresinde yangın emniyetini sağlamak (yangının deneme alanı dışına sirayetini engellemek ve olası bir durumda yangına müdahale edebilmek) amacıyla güvenlik şeritleri açılmıştır. Şeritler üzerinde arazöz ve ilk müdahale ekiplerinin girebileceği genişlikte (~3 m) bir yangın emniyet yolu tesis edilmiştir. Parsellerin etrafında bulunan mevcut yollardan (orman yolu, sürütme yolu vb.) da bakımlarını yapmak suretiyle yararlanılmıştır. Söz konusu şeritler ve yollar üzerinde kontrollü ve amaçlı yakmalar esnasında Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından sağlanan, tam donanımlı 1 adet arazöz, 1 adet tanker, 1 adet ilk müdahale aracı ile tırmık ve şaplak gibi el aletleri ile donatılmış bir yangın ekibi (en az 3 adet işçi) hazır bulundurulmuştur. Ayrıca parsel sınırları hem yangın sonrası parsellerin kolayca bulunmasını hem de parsellerin birbirinden etkilenmesini engellemek amacıyla işaretlenmiştir. Arazi çalışmalarında özellikle yangın güvenliğinin sağlanması ve şerit açma faaliyetlerinde OGM katkıda bulunmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. Yangın parsellerinin çevresine güvenlik şeridinin açılması (a, b, c ve d), mevcut yolların temizlenerek bakımlarının yapılması (e ve f) ve parsel sınırlarının işaretlenmesi (g ve h)

2.1.1.4. Yangın Öncesi Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

Yangın öncesi ölçümleri, kurulan deneme alanlarında genel meşcere, yanıcı madde ve yangın öncesi toprak özelliklerinin belirlenmesini içermektedir.

2.1.1.4.1. Deneme Alanlarına İlişkin Genel Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi

Deneme alanları içerisinde bulunan kontrol işlem birimlerindeki parseller herhangi bir müdahaleye tabi tutulmamıştır. Ancak geri kalan toprak işleme, yangın ve yangın kontrol işlem birimlerindeki parsellerde tohumlama kesimi yapılmış, parseller üzerindeki kapalılık homojen bir şekilde kırılmış ve eşit siper durumu oluşturulmuştur. Dolayısıyla kontrol ve diğer işlem birimlerindeki genel meşcere özelliklerinin ortaya konulması amacıyla, deneme alanları içerisinde örnek alanlar alınmıştır.

Örnek alan büyüklükleri alanın tamamını temsil edecek şekilde kapalılığa bağlı olarak ((1 kapalı 800 m² (r: 15,96 m), 2 kapalı 600 m² (r: 13,82 m) ve 3 kapalı 400 m² (r: 11,28 m)) belirlenmiştir (OGM, 2020a). Örnek alanlarda, alanın koordinat değerleri, yükseltisi, bakışı, eğimi, meşcere tipi ve kapalılığı gibi alan tanımlayıcı bilgiler envanter karnesine kaydedilmiştir. Örnek alan içerisine giren ağaçlar tespit edilmiş ve numaralandırılmıştır. Her bir ağaç için çap, boy, tepe çapı, tepe altı yüksekliği (toprak seviyesinden canlı dal başlangıcına kadar olan mesafe), tepe boyu, ağaç yaşı (meşcereyi temsil eden 4 ya da 5 ağaçta), sempt açısı (ağacın merkez noktasına göre kuzeyle yaptığı açı), merkez noktasına olan mesafe ve dip kabuk kalınlığı belirlenmiştir.

Ağaçların çap ölçümü, çap ölçer vasıtasıyla göğüs yüksekliği seviyesinden (1,30 m) birbirine dik iki ölçümle gerçekleştirilmiştir. Ağaç boyu ve ağaç tepe boyu Haglöf Vertex 4 elektronik boy ölçer ile tepe altı yüksekliği Bosch Glm 80 lazer metre ile ölçülmüştür. Ağaçların tepe çapı, yerden şerit metre ile ağaç tepelerinin yerdeki izdüşümünün birbirine dik iki ölçümü alınarak belirlenmiştir. Yaş tayini, çap artım burgusu yardımıyla düzgün gövdeli (daire) bireylerde tek, eksantrik gövdeli (elips) bireylerde ise birbirine dik olarak ağacın özüne ulaşacak şekilde alınan iki adet artım kalemi ile tespit edilmiştir. Ağaçların merkez noktasına göre kuzeyle yaptığı açı pusula, merkez noktasına olan mesafesi şerit metre ve dip kabuk kalınlığı kabuk ölçer yardımıyla belirlenmiştir. Örnek alanlardan elde edilen her türlü veri ve bilgi, örnek alan envanter karnesine kaydedilmiştir (Şekil 13).

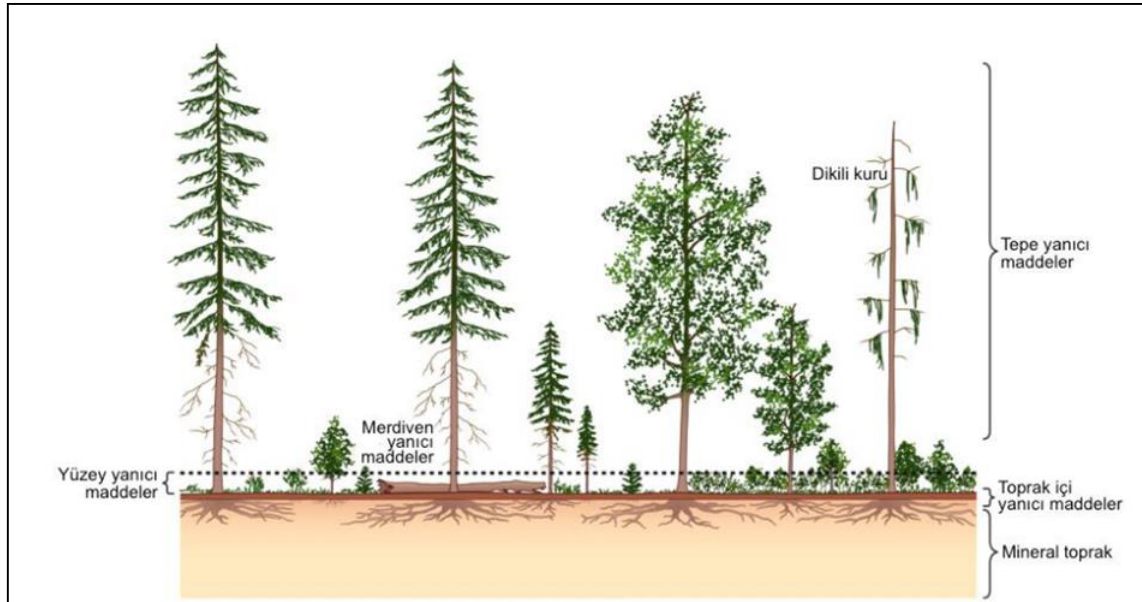


Şekil 13. Örnek alanlarda ağaçların numaralandırılması (a), çap ve merkez noktasına olan mesafesinin ölçülmesi (b), yaşlarının tespiti (c ve d), tepe çapının (e) ve semt açısının belirlenmesi (f)

Örnek alanlardan elde edilen veriler kullanılarak AutoCAD yazılımı vasıtasıyla deneme alanlarına ilişkin meşcerere profilleri çıkartılmıştır (AUTODESK, 2023). Meşcere profillerinden tohumlama kesimi öncesi ve sonrası durumunun ortaya konulmasında faydalanılmıştır.

2.1.1.4.2. Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi

Yanıcı madde miktarı ve sürekliliği, yangın davranışı ile doğrudan ilişkili olup, yangının yayılma oranını ve açığa çıkan enerjiyi etkiler (Stinson ve Wright, 1969; Rothermel, 1983; Engle vd., 1989). Yanıcı madde miktarı arttıkça, yangının şiddeti ve açığa çıkardığı enerji artar (Bilgili, 2014). Ormandaki yanıcı maddelerin dikey sürekliliğini, toprak içi yanıcı maddeler, yüzey yanıcı maddeler, merdiven yanıcı maddeler, tepe yanıcı maddeleri ve dikili kurular oluşturmaktadır (Gould vd., 2011; Alexander vd., 2012; McCaw, 2013; Dinç Durmaz, 2014) (Şekil 14).

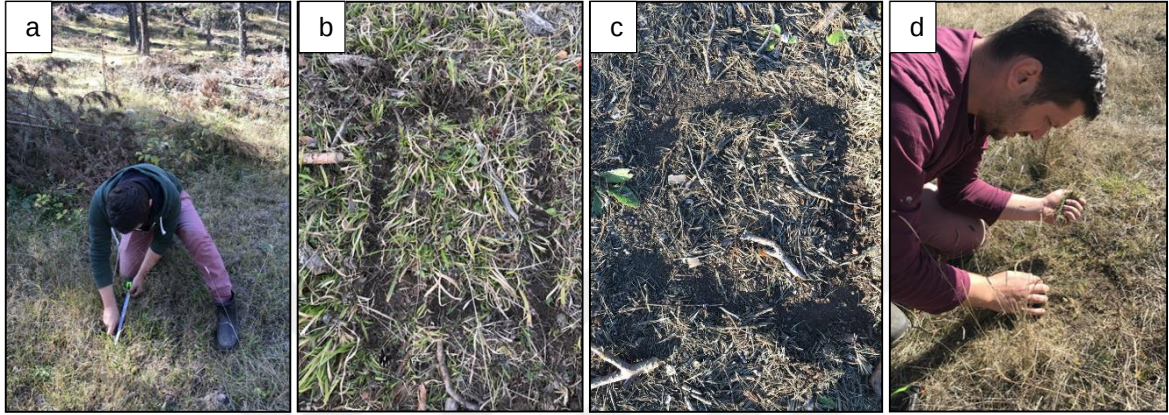


Şekil 14. Ormandaki yanıcı maddelerin dikey sürekliliğini oluşturan katmanlara ilişkin meşcere profili

Deneme alanları, gençleştirme çağına girmiş, orta yaşlı ya da yaşlı, doğal dal budanması iyi, ağaç tepeleri yerden belirgin şekilde yüksek, diri örtünün çok az ya da hiç olmadığı ve gövde üzerinde sarılıcı bitkilerin bulunmadığı meşcerelerde kurulmuştur. Gerçekleştirilen yangınların tepe yangınına dönüşme riski bulunmamaktadır. Bu sebeple deneme alanlarında sadece yüzey yanıcı maddeleri (ölü örtü (ince yanıcı madde ve humus), kabuk, kozalak, canlı tek yıllık otsu bitkiler, dal ve kesim artıkları) ayrıntılı olarak örneklenmiştir.

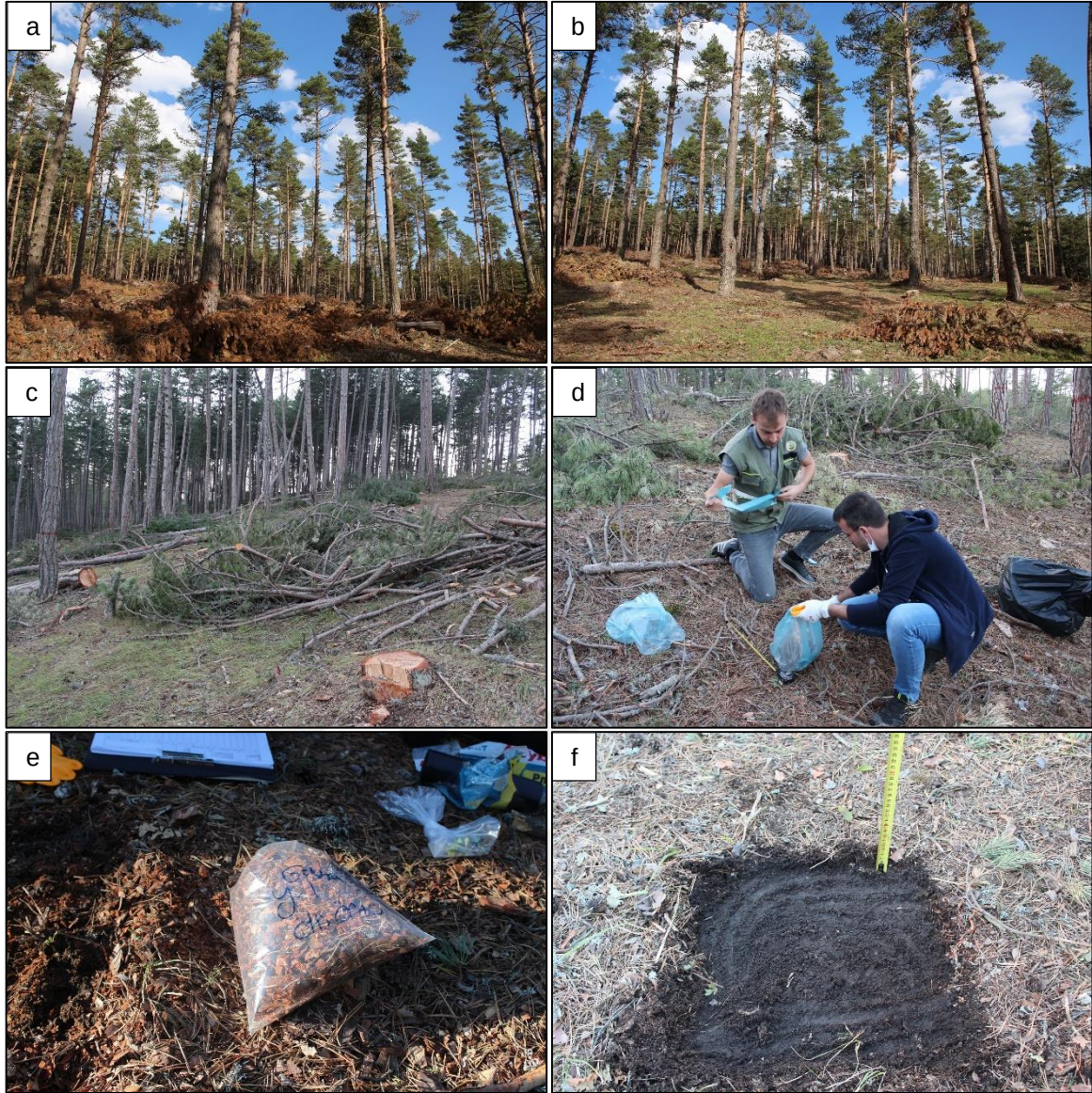
Yangın öncesi yanıcı madde miktarını belirlemek amacıyla, deneme alanlarında bulunan her bir yangın parselinden 8-10 adet örnek alan alınmıştır. Örnek alanlar, 50×50 cm

ebatlarında olup, parsel kenarından en az bir ağaç boyu içerden başlayarak, bir köşeden çapraz diğerine kadar uzanan bir hat boyunca parselin tamamını temsil edecek şekilde rastgele yöntemle alınmıştır. Örnekleme alanlarına giren ölü ve diri örtünün tamamı mineral toprak seviyesine kadar spatula yardımıyla kesilerek plastik poşetlere konulmuştur (Mc Rae vd., 1979; Tsitsoni vd., 2004; Dinç Durmaz, 2014; Prichard vd., 2017) (Şekil 15).



Şekil 15. Yangın öncesi yanıcı madde miktarının belirlenmesi. Örnek alanın belirlenmesi (a), yüzey yanıcı maddelerinin spatula yardımıyla kesilmesi (b, c) ve plastik poşetlere konulması (d)

Yangın parselleri içerisinde tohumlama kesimi sonucu oluşan kesim artıkları bulunmakta ve bu kesim artıkları alanda homojen bir dağılım göstermemektedir. Bu sebeple parselin tamamını temsil edecek şekilde 8-10 farklı noktada, kesim artıkları 50×50 cm ebatlarında hazırlanan ahşap çerçevelerle örneklenmiştir. Örneklenen kesim artıkları laboratuvarında tasnif edilmek üzere plastik poşetlere alınmış ve her bir parsel için kesim artıklarının alana dağılım yüzdesi belirlenmiştir. Bu değer alanda bulunan kesim artıklarının miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Plastik poşetlerin üzerine deneme alanı adı, parsel ve örnek numaraları yazılmıştır. Aynı zamanda örnekleme alanına giren ince yanıcı madde, humus ve kesim artıklarının derinlikleri de şerit metre yardımıyla ölçülerek (Prichard vd., 2017) yangın öncesi arazi envanter karnesine kaydedilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Kesim artıklarının parsel içerisindeki dağılımı (a, b ve c), plastik poşetlere konulması (d ve e) ve yanıcı madde derinliğinin belirlenmesi (f)

Plastik poşetlerle laboratuvara getirilen yanıcı madde örnekleri, ince yanıcı madde, humus, kabuk, kozalak, canlı tek yıllık otsu bitkiler ve dal olacak şekilde tasnif edilmiştir. Ayrıca kesim artıkları da kendi içerisinde ibre, kabuk, kozalak ve dal olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Gerek yüzeyde gerekse de kesim artıklarında bulunan dallar, çapları itibariyle 0-3 mm, 3-6 mm, 6-10 mm, 10-25 mm ve >25 mm olmak üzere beş (Rothermel, 1972; Mc Rae vd., 1979; Küçük, 2004; Kucuk vd., 2007; TOVAG, 2011; Dinç Durmaz, 2014) bölüme ayrılmış ve sınıflandırılmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Yanıcı madde örneklerinin sınıflandırılması

Sınıflandırılan yanıcı madde örnekleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı'na ait laboratuvarında bulunan kurutma fırınlarına yerleştirilmiş, 105 °C de 24 saat veya ağırlıklarında bir değişiklik olmayıncaya kadar kurutulmuştur (Saglam vd., 2008; Kucuk vd., 2012; Bilgili, Coskuner, Usta, ve Goltas, 2019; Bilgili, Coskuner, Usta, Saglam, vd., 2019). Kurutulan yanıcı madde örnekleri hassas elektronik terazi ile (0,01 g hassasiyetinde) tartılmış ve fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Yanıcı madde örneklerinin kurutma fırınında kurutulması (a) ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenmesi (b)

Elde edilen fırın kuru ağırlıklarına bağlı olarak örneklerin yanıcı madde sınıfları itibariyle miktarları hesaplanmıştır. Yangın parselleri üzerinde gerçekleştirilen yanıcı madde ölçümlerinden elde edilen veriler, hem yangın anında alanda bulunan yanıcı madde miktarının ortaya konulmasında hem de yangın sonrası yanıcı madde tüketimi hesaplamalarında kullanılmıştır.

2.1.1.4.3. Yangın Öncesi Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Tohumun çimlenerek gençlik haline gelmesi, gelen gençliğin kök ve gövde kısımlarının büyüme ve gelişimi, tohum yatağı özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Tohum yatağı özellikleri de meşçere içi mikro iklimik etmenlere ve toprak özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Dolayısıyla yapılan çalışma kapsamında, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan kısa ve uzun vadeli etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla, yakma uygulamalarından birkaç gün önce (1-3 gün), yangını takiben bir ay içerisinde, yangın sonrası çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi başı, ortası ve sonunda, geri kalan dönemde ise her yıl vejetasyon dönemi sonunda fidan ölçümleri ile birlikte toprak örneklemeleri yapılmıştır.

Yangın öncesi toprak özelliklerini belirlemek için yakma uygulamalarından birkaç gün önce kontrol, toprak işleme ve yangın işlem birimlerindeki parsellerde toprak çukurları açılmış ve örnekler alınmıştır. Yangın kontrol işlem birimleri, yangın işlem birimleri içerisinde kısmen yanmadan kalan alanlarda sonradan oluşturulduğundan, bu işlem birimlerinin yangın öncesi toprak örnekleri yangın işlem birimleri ile aynıdır. İşlem birimleri litolojik ve fizyografik olarak (eğim, bakı, yükselti, arazi yüzü şekli gibi) aynı niteliktedir.

Dolayısıyla işlem birimlerine ait her bir parselde bir adet toprak çukurunun açılması yeterli görülmüştür. Örneklemenin yapıldığı yerlerde nizami bir toprak profili açılmayıp, örnekleme yapılabilecek kadar bir toprak çukurunun açılmasına dikkat edilmiştir. Bunun sebebi ardışık örneklemelemlerde deneme parsellerinin zarar görmesini engellemektir. Toprak işleme parsellerinde standart silvikültürel uygulama olarak makineli toprak işlemesi yapıldığından, işlem birimleri arasında tekdüzeliğin sağlanabilmesi için toprak örneklemelemleri horizonlara göre değil derinlik kademelerine göre yapılmıştır. Ayrıca düşük şiddetli yangınlar çoğunlukla üst toprak üzerinde etkili olmaktadır (Zavala vd., 2014). Bu sebeple yakma uygulamalarından önce ve sonra dört farklı derinlik kademesinde (0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm ve 30-50 cm) toprak örneklemelemleri yapılmıştır. Belirtilen derinlik kademeleri, yakma uygulamalarını takip eden süreçteki toprak dinamiklerinin ortaya konulmasına yönelik yapılan literatür araştırmaları sonucunda, bilimsel olarak kabul gören derinlik kademelerinden seçilmiştir (Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüz, 1988; Neyişçi, 1989; Fonseca vd., 2011) (Şekil 19).



Şekil 19. Toprak çukurlarının işlem birimleri içerisindeki dağılımı ve örnekleme derinlikleri

Toprak örneklemelemleri, torba ve silindir örneği şeklinde iki farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Torba örneklemelemleri için her bir derinlik kademesinden kürek yardımıyla yaklaşık 1 kg kadar bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Toprağın ilgili derinlik kademesi için çukurun her tarafından eşit miktarda alınmasına dikkat edilmiştir. Silindir örneklemelemleri ise her bir derinlik kademesine 100 cm³'lük hacim silindirin çakılması şeklinde yapılmıştır. Alınan toprak örnekleri üzerinde deneme alanı adı, parsel ve örnek numaraları ile derinlik kademelerinin yazılı olduğu etiketlerle birlikte plastik poşetlere yerleştirilmiştir. Örnekleme

işlemi tamamlandıktan sonra açılan toprak çukuru örnekleme öncesi form verilerek kapatılmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. Toprak çukurunun açılması (a), derinlik kademelerinin belirlenmesi (b) ve toprak örneklerinin alınması (c ve d)

Alınan örneklerin fiziksel ve kimyasal toprak analizleri yapılmıştır. Laboratuvarlarda toprağın fiziksel özelliklerinden higroskopik nem, toprak tekstürü (T) ve hacim ağırlığı (HA); kimyasal özelliklerinden toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC) ve organik karbon miktarı (C) analiz edilmiştir. Analizler Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Entomolojisi ve Koruma, Havza Amenajmanı ve Toprak İlmi Anabilim Dallarına ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Yapılan toprak analizleri ve kullanılan yöntemler sırasıyla açıklanmıştır.

2.1.1.4.3.1. Örneklerin Analize Hazır Hale Getirilmesi

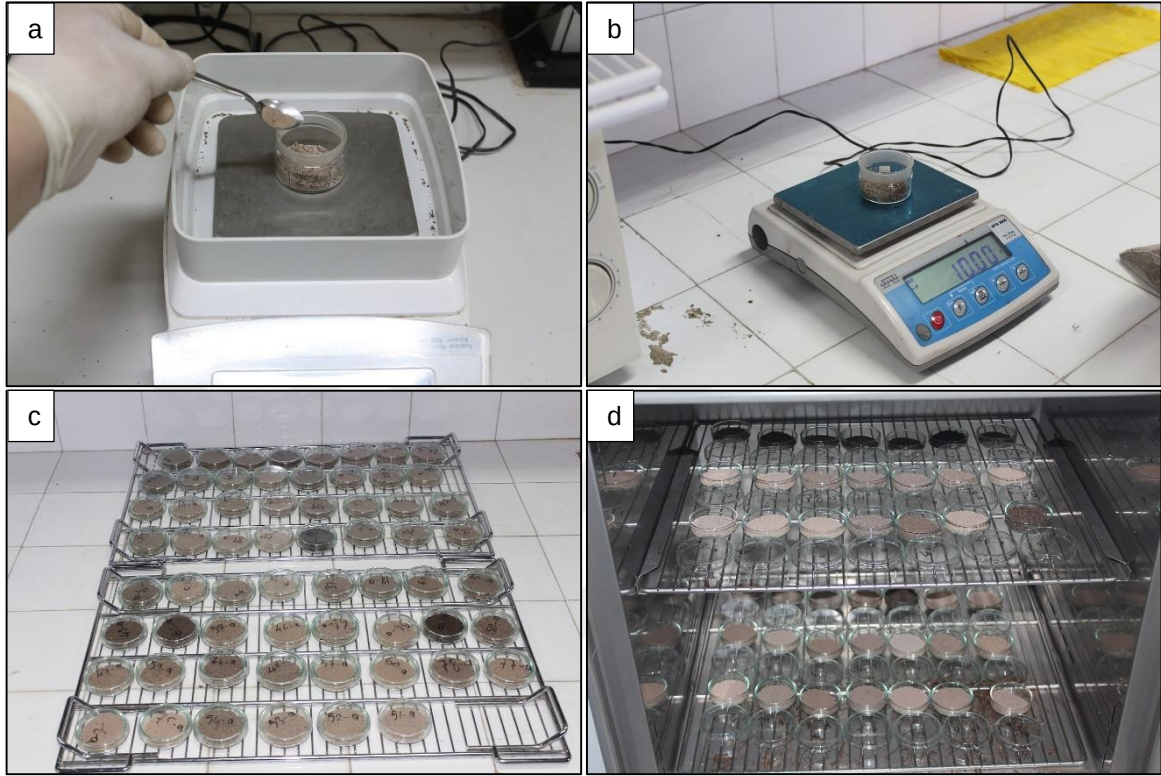
Alınan torba örnekleri laboratuvarında toz vb. dış maddelerden etkilenmeyecek şekilde ambalaj kâğıtlarının üzerine serilerek hava kurusu hale getirilmiştir. Hava kurusu hale gelen örnekler havanda öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve plastik poşetlere konulmuştur (Karaöz, 1989). Her bir örneğin içerisine deneme alanı adı, parsel ve örnek numaraları ile derinlik kademelerinin yazılı olduğu etiketler yerleştirilmiştir. Örnekleme zamanına göre tasnif edilen toprak örnekleri, analizler yapılncaya kadar muhafaza edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Toprak örneklerinin hava kurusu hale getirilmesi (a ve b), havanda öğütülmesi (c ve d), elenmesi (e) ve plastik poşetlere konulması (f)

2.1.1.4.3.2. Higroskopik Nem

Deneme alanlarından alınan toprak örneklerinin higroskopik nemi, gravimetrik olarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Rowell, 1994; Kantarcı, 2000) (Şekil 22).



Şekil 22. Örneklerin tartılması (a ve b), krozeeye yerleştirilmesi (c) ve kurutma fırınında kurutulması (d)

2.1.1.4.3.3. Toprak Tekstürü

Deneme alanlarından alınan toprak örneklerinin tekstürü, Bouyoucous hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir. Toprak türü uluslararası tane çapı sınıflarına göre yapılmış olan toprak türleri üçgeni kullanılarak tayin edilmiştir (Irmak, 1954; Bouyoucos, 1962; Gülçur, 1974) (Şekil 23).



Şekil 23. Örneklerin tartılması ve behere konulması (a), kalgon çözeltisinin hazırlanması (b), hazırlanan süspansiyonun bekletilmesi (c), mikserde karıştırılması (d), hidrometre silindrine konulması (e ve f) ve okumaların yapılması (g ve f)

2.1.1.4.3.4. Hacim Ağırlığı

Hacim silindirleri ile alınan toprak örnekleri, kurutma fırınlarında 105 °C’de 24 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutulan örnekler hassas elektronik terazi ile tartılmış ve fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir (İrmak, 1954; Çepel, 1988; Rowell, 1994). Fırın kurusu ağırlıklarına bağlı olarak örneklerin hacim ağırlığı hesaplanmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Silindir örneklerinin alüminyum kaplara yerleştirilmesi (a ve b), kurutma fırınında kurutulması (c) ve fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi (d)

2.1.1.4.3.5. Toprak Reaksiyonu (pH) ve Toprak Tuzluluğu (Elektriksel İletkenlik)

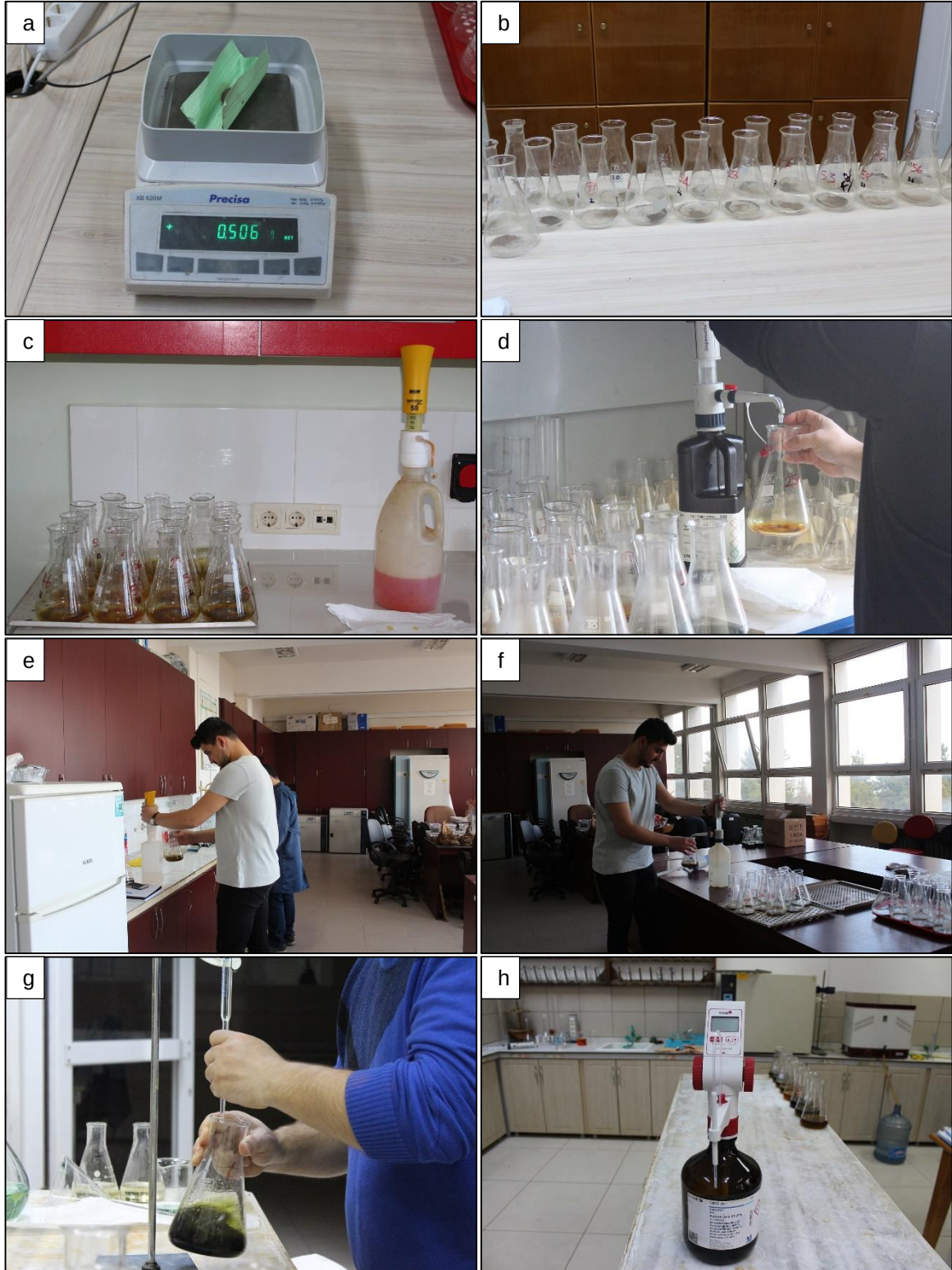
Alınan toprak örneklerinin reaksiyonu ve elektriksel iletkenliği (EC), cam elektrotlu pH metre (Thermo Orion 5 Star) ile elektronik olarak belirlenmiştir. Uygulamada sık kullanılan toprak asitliği aktüel asitlik olduğu için örneklerde aktüel asitlik tayini yapılmıştır (İrmak, 1954; Gülçur, 1974; Kaçar, 1995; Kantarcı, 2000) (Şekil 25).



Şekil 25. Toprak örneklerinin tartılması (a), süspansiyonun hazırlanması (b), behere süzdürülmesi (c ve d) ve okumaların yapılması (e ve f)

2.1.1.4.3.6. Organik Karbon Miktarı

Deneme alanlarından alınan toprak örneklerinin organik karbon miktarı, Wackley-Black Islak Yakma Yöntemi ile belirlenmiştir (Irmak, 1954; Gülçur, 1974; Kaçar, 1995) (Şekil 26).



Şekil 26. Toprak örneklerinin tartılması (a), erlenlere konulması (b), potasyum dikromat (c), sülfürik asit (d), saf su (e), ortofosforik asit ve difenilamil ilavesi (f) ile titrasyon işleminin gerçekleştirilmesi (g ve h)

2.1.2. Yangın Esnasında Yapılan Çalışmalar

Yangın esnasında yapılan çalışmalar, yakma zamanının belirlenmesi, yanıcı madde nem içeriğinin belirlenmesi, meteorolojik verilen ölçülmesi, yakma tekniğinin belirlenmesi ve yakma uygulamasının gerçekleştirmesi ile yangın anına ilişkin ölçümlerin gerçekleştirilmesi bölümlerinden oluşmaktadır.

2.1.2.1. Yakma Zamanının Belirlenmesi

Yakma zamanı, yakma uygulamasının yıl içerisinde hangi mevsimde ve gün içerisinde hangi zamanda gerçekleştirileceğini ifade eder. Yakmanın gün içerisinde hangi saatte yapılacağı ise yakmadan beklenen amaca, yanıcı madde özelliklerine ve meteorolojik koşullara göre belirlenmektedir (Kayll, 1974; Neyişçi, 1986).

Yakma uygulamalarının yıl içerisinde tohum dökümünden önce ilk sonbahar yağışlarının ardından yapılması önerilmektedir (Şirin ve Sarıbaşak, 1997; Genç, 2013). Karaçam ve sarıçam türleri için kozalak olgunlaşma zamanı Ekim-Aralık dönemi olup, tohum dökümü tohumlar olgunlaştıktan sonra Mart-Nisan aylarına kadar sürmektedir. İlk tohum dökümünü takiben çimlenmeler ilkbahar mevsiminde başlamaktadır (Skordilis ve Thanos, 1997; Ürgenç, 1998; OGM, 2014b). Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde kullanılacak kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarından istenilen sonucun elde edilmesi, tohum dökümünden önce gerçekleştirilecek olan bir yangına bağlıdır. Tohum dökümünden hemen önce sonbahar aylarında gerçekleştirilecek yakma uygulamaları, karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yeterli miktar ve kalitede tohumun elde edilmesinde önemli rol oynayacaktır (Kakouros ve Dafis, 2012). Dolayısıyla türlerin doğal gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı aşamasının tohum dökümünden önce tamamlanması gerekmektedir (OGM, 2014b). Yangınların başlama, büyüme ve gelişmesi büyük ölçüde yanıcı maddenin varlığı ve koşullarına bağlıdır (Byram, 1959; Rothermel, 1972; Nelson, 2001). Yangın başlama potansiyeli ve yangın davranışını etkileyen en önemli etkenlerden biri de yanıcı madde nem içeriğidir (Anderson, 1985; Viney, 1991; Matthews, 2006). Yanıcı madde nem içeriği çevresel koşullar tarafından belirlenmekte ve hava hallerine (çoğunlukla sıcaklık, yağış, bağıl nem ve rüzgâr) bağlı olarak değişmektedir (Van Wagner, 1969, 1979; Alves vd., 2009; Slijepcevic vd., 2013). Bu sebeple başarılı bir yakma uygulaması gerçekleştirmek için parseller üzerindeki yüzey yanıcı maddelerinin yakma zamanında yanabilir durumda olması

oldukça önemlidir. Ordu ve Kastamonu illerine için 1991-2020 yılları arasındaki mevsim normalleri incelendiğinde, Ekim ayından itibaren ortalama yağışlı gün sayısının arttığı ve ortalama sıcaklık miktarının azaldığı görülmektedir (URL-7, 2022). Tüm bu bilgiler ışığında karaçam ve sarıçam türleri için ideal yakma zamanı, erken Eylül ayı sonlarından Ekim ayı ortalarına kadardır.

Yakma uygulamalarının gün içerisindeki tutuşturma zamanı, deneme alanı çevresindeki en yakın meteoroloji istasyonlarından ve haftalık hava tahminlerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle belirlenmiştir. Yakma uygulamaları hava hallerine (sıcaklık, yağış, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü) bağlı olarak yakma koşullarının en uygun olduğu durumda gerçekleştirilmiştir. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları sarıçam için Arpaalan Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde 16.10.2019 tarihinde 15.00-16.00 saatleri arasında, karaçam için Şerifebacı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde 16.10.2020 tarihinde 14.35-15.30 saatleri arasında ve sarıçam için Göktepe Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde 17.10.2020 tarihinde 14.45-15.25 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.

2.1.2.2. Yanıcı Madde Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Ekolojik açıdan yangın davranışının ortaya konulması, vejetasyon dinamikleri ve farklı yangın etkilerin değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır (Keeley vd., 2008; Pausas vd., 2008; Castillo vd., 2020). Yangın davranışını etkileyen en önemli etkenlerin başında yanıcı madde nem içeriği gelmektedir (Usta, 2018; Bilgili, Coskuner, Usta, ve Goltas, 2019; Bilgili, Coskuner, Usta, Sağlam, vd., 2019). Yanma anındaki yanıcı madde nem içeriğinin yüksek olması, tutuşma süresinin uzun, yangın şiddetinin, yangın yayılma oranının ve yanıcı madde tüketiminin düşük olmasına sebep olacaktır (Schroeder ve Buck, 1970; Blackmarr, 1972; Kunkel, 2001; Nelson, 2001). Dolayısıyla yangın anı ve sonrası yangın etkilerinin ortaya konulması amacıyla, yakma uygulamasından önce yüzey yanıcı maddelerinden örnekler alınmış ve nem içerikleri belirlenmiştir.

Yanıcı madde nem içeriğinin belirlenmesi için yakma uygulamasına başlamadan önce yangın işlem birimindeki parsellerden parselin tamamını temsil edecek şekilde yüzey yanıcı madde nem örnekleri alınmıştır. Nem örnekleri yangın öncesi yanıcı madde miktarının belirlenmesi bölümünde açıklanan sınıflandırmaya göre ince yanıcı madde, humus, kabuk, kozalak, dal ve canlı tek yıllık otsu bitkiler ile kesim artıklarından ibre, kabuk, kozalak ve dal olacak şekilde alınmıştır. Dallardan çapları itibarıyla 0-3 mm, 3-6 mm, 6-10 mm,

10-25 mm ve >25 mm olmak üzere beş ayrı bölümde nem örnekleri alınmıştır. Ayrıca yangın esnasındaki toprak nemini belirleyebilmek için de mineral üst topraktan (0-15 cm) nem örneği alınmıştır. Alınan nem örnekleri arazide 0,01 g hassasiyetindeki elektronik terazi ile tartılmış ve envanter karnesine kaydedilmiştir. Tartılan nem örnekleri plastik poşetlere konularak üzerlerine deneme alanı ve parsel adı, örnek numarası, tarih, saat ve arazi ağırlıkları yazılmıştır. Laboratuvara getirilen nem örnekleri kurutma fırınlarında, yangın öncesi yanıcı madde miktarlarının belirlenmesi bölümünde açıklandığı şekilde, kurutulmuş ve 0,01 g hassasiyetindeki elektronik terazi ile tartılarak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen fırın kurusu ağırlıklarına bağlı olarak örneklerin yanıcı madde sınıfları itibariyle nem içerikleri hesaplanmıştır (Şekil 27).

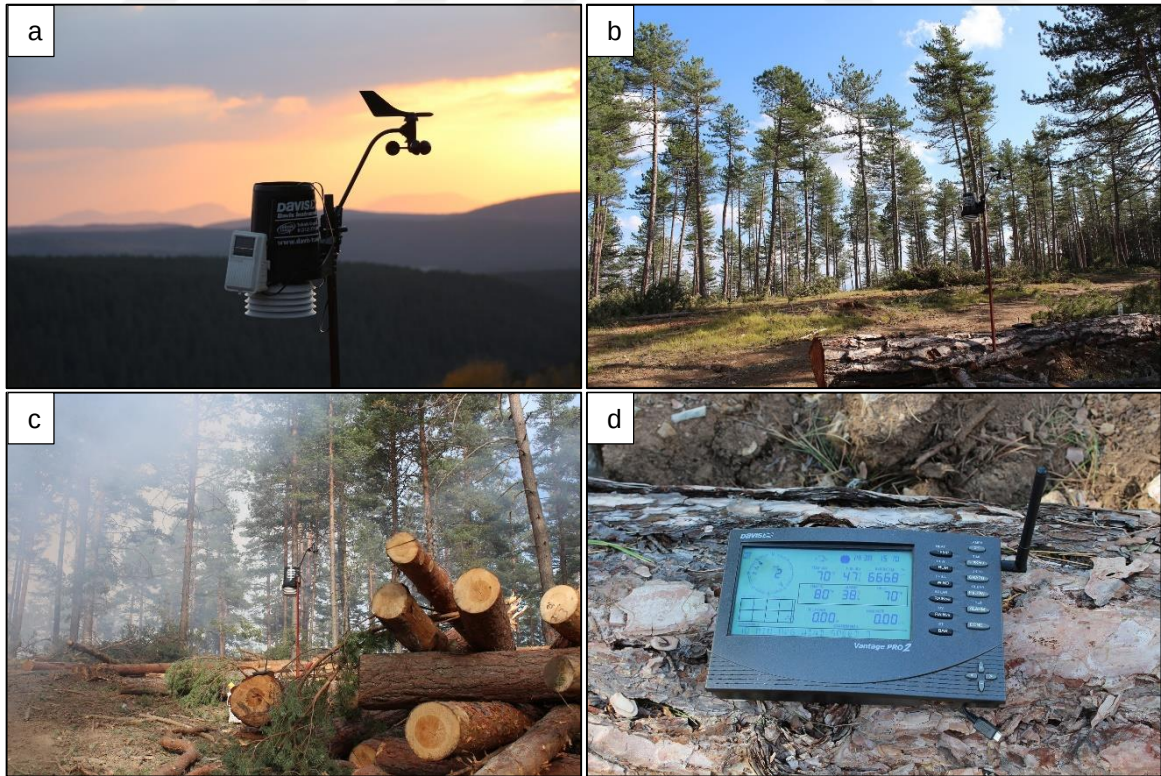


Şekil 27. Yanıcı madde nem örneklerinin alüminyum kaplara konulması (a ve b), kurutma fırınında kurutulması (c) ve fırın kurusu ağırlıklarının belirlenmesi (d)

2.1.2.3. Meteorolojik Verilerin Ölçülmesi

Hava halleri, yangın davranış üçgenini oluşturan ve sabit olmayan faktörlerden birisi olup, yangının başlaması ve davranışını etkilemektedir (Škvarenina vd., 2004). Aynı zamanda hava halleri, yanıcı maddenin koşullarının belirlenmesinde de etkili olmaktadır (Waldrop ve Goodrick, 2012; Miller R. F. vd., 2013; URL-16, 2022). Dolayısıyla meteorolojik veriler yakma uygulamalarının yapıldığı esnada kaydedilmiştir.

Yakma uygulamasına başlamadan önce yangın parsellerinden yaklaşık 30-50 m uzaklıktaki açık alanda taşınabilir olarak hazırlanan metal bir direk (2 m) üzerine mobil meteoroloji istasyonu kurulmuştur (Turner ve Lawson, 1978; Dinç Durmaz, 2014). Kurulan mobil meteoroloji istasyonunda yangın anına ilişkin meteorolojik veriler (sıcaklık, yağış miktarı, bağıl nem, rüzgâr hızı ve yönü, çiğ oluşum noktası) anlık olarak ölçülmüş ve bilgisayara kaydedilmiştir. Böylece yangın esnasındaki hava halleri yerel olarak kaydedilmiştir. Deneme alanlarına ilişkin uzun vadeli meteorolojik veriler ise deneme alanlarına en yakın meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş ve değerlendirilmiştir (Şekil 28).



Şekil 28. Meteorolojik verilerin ölçülmesi (a, b ve c) ve kaydedilmesi (d)

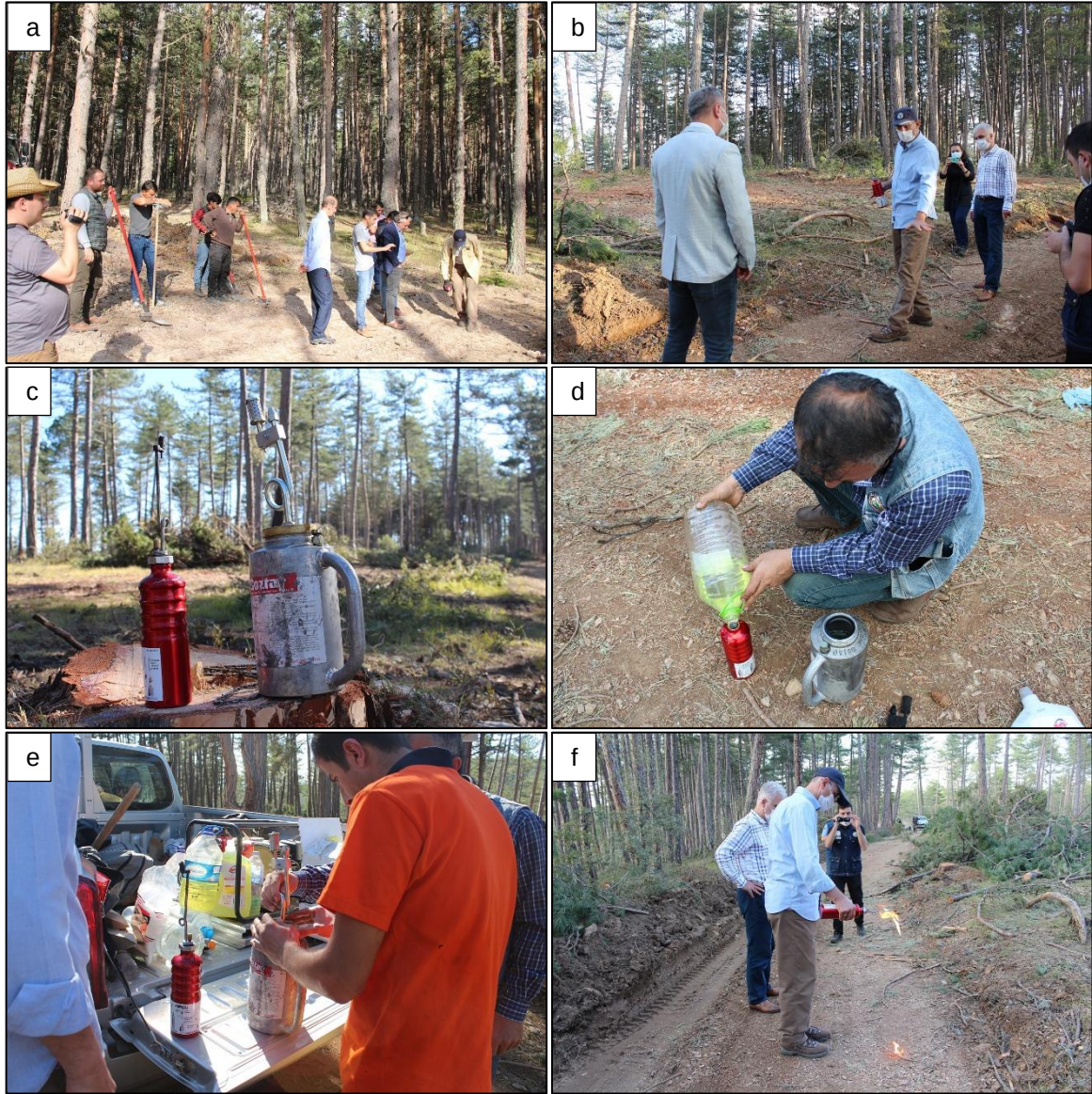
2.1.2.4. Yakma Tekniğinin Belirlenmesi ve Yakma Uygulamasının Gerçekleştirilmesi

Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarında kullanılan farklı yakma teknikleri bulunmaktadır. Bu tekniklerden bazıları, karşı ateş, şeritler halinde yakma, paralel yakma, nokta yangını, bölgesel yakma, merkezden yakma ve kenardan yakmadır. Kullanılacak olan teknik, türün biyolojisi ve ekolojisi, amaç, topografya, yanıcı madde özellikleri ve yakma anındaki hava hallerine göre belirlenmektedir (Wade ve Lunsford, 1989; Waldrop ve Goodrick, 2012; Bilgili, 2014). Bu faktörlere bağlı olarak yakma uygulamalarında tekniklerden biri seçilip kullanılabileceği gibi birkaç tanesinin birlikte kullanılması da söz konusu olabilmektedir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen yakma uygulamaları ile yeterli miktar ve kalitedeki tohumun mineral toprakla buluştuğu, ideal tohum yatağı koşullarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu koşullar, şiddeti düşük, toprak yüzeyindeki yanıcı madde tüketimi yüksek bir örtü yangını ile sağlanmaktadır. Kurulan deneme alanlarında tüm koşullar değerlendirilmiş ve karşı ateş destekli devamlı şerit veya noktalı şeritler halinde yakma tekniklerinin birlikte kullanılması tercih edilmiştir. Karşı ateş, oldukça kullanışlı, kolay, güvenilir, yavaş ilerleyen ve ağaç kavrulma oranının düşük olduğu bir tekniktir (Wade ve Lunsford, 1989; Waldrop ve Goodrick, 2012; Bilgili, 2014; URL-17, 2022). Yangın emniyetinin sağlanması bölümünde açıklandığı şekliyle tesis edilen güvenlik şeritlerine ek bir şeridin oluşturulması amacıyla, yakma uygulamalarında karşı ateş tekniği kullanılmıştır. Şeritler halinde yakma, hızlı ilerlemesi, maliyetinin düşük olması, büyük bloklar halinde yakma yapılabilmesi gibi avantajlara sahiptir (Wade ve Lunsford, 1989; Waldrop ve Goodrick, 2012; Bilgili, 2014; URL-17, 2022). Yangın parsellerinin tamamının yakılmasında şeritler halinde yakma tekniği kullanılmıştır. Şeritler halinde yakma tekniğinde yangın hattı, yanıcı maddenin koşulları, dağılımı ve sürekliliğine göre devamlı ya da noktalı şeritler şeklinde oluşturulmuştur.

Gelen ihbarlar konusunda herhangi bir olumsuzluğun yaşanmaması için Acil Çağrı Merkezi, Orman Yangın İhbar Hattı, itfaiye, jandarma, emniyet, adli makamlar ve civardaki köy muhtarlıklarına yakma zamanı, mevkisi ve süresi hakkında gerekli bilgilendirmeler yapılmıştır. Yakma uygulamaları esnasında OGM tarafından sağlanan tam donanımlı 1 adet arazöz, 1 adet tanker, 1 adet ilk müdahale aracı ile tırmık ve şaplak gibi el aletleri ile donatılmış bir yangın ekibi (en az 3 adet işçi) güvenlik şeritleri ve yollar üzerinde hazır bulundurulmuştur. Yakma uygulamalarına katılan personel (uygulamacı ve işçiler) yakma

tekniki, yapılacak müdahale şekli gibi konularda bilgilendirilmiştir. Yakma uygulamalarında kullanılan yakıt karışımı, 2/3 oranında benzin, 1/3 oranında motorin olacak şekilde hazırlanmıştır. Hazırlanan karışım alev ibriğinin içerisine konulmuş ve yakmalar bu karışımla gerçekleştirilmiştir (Şekil 29).

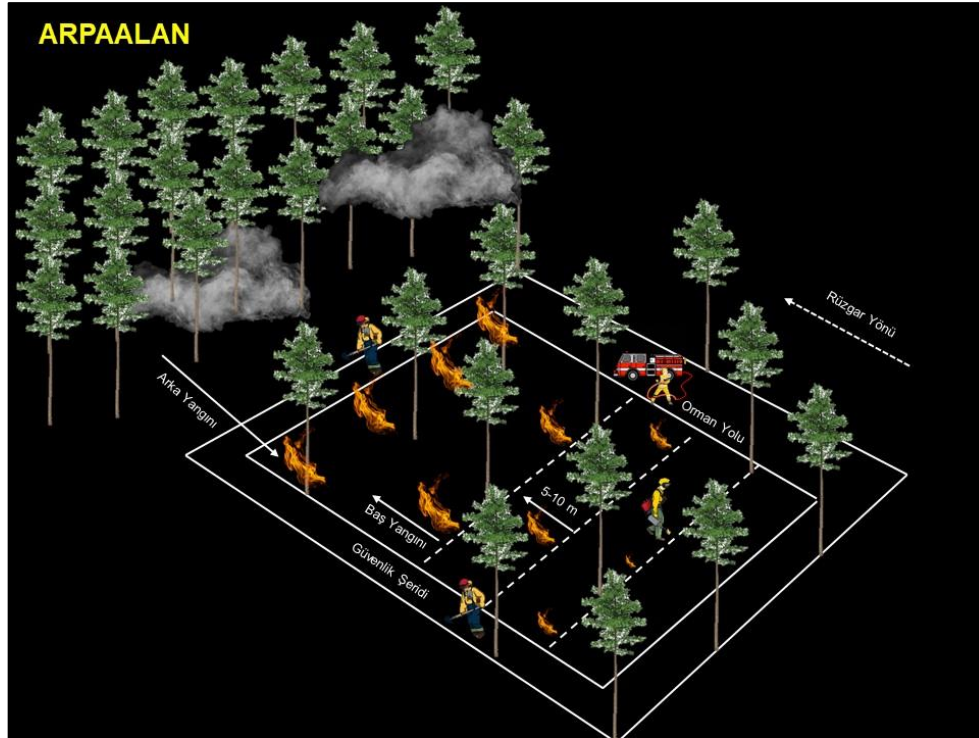


Şekil 29. Yangın ekibinin bilgilendirilmesi (a ve b), yakmalarda kullanılan alev ibriği (c), yakıt karışımının hazırlanması (d ve e) ve kontrollerin gerçekleştirilmesi (f)

Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında gerçekleştirilen kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları sırası ile açıklanmıştır.

2.1.2.4.1. Arpaalan Deneme Alanı Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması

Arpaalan deneme alanına ilişkin tüm koşullar değerlendirilmiş ve 16.10.2019 tarihi yakma zamanı olarak belirlenmiştir. Yakma uygulamasına saat 15.00'da rüzgârın tersi istikamette oluşturulan güvenlik şeridinden başlanmıştır. Güvenlik şeridinden karşı ateş tekniğiyle hat şeklinde yangın verilmiştir. Yangının parselin içerisine doğru rüzgârın tersi istikamette arka yangını şeklinde ilerlemesi sağlanmıştır. Arka yangının ilerisinde ikinci bir yangın hat şeklinde verilmiş ve orman kesiti ile parsel arasındaki yaklaşık 15-20 m'lik kısmın yanması sağlanmıştır. Alanın geri kalan kısmı, yakılan alana belli bir mesafe uzaklıkta, birbirine paralel ve rüzgâr yönüne dik olarak şeritler halinde tutuşturulmuştur. Şeritler arasındaki mesafe alev uzunluğu da dikkate alınarak 5-10 m arasında değişmiştir. Yangın hattı, yanıcı madde sürekliliğinin sağlandığı yerlerde devamlı şeritler, yanıcı madde sürekliliğinin olmadığı ya da yanıcı madde miktarının yüksek olduğu yerlerde ise noktalı şeritler şeklinde oluşturulmuştur. Yanmadan kalan öbekler halindeki yanıcı maddeler nokta yangını tekniği ile yakılmıştır. Yakma uygulaması 16.00'da tamamlanmış olup, yakma sonrasında alan kontrol edilmiş ve müdahale gerektiren yerlerde soğutma çalışması yapılmıştır (Şekil 30, 31 ve 32).



Şekil 30. Arpaalan deneme alanı yakma tekniklerini gösterir grafiksel tasarım



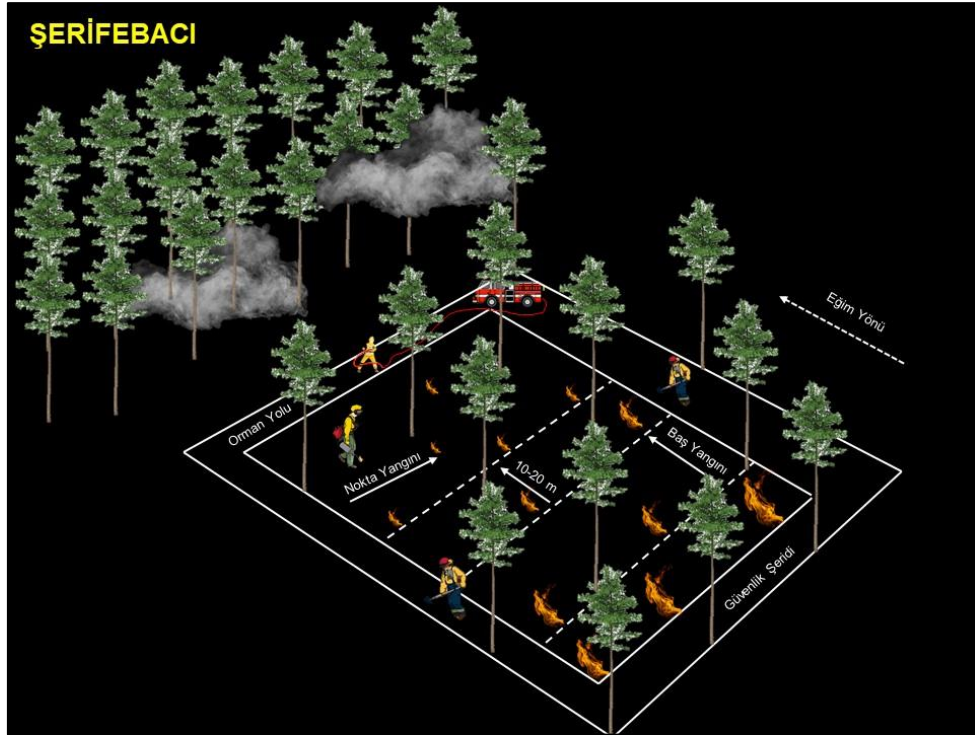
Şekil 31. Güvenlik şeridine ekiplerin yerleştirilmesi (a), karşı ateşin hat şeklinde verilmesi (b), baş yangınına müdahale edilmesi (c), yangının parselin içerisine doğru arka yangını şeklinde ilerlemesi (d), şeritler halinde hat yangınının verilmesi (e ve f) ve alanın tamamının yakılması (g ve h)



Şekil 32. Yakma uygulamasından bir saat sonra parselin görünümü (a ve b), içten içe yanan ağaç (c), yanan dip kütük (d), yakma uygulamasından bir gün sonra parselin görünümü (e ve f), yanmaya devam eden dip kütük (g) ve yanıcı madde bulunan yığında soğutma işlemi (h)

2.1.2.4.2. Şerifebacı Deneme Alanı Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması

Şerifebacı deneme alanına ilişkin tüm koşullar değerlendirilmiş ve 16.10.2020 tarihi yakma zamanı olarak belirlenmiştir. Yakma uygulamasına saat 14.35’de, rüzgâr hızının yangın hattının oluşturulmasını zorlaştıracak kadar düşük (ortalama 3,4 km/s) olması sebebiyle, eğimin nispeten yüksek olduğu kısımda oluşturulan güvenlik şeridinden başlanmıştır. Güvenlik şeridinden devamlı şeritler şeklinde hat yangını verilmiştir. Yangının parselin içerisine doğru eğim yönünde baş yangını şeklinde ilerlemesi sağlanmıştır. Alanın geri kalan kısmı, baş yangınından belli bir mesafe uzaklıkta, birbirine paralel ve eğim yönüne dik olarak şeritler halinde tutuşturulmuştur. Şeritler arasındaki mesafe eğim ve alev uzunluğu da dikkate alınarak 10-20 m arasında değişmiştir. Yangın hattı, yanıcı madde sürekliliğinin sağlandığı yerlerde devamlı şeritler, yanıcı madde sürekliliğinin olmadığı ya da yanıcı madde miktarının yüksek olduğu yerlerde ise noktalı şeritler şeklinde oluşturulmuştur. Yanmadan kalan öbekler halindeki yanıcı maddeler nokta yangını tekniği ile yakılmıştır. Yakma uygulaması 15.30’da tamamlanmış olup, yakma sonrasında alan kontrol edilmiş ve müdahale gerektiren yerlerde soğutma çalışması yapılmıştır (Şekil 33, 34 ve 35).



Şekil 33. Şerifebacı deneme alanı yakma tekniklerini gösterir grafiksel tasarım



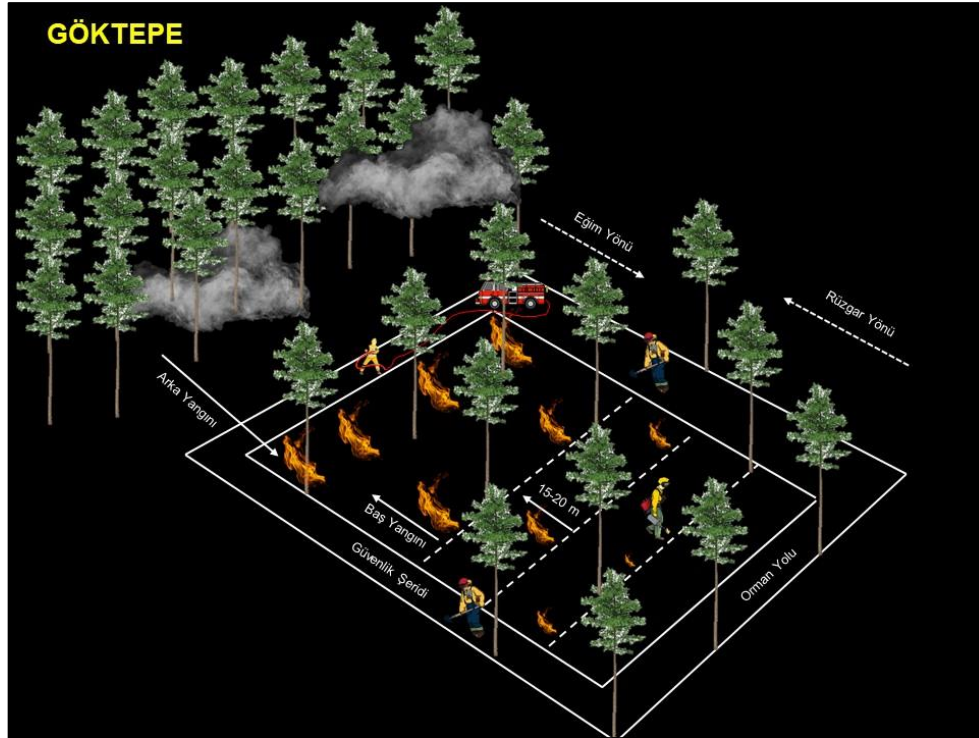
Şekil 34. Güvelik şeridine ekiplerin yerleştirilmesi (a), şeritler şeklinde hat yangınının verilmesi (b ve c), yangının eğim yönünde parselin içerisine doğru baş yangını şeklinde ilerlemesi (d ve e), parsel içerisinin şeritler halinde tutuşturulması (f), alanın tamamının yakılması (g) ve yanmadan kalan alanların nokta yangını ile yakılması (h)



Şekil 35. Güvenlik şeridinde gerçekleştirilen soğutma çalışması (a ve b), yakma uygulamasından bir saat sonra parselin görünümü (c ve d), yanan dip kütük (e), yakma uygulamasından bir gün sonra parselin görünümü (f ve g), yanmaya devam eden ağaç kökü (h)

2.1.2.4.3. Göktepe Deneme Alanı Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması

Göktepe deneme alanına ilişkin tüm koşullar değerlendirilmiş ve 17.10.2020 tarihi yakma zamanı olarak belirlenmiştir. Yakma uygulamasına saat 14.45’de rüzgârın tersi istikamette oluşturulan güvenlik şeridinden başlanmıştır. Güvenlik şeridinden karşı ateş tekniğiyle hat şeklinde yangın verilmiştir. Yangının parselin içerisine doğru, eğim aşağı, rüzgârın tersi istikamette arka yangını şeklinde ilerlemesi sağlanmıştır. Arka yangının ilerisinde ikinci bir yangın hat şeklinde verilmiş ve orman kesiti ile parsel arasındaki yaklaşık 15-20 m’lik kısmın yanması sağlanmıştır. Alanın geri kalan kısmı, yakılan alana belli bir mesafe uzaklıkta, birbirine paralel ve rüzgâr yönüne dik olarak şeritler halinde tutuşturulmuştur. Şeritler arasındaki mesafe alev uzunluğu da dikkate alınarak 15-20 m arasında değişmiştir. Yangın hattı, yanıcı madde sürekliliğinin sağlandığı yerlerde devamlı şeritler, yanıcı madde sürekliliğinin olmadığı ya da yanıcı madde miktarının yüksek olduğu yerlerde ise noktalı şeritler şeklinde oluşturulmuştur. Yanmadan kalan öbekler halindeki yanıcı maddeler nokta yangını tekniği ile yakılmıştır. Yakma uygulaması 15.25’de tamamlanmış olup, yakma sonrasında alan kontrol edilmiş ve müdahale gerektiren yerlerde söğütme çalışması yapılmıştır (Şekil 36, 37 ve 38).



Şekil 36. Göktepe deneme alanı yakma tekniklerini gösterir grafiksel tasarım



Şekil 37. Güvenlik şeridine ekiplerin yerleştirilmesi (a), karşı ateşin hat şeklinde verilmesi (b), baş yangınına müdahale edilmesi (c), yangının parselin içerisine doğru arka yangını şeklinde ilerlemesi (d), noktalı şeritler halinde hat yangınının verilmesi (e ve f) ve alanın tamamının yakılması (g ve h)



Şekil 38. Güvenlik şeridinde gerçekleştirilen soğutma çalışması (a), yakma uygulamasından bir saat sonra parselin görünümü (b ve c), tütme devam eden dip kütükler (d) ve yakma uygulamasından bir gün sonra parselin görünümü (e ve f)

2.1.2.5. Yangın Anına İlişkin Ölçümlerin Gerçekleştirilmesi

Yakma uygulamaları en az iki adet kamera ile kaydedilmiş ve belirli aralıklarla fotoğraflanmıştır. Çekilen video kayıtlar ile fotoğraflar büroda incelenmiş ve deneme alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Yakma uygulamaları kayıtlar üzerinden detaylı olarak analiz edilmiştir (Şekil 39).



Şekil 39. Yakma uygulamalarının Arpaalan (a ve b), Şerifebacı (c) ve Göktepe (d) deneme alanlarında kayıt altına alınması

2.1.3. Yangın Sonrasında Yapılan Çalışmalar

Yangın sonrasında yapılan çalışmalar, deneme alanlarının kontrolü ve korunması, yanıcı madde tüketiminin belirlenmesi, yangın sonrası toprak özelliklerinin belirlenmesi, örnek alanların belirlenmesi, tohum takviyesinin yapılması, yıllık fidan ölçümlerinin gerçekleştirilmesi, istatistik analizler ile maliyetlerin belirlenmesi ve ekonomik analizin gerçekleştirilmesi bölümlerinden oluşmaktadır.

2.1.3.1. Deneme Alanlarının Kontrolü ve Korunması

Yakma uygulamasını takip eden bir hafta boyunca deneme alanları kontrol edilmiştir. Deneme alanlarına uyarıcı levhalar asılmış ve otlatma baskısının olduğu alanların tamamı tel ihata ile çevrilerek koruma altına alınmıştır. Özellikle Arpaalan deneme alanı yerleşim birimine (Balıklı Köyü Mesudiye/ORDU) yakın olduğu için alanda yoğun otlatma baskısı vardır. Bu sebeple Arpaalan deneme alanı tel ihata ile koruma altına alınmıştır. Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları ise otlatma baskısına maruz kalmadığı için alanda koruyucu bir

tedbir alınmamıştır. Ayrıca deneme alanlarında oluşabilecek insan faaliyetlerinin (mantar toplama, merak vb.) önlenmesi amacıyla, yakın civardaki köy muhtarlıklarına gerekli bilgilendirmeler yapılmış ve belirli aralıklarla OGM personeli tarafından alanda koruma/kontrol faaliyetleri yürütülmüştür (Şekil 40).



Şekil 40. Yakma uygulaması sonrasında deneme alanlarının kontrol edilmesi ve soğutma çalışmalarının gerçekleştirilmesi (a), uyarıcı levhaların asılması (b) ve alanın tel ihata ile koruma altına alınması (c ve d)

2.1.3.2. Yanıcı Madde Tüketiminin Belirlenmesi

Yanıcı madde tüketimi yangından önce alanda bulunan yanıcı madde miktarı ile yangından sonra alanda kalan yanıcı madde miktarı arasındaki farkı ifade etmektedir (Dinç Durmaz, 2014). Yangın sonrası yanıcı madde miktarını belirlemek amacıyla, yakma uygulamasından sonra yangın parsellerinde parselin tamamını temsil edecek şekilde 8-10 farklı noktada 50×50 cm ebatlarında örnekleme alanları alınmış ve yanıcı madde ölçümleri yapılmıştır. Örnekleme alanındaki yanıcı maddenin tamamı spatula yardımıyla kesilip

laboratuvarda tasnif edilmek üzere plastik poşetlere konulmuştur. Plastik poşetlerin üzerine deneme alanı adı, parsel ve örnek numaraları yazılmıştır. Aynı zamanda yanıcı maddedeki yanma derinliği de şerit metre yardımıyla ölçülerek yangın sonrası arazi envanter karnesine kaydedilmiştir (Şekil 41).



Şekil 41. Örnekleme alanının belirlenmesi (a), yanma kaybının ölçülmesi (b), yanıcı maddenin kesilmesi (c) ve plastik poşetlere konulması (d)

Plastik poşetlerle laboratuvara getirilen yanıcı madde örnekleri, yanıcı madde miktarının belirlenmesi bölümünde açıklandığı şekliyle sınıflandırılmıştır. Sınıflara ayrılarak alüminyum kaplara alınan örneklerin fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen fırın kurusu ağırlıklarına bağlı olarak örneklerin yanıcı madde sınıfları itibariyle yangın sonrası miktarları hesaplanmıştır. Yangın öncesi ve yangın sonrası yanıcı madde miktarları arasındaki farka göre yanıcı madde tüketimleri hesaplanmıştır (Şekil 42).

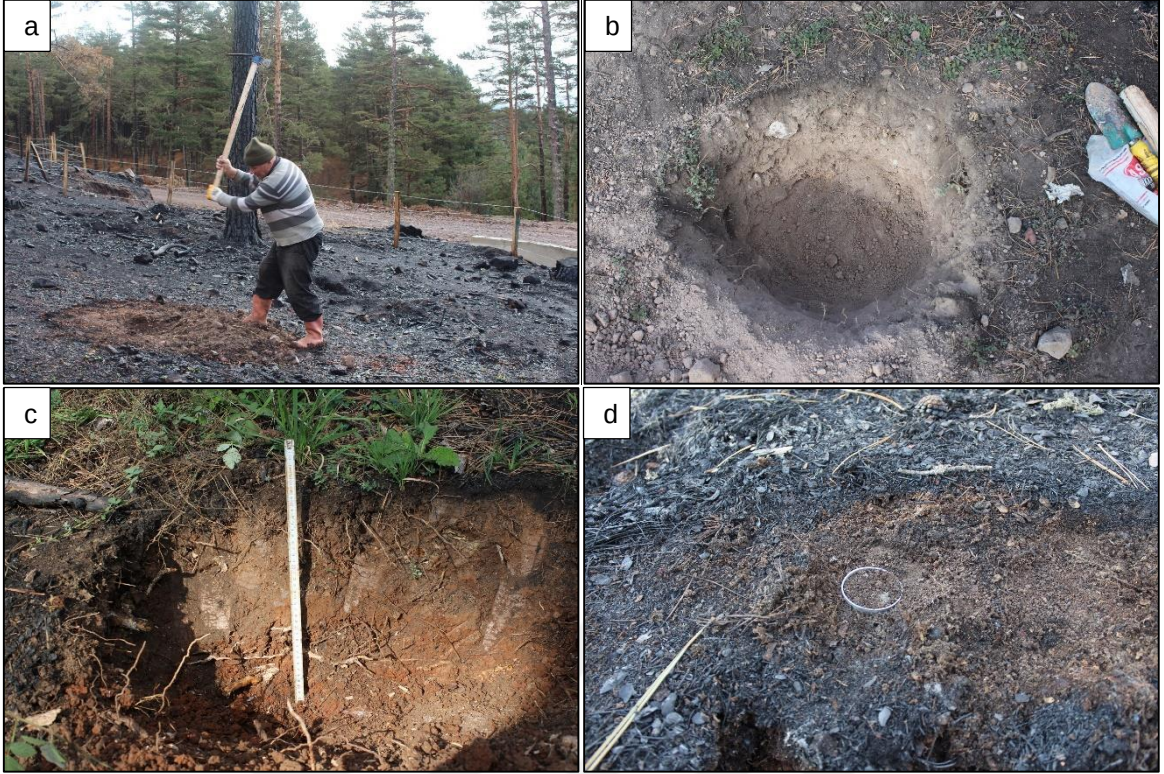


Şekil 42. Yanıcı madde örneklerinin sınıflandırılması (a), kurutma fırınında kurutulması (b) ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenmesi (c ve d)

Yanıcı madde tüketimine ilişkin veriler yangın şiddeti hesaplamalarında kullanılmıştır. Hesaplanan yangın şiddeti değerleri yangın sonrası toprak özelliklerindeki değişim ve fidan performansı ile ilişkiye getirilerek incelenmiştir.

2.1.3.3. Yangın Sonrası Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Yangın sonrası toprak özellikleri, yangın öncesi toprak özelliklerinin belirlenmesi bölümünde belirtilen yöntem kullanılarak ortaya konulmuş ve analiz edilmiştir. Yangın öncesi toprak örneklerinden farklı olarak, yakma uygulamalarını takiben alanda kısmen yanmadan kalan ve dördüncü bir değişken olarak eklenen yangın kontrol parsellerinden de toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri yakma uygulamalarını takiben bir ay içerisinde, yangın sonrası çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi başı, ortası ve sonunda, geri kalan dönemde ise her yıl vejetasyon dönemi sonunda fidan ölçümleri ile birlikte alınmıştır (Şekil 43).



Şekil 43. Toprak çukurunun açılması (a ve b), derinlik kademelerinin belirlenmesi (c) ve toprak örneklerinin alınması (d)

2.1.3.4. Örnek Alanların Belirlenmesi

Yakma uygulaması sonrasında işlem birimine ait her bir parsel içerisinde 3'er adet örnek alan kurulmuştur. Örnek alanların etrafı güvenlik bandı ile çevrilmiş ve orta noktasına üzerinde örnek alan adının yazılı olduğu metal tabelalar yerleştirilmiştir. Tabelaların belirli aralıklarla aynı açıdan fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğraflama işlemi toprak örneklerinin alınması ve fidan ölçümlerinin gerçekleştirilmesi için alana gidildiğinde düzenli olarak gerçekleştirilmiştir. Fotoğraflar çekim tarihlerine göre sıralanmış ve büroda detaylı olarak analiz edilmiştir. Fotoğraflardan yangın sonrası deneme alanlarındaki değişim ve fidan gelişiminin değerlendirilmesinde faydalanılmıştır (Şekil 44).



Şekil 44. Tabelaların örnek alanlara taşınması (a), örnek alanların belirlenmesi (b), belirlenen kontrol (c), toprak işleme (d), yangın (e) ve yangın kontrol (f) işlem birimlerindeki örnek alanlara ait fotoğraflar

2.1.3.5. Tohum Takviyesinin Yapılması

Gençleştirme çalışmalarında yeterli tohumun bulunamaması durumunda gençleştirme başarısını artırmak için tohum takviyesi yapılması gerekebilir (Genç, 2013). Doğal gençleştirme çalışmalarında (ihtiyaç duyulması halinde) kullanılacak tohumlar, tohum hasat ve transfer sınırları içerisinde kalan iyi nitelikli meşcerelerden toplanan tohumlarla, doğaya uygun zaman ve şekilde yapılmalıdır (OGM, 2014b). Çalışmanın ana amacı gençleştirme başarısından ziyade yangından etkilenme durumuna göre tohum çimlenme, fidan büyüme ve

gelişim durumunun tespiti olduğu için deneme alanlarındaki işlem birimlerinin tamamında tohum takviyesi yapılmıştır.

Tohum takviyesinde kullanılan tohumlar varsa ilgili işletme şefliği sınırları içerisindeki tohum meşcerelerinden, olmaması durumunda ise en yakın tohum meşcerelerinden önceki yıllarda elde edilen uygun orijinli tohumlardan temin edilmiştir. Arpaalan deneme alanında kullanılan tohumlar Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Ordu Fidanlık Müdürlüğü Ordu Fidanlık Şefliği; Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında kullanılan tohumlar ise Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Daday Orman İşletme Müdürlüğü Daday Fidanlık Şefliği stoklarından sağlanmıştır. Kullanılan tohumlar OGM'ye ait Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarlarında incelenmiş ve tohum kalite belgesi düzenlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Tohum takviyesinde kullanılan tohum özellikleri ve tohum miktarları

	Birim	<u>Arpaalan</u>	<u>Şerifebacı</u>	<u>Göktepe</u>
Tohum Özellikleri				
Tür	-	Sarıçam	Karaçam	Sarıçam
Orijin	-	Arpaalan	Araç	Daday
Kaynak Tipi	-	Tohum Meşceresi	Tohum Meşceresi	Tohum Meşceresi
Üretim Zamanı	Yıl	2018	2020	2020
Temizlik	%	96	90	90
1000 Tane Ağırlığı	g	10.21	14.50	8.70
Nem	%	9.31	9.68	9.16
Çimlenme Enerjisi	%	45	18	51
Çimlenme Yüzdesi	%	51	21	61
Kullanılan Miktarlar				
Tohum Miktarı	kg/ha	0.60	0.70	0.40
Motorin	l/ha	0.05	0.10	0.07

Tohum takviyesi için uygun zamanın belirlenmesinde, türün biyolojisi ve ekolojisi ile uygulama koşulları dikkate alınmıştır. Karaçam ve sarıçam türleri için kozalak olgunlaşma zamanı Ekim-Aralık dönemi olup, tohum dökümü tohumlar olgunlaştıktan sonra Mart-Nisan aylarına kadar sürmektedir (Skordilis ve Thanos, 1997; Ürgenç, 1998; OGM, 2014b). Tohum takviyesinin hem doğaya uygun olması hem de çimlenmeler başlamadan önce tamamlanması gereklidir. Dolayısıyla çalışma amaçları da dikkate alınarak, tohum takviyesi tohum toplama zamanında, tam alanda serpmeye ekimi şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Deneme alanlarında tohum takviyesi, yakma uygulamalarını takiben bir ay içerisinde gerçekleştirilen toprak örneklemeleri ile birlikte Kasım ayında yapılmıştır. Atılan tohumlara,

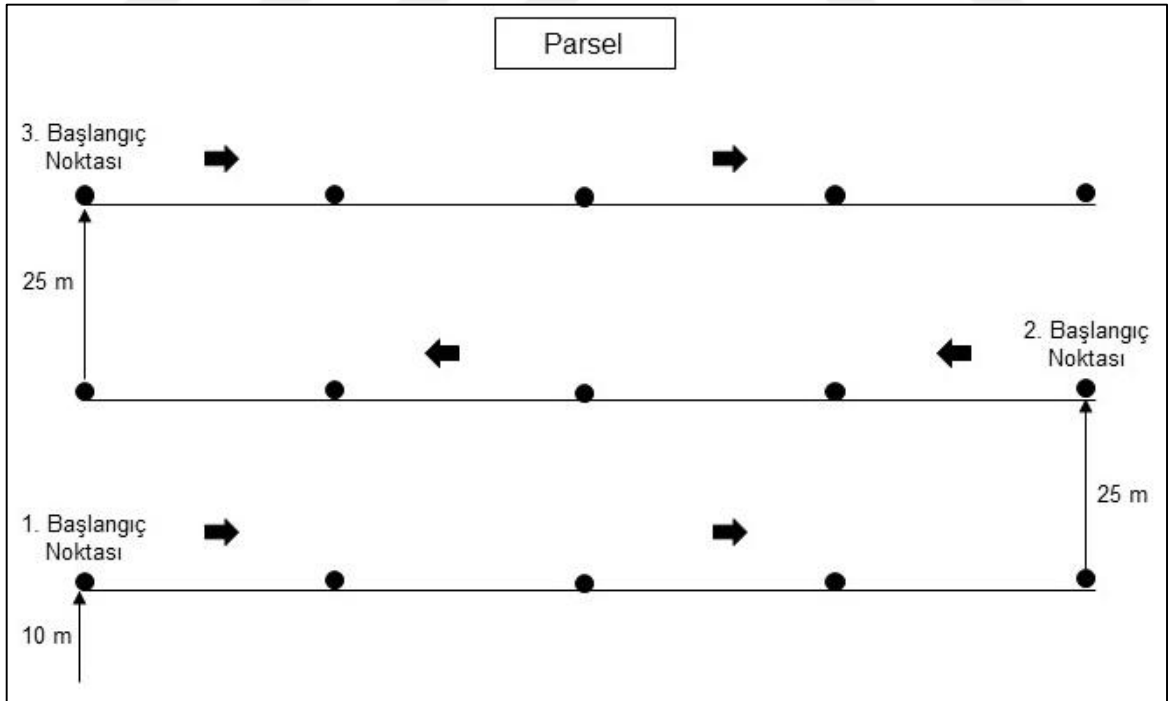
serpme işleminden önce kuş zararını önlemek için motorinle muamele edilmiştir. Sprey şişe içerisine konulan motorin tohumların üzerine pülverize olarak uygulanmış ve karıştırılmıştır. Motorinle muamele yapılan tohumlar plastik poşetler içerisine alınarak deneme alanının tamamına serpilmiştir. Tohum, yangın sonrasında alanda bulunan ağaç miktarı, ağaçlar üzerlerindeki potansiyel tohum miktarı ve çevredeki ağaçlardan uçarak gelmesi muhtemel tohum miktarı dikkate alınarak, alanda gelişimi takip edilecek fidan sayısını garanti edecek kadar atılmıştır. Bu sebeple serpme işlemi m^2 'ye yaklaşık 10 tohum gelecek şekilde yapılmıştır (Tablo 1). Tohum takviyesi işlemleri ilk kar yağışları düşmeden hemen önce tamamlanmıştır (Şekil 45).



Şekil 45. Tohum takviyesinde kullanılan tohumlar (a), motorinle muamele edilmesi (b), tohum takviyesi esnasındaki toprak durumu (c) ve tohum takviyesinin yapılması (d)

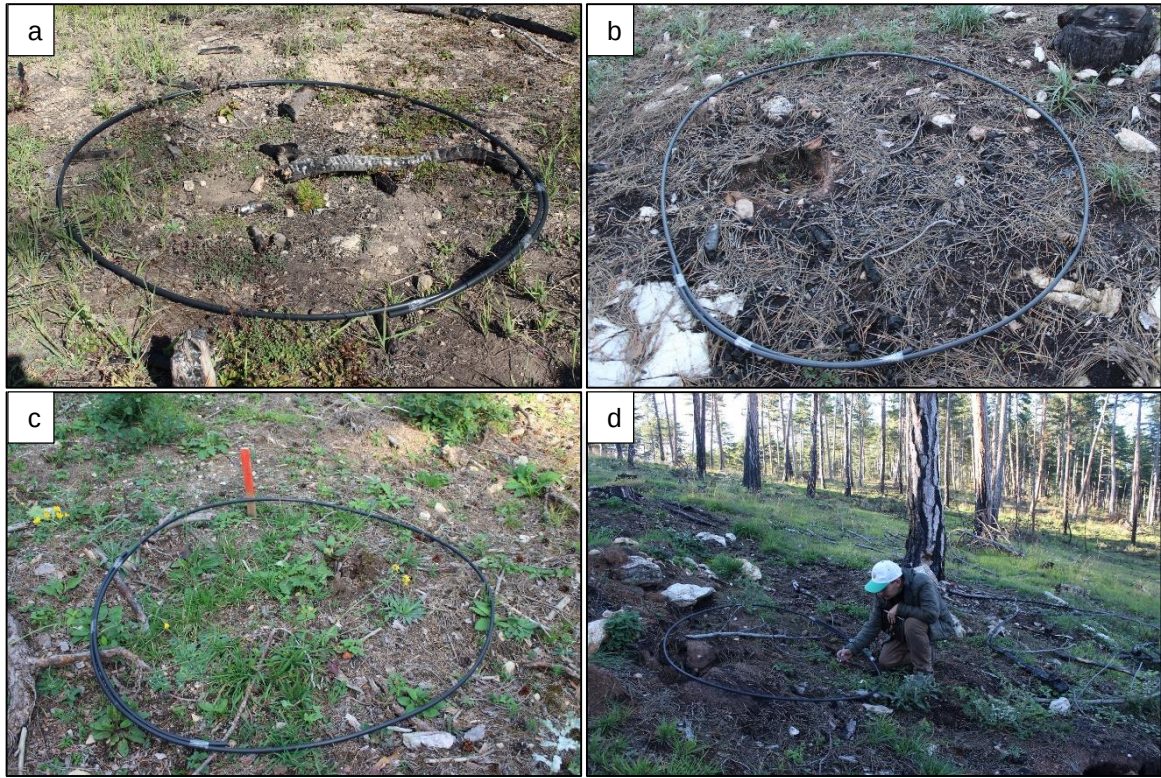
2.1.3.6. Yıllık Fidan Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

İşlem birimlerindeki parseller üzerinde gençlik başarı yüzdesi, fidan hayatta kalma oranı ile gelen gençliğin büyüme ve gelişimi yıllık fidan ölçümleriyle ortaya konulmuştur. Gençlik başarı yüzdesi, Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları tebliğinde doğal gençleştirme sahaları için uygulanan fidan sayım yöntemine göre belirlenmiştir (OGM, 2014b). Fidan sayımında kullanılmak üzere çapı 1,60 m olan bir çember hazırlanmıştır. İşlem birimine ait parselin sol alt kenarından 10 m içeri girilerek ilk başlangıç noktası tespit edilmiştir. Tespit edilen noktanın sağ ve sol tarafına hazırlanan çember yerleştirilmiş, çember içerisine giren fidanlar sayılmıştır. Daha sonra tesviye eğrilerine paralel olarak sağ tarafa doğru 30 m ilerlenmiş ve birinci noktada uygulanan işlem tekrarlanmıştır. Bu şekilde işlem birimine ait parselin son noktasına kadar devam edilmiştir. Parselin son noktasından 25 m yukarı çıkılarak ikinci başlangıç noktası tespit edilmiştir. İkinci başlangıç noktasında çember içerisine giren fidanlar sayılmış ve sol tarafa doğru 30 m de bir aynı işlem tekrarlanmıştır. İşlem birimindeki parselin tamamı bu yöntem ile taranmıştır. İlgili parsel için elde edilen veriler yangın sonrası arazi envanter karnesine kaydedilmiştir (Şekil 46).



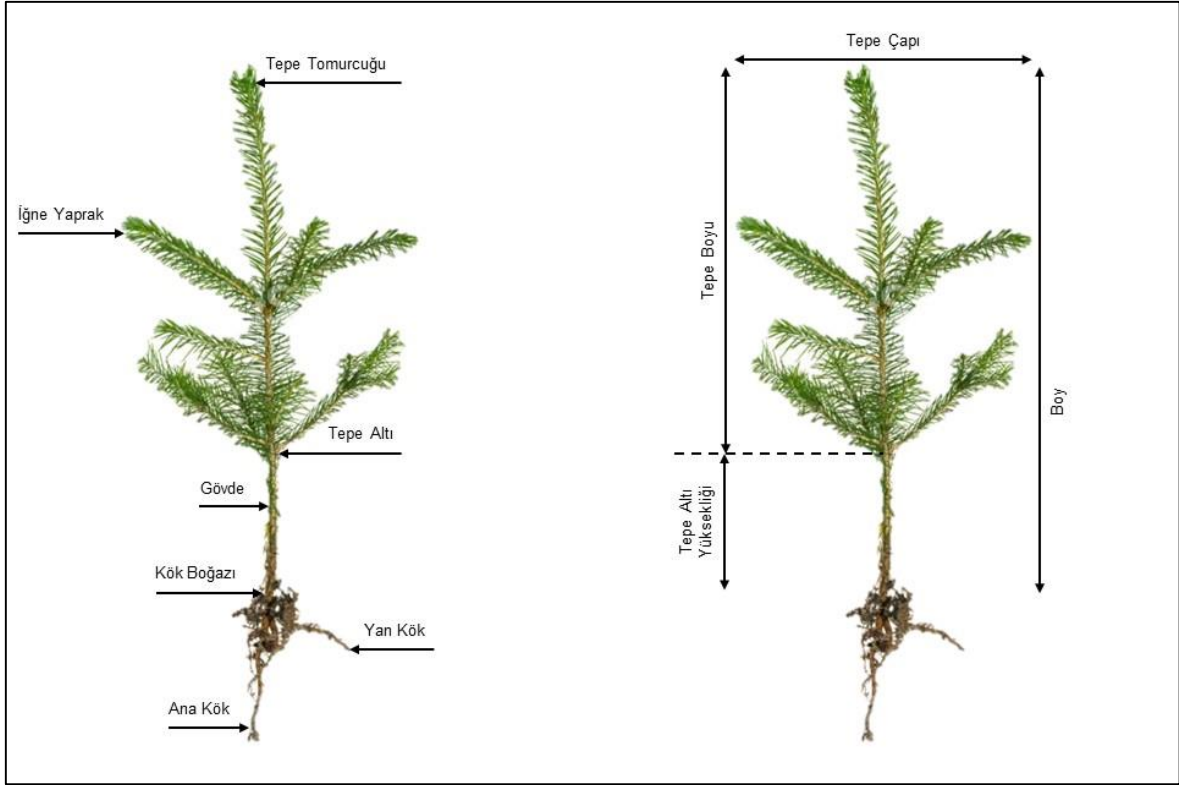
Şekil 46. Gençlik başarı yüzdesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemi gösterir grafiksel tasarım

Gençlik başarı yüzdesi belirleme çalışmaları, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parseller ile yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği (YK ve Y) parsellerde yapılmıştır. Yangın kontrol parselleri yangın parselleri içerisinde kısmen yanmadan kalan ve homojen dağılım göstermeyen parçalı alanlardır. Dolayısıyla gençlik başarı yüzdesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemin yangın kontrol parsellerinde kullanılma olanağı yoktur. Bu sebeple yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerin tamamı için gençlik başarı yüzdesi belirlenmiştir (Şekil 47).



Şekil 47. Deneme alanlarında gençlik başarı yüzdesinin belirlenmesi

Gelen gençliğin büyüme ve gelişimi, morfolojik fidan özellikleri ile ortaya konulmuştur. Morfolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik ölçümler, fidan kalite sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılan, kolay ölçülebilen ve düşük maliyetli ölçümlerdir (Ayan, Gedik, vd., 2020). İdeal bir fidan morfolojik olarak farklı kısımlara ayrılmakta ve bu kısımlar üzerinde çeşitli ölçümler gerçekleştirilmektedir (Riley vd., 2002; Cetinkaya ve Deligoz, 2012; Alim ve Kavgaci, 2017; Guner vd., 2018) (Şekil 48).



Şekil 48. İdeal bir fidanı gösterir grafiksel tasarım

Fidan morfolojik özelliklerine ilişkin tanımlar, özelliklerin belirlenmesine yönelik yapılan ölçümler ile ölçümlerin sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan değerler, i) kök boğazı çapı (kök sisteminin en üstünde çoğu kez hafif kabarıklık ve renk farkı ile beliren yere ait çap), ii) fidan boyu (fidan kök boğazı ile tepe sürgününe ait uç tomurcuğun ucu arasındaki mesafe), iii) fidan tepe altı yüksekliği (kök boğazı çapı ile canlı iğne yaprakların başlangıcı arasındaki mesafe), iv) fidan tepe boyu (fidan boyu ile tepe altı yüksekliği arasında kalan mesafe), v) fidan tepe çapı (fidan üzerinde bulunan en uzun iğne yaprakların iz düşümleri arasındaki mesafe) ve vi) gürbüzlük indeksi (fidan boyu/kök boğazı çapı oranı)'dir.

Gelen gençliğin büyüme ve gelişimi, sabit örnek alanlar içerisinde bulunan fidanlar üzerinde gerçekleştirilen ölçümler ile ortaya konulmuştur. Çimlenmelerin başladığı ilk vejetasyon dönemi sonunda, örnek alanların belirlenmesi bölümünde açıklandığı şekliyle tesis edilen örnek alanlar içerisinde, gençliğin büyüme ve gelişimi takip edilmiştir. Bu amaçla, her bir örnek alan içerisinde 5×5 m ebatlarında sabit örnekleme alanları belirlenmiştir. Belirlenen örnekleme alanlarında, alanı temsil edecek kadar fidan (10-15 adet) numaralandırılarak parsel içerisindeki konumları belirlenmiştir (Şekil 49).



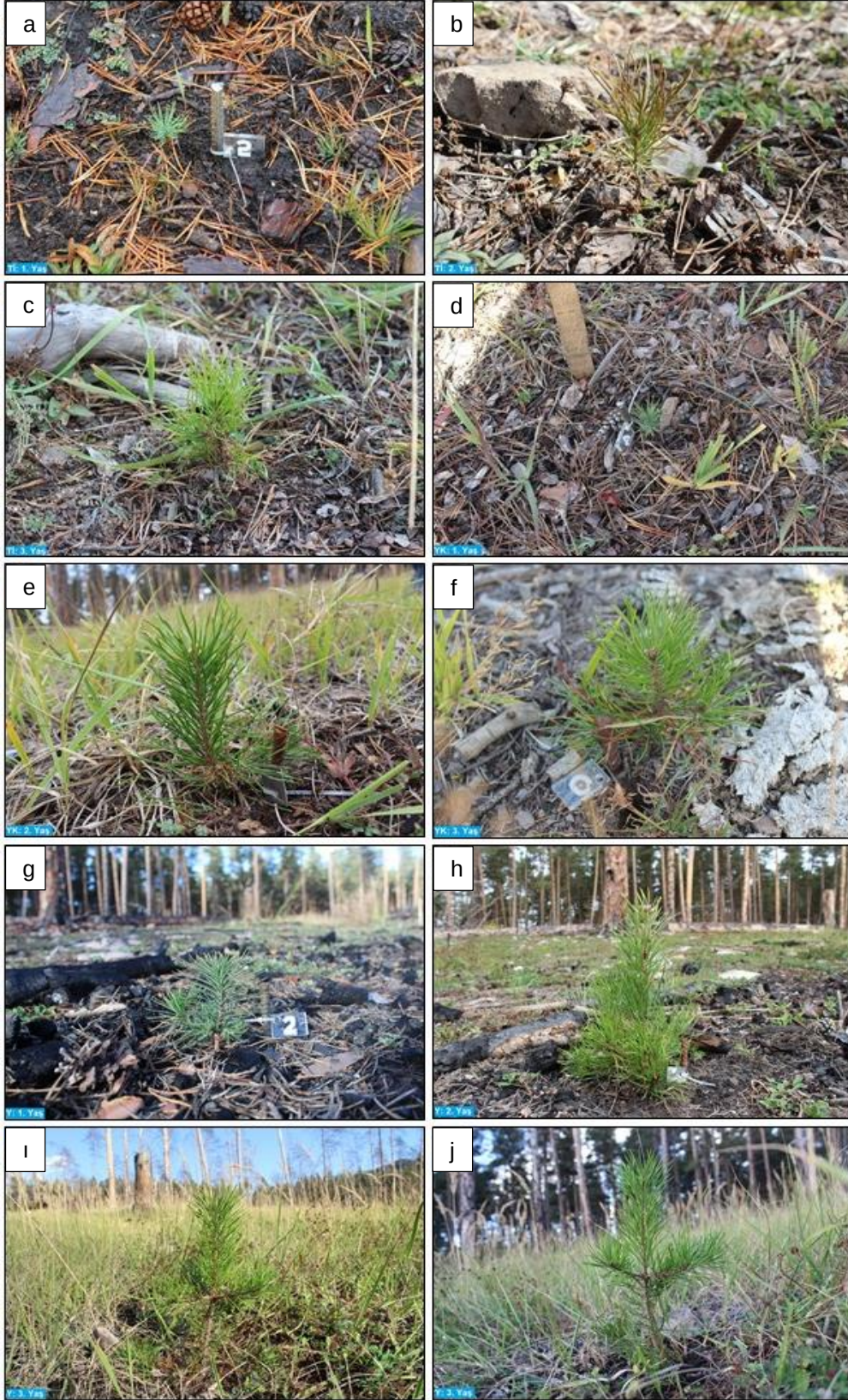
Şekil 49. Örneklem alanının belirlenmesi (a), boyutlandırılması (b), Arpaalan (c ve d), Şerifebacı (e ve f) ve Göktepe (g ve h) deneme alanlarında fidanların numaralandırılması

Numaralandırılan her bir fidanın kök boğazı çapı, boyu, tepe altı yüksekliği ve tepe çapı ölçülerek envanter karnesine kaydedilmiştir. Kök boğazı çapı dijital kumpas yardımıyla ölü örtü seviyesinden ölçülmüştür. Fidan boyu ölü örtü seviyesi ile uç tomurcuk ucu arasında kalan mesafeyi; fidan tepe altı yüksekliği ölü örtü seviyesi ile canlı iğne yaprak başlangıcı arasındaki mesafeyi ve fidan tepe çapı en uzun iğne yaprakların iz düşümleri arasındaki mesafeyi dikkate alarak cetvel yardımıyla belirlenmiştir. Ölçümler birbirine dik iki ölçümün ortalaması alınarak gerçekleştirilmiştir. Fidan tepe boyu, fidan boyundan fidan tepe altı yüksekliğinin çıkarılması ile gürbüzlük indeksi ise fidan boyunun kök boğazı çapına bölünmesiyle elde edilmiştir (Şekil 50).

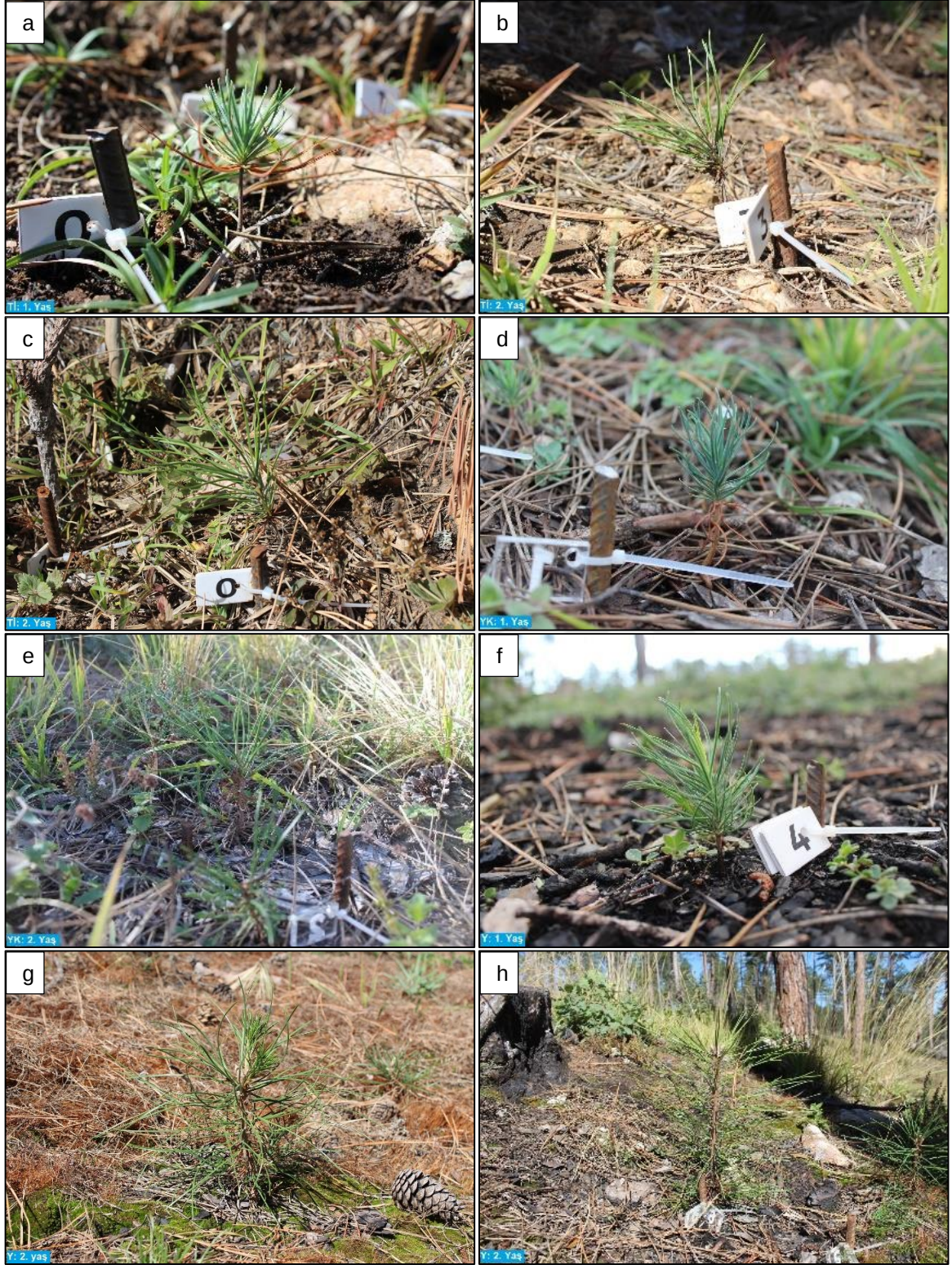


Şekil 50. Fidanın kök boğazı çapı (a), boyu (b), tepe altı yüksekliği (c) ve tepe çapının (d) ölçülmesi

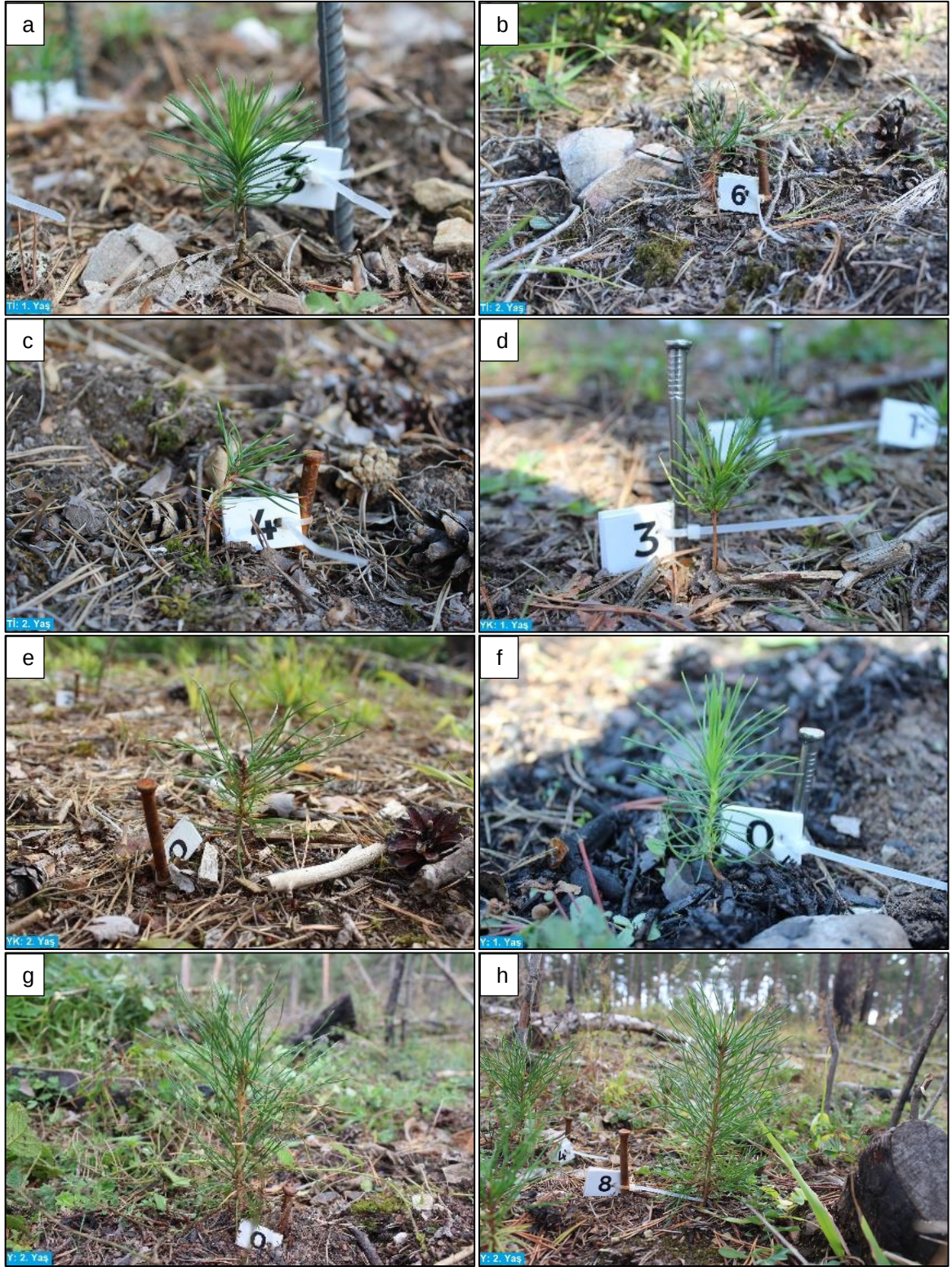
Kurulan örnekleme alanlarında, her yıl vejetasyon dönemi sonunda fidanlara ilişkin ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Söz konusu ölçüm ve gözlemler Arpaalan deneme alanı için 3 yıl, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için ise iki yıllık süreyi kapsamaktadır (Şekil 51, 52 ve 53).



Şekil 51. Arpaalan deneme alanı toprak işleme işlem birimi 1 (a), 2 (b) ve 3 (c) yaşlı fidanlar, yangın kontrol işlem birimi 1 (d), 2 (e) ve 3 (f) yaşlı fidanlar ile yangın işlem birimi 1 (g), 2 (h) ve 3 (ı ve j) yaşlı fidanlara ait fotoğraflar

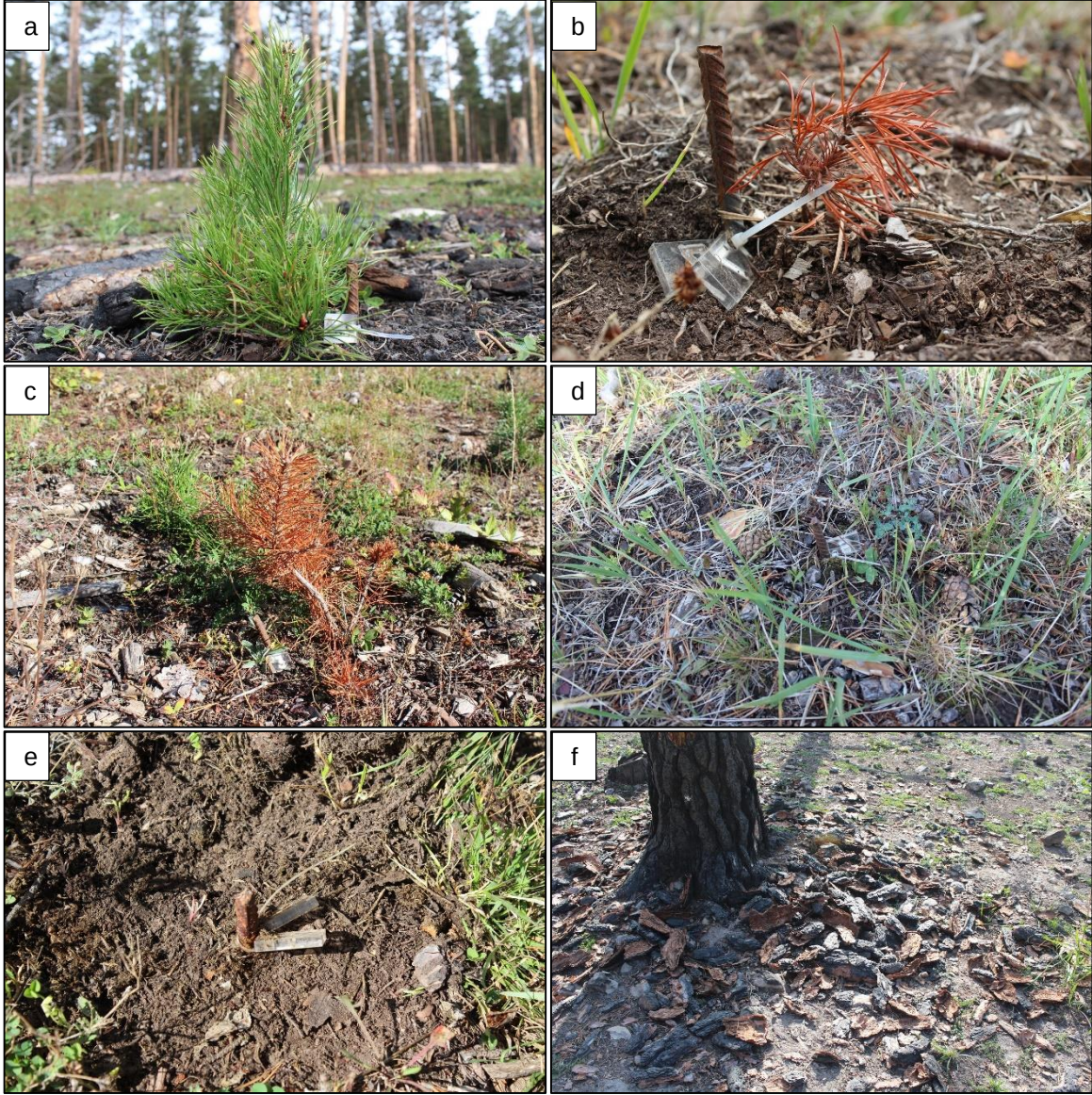


Şekil 52. Şerifebacı deneme alanı toprak işleme işlem birimi 1 (a) ve 2 (b ve c) yaşlı fidanlar, yangın kontrol işlem birimi 1 (d) ve 2 (e) yaşlı fidanlar ile yangın işlem birimi 1 (f) ve 2 (g ve h) yaşlı fidanlara ait fotoğraflar



Şekil 53. Göktepe deneme alanı toprak işleme işlem birimi 1 (a) ve 2 (b ve c) yaşlı fidanlar, yangın kontrol işlem birimi 1 (d) ve 2 (e) yaşlı fidanlar ile yangın işlem birimi 1 (f) ve 2 (g ve h) yaşlı fidanlara ait fotoğraflar

Çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi sonunda tespit edilen fidanlar, devam eden periyotta kış soğuğu, yaz kuraklığı ya da çeşitli dış faktörlere maruz kalmış ve hayatiyetini devam ettirememiştir. Dolayısıyla fidan hayatta kalma oranları tespit edilerek işlem birimlerine göre kıyaslanmıştır. Bu amaçla, ilk yıl vejetasyon dönemi sonunda kurulan sabit alanlar içerisinde numaralandırılan bireylerin tamamı, ikinci yıl vejetasyon dönemi sonunda alanda bulunmuş ve durumları değerlendirilmiştir. Fidanlar *i)* hayatiyetini devam ettiren bireyler, *ii)* hayatiyetini devam ettiremeyen bireyler ve *iii)* kaybolan bireyler şeklinde sınıflandırılmıştır. Hayatiyetini devam ettiren bireyler, önceki yıl verilen numara ve tespit çivisi ile birlikte alanda bulunan ve sağlıklı olan bireylerdir. Hayatiyetini devam ettiremeyen bireyler, önceki yıl verilen numara ve tespit çivisi ile birlikte alanda bulunan ve kuruyan bireyleri ya da önceki yıl verilen numara ve tespit çivisi alanda bulunmasına ve herhangi bir faktörün etkisi görülmemesine rağmen kendisi bulunamayan bireyleri göstermektedir. Kaybolan bireyler ise önceki yıl verilen numara ve tespit çivisinden herhangi biri ya da her ikisi de bulunamayan, tespit çivisi ve numara bulunsa dahi kendisi bulunamayıp dış faktöre bağlı (otlatma, hayvan dışkısı ile tamamen kapanma, çoban tarafından sökülüp atılma, yanan ağaçlardan dökülen kabukların kapaması gibi) kaybolduğu ya da hayatiyetini kaybettiği düşünülen bireylerdir. Örneklem alanı içerisinde belirlenen toplam fidan sayısı, önceki yıl tespit edilen fidan sayısına ulaştığında çalışma tamamlanmıştır. Elde edilen verilere bağlı olarak fidan hayatta kalma oranları işlem birimleri için hesaplanmıştır. Yıllık fidan ölçümleri, çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi sonundan itibaren her yıl vejetasyon dönemi sonlarında tekrarlanmıştır (Şekil 54).



Şekil 54. Örneklem alanları içerisinde hayatiyetini devam ettiren (a), hayatiyetini devam ettiremeyen (b, c ve d), hayvan zararı (e) ve yanan ağaçlardan dökülen kabukların (f) kapaması gibi dış faktörlere bağlı kaybolan fidanları gösterir fotoğraflar

2.1.3.7. İstatistik Analizler

İşlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile fidan büyüme ve gelişimi üzerine olan etkileri istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu amaçla, çalışma kapsamında SPSS 23.0 (SPSS, 2013) istatistik programından faydalanılmıştır. Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örnekleri; örneklem zamanı, işlem birimi ve örneklem zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi (Repeated Measures) kullanılarak test edilmiştir. Yıllık fidan büyüme ve

gelişimi ise Bağımsız Gruplarda İki Yönlü Varyans Analizi (Univariate) kullanılarak test edilmiştir. İşlem birimleri arasında ortaya çıkan farklılık Post Hoc çoklu karşılaştırma testlerinden olan Bonferroni ve Tukey HSD ile ortaya konulmuştur.

2.1.3.8. Maliyetlerin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizin Gerçekleştirilmesi

Gençleştirme çalışmaları uzun vadeli yatırımlardır. Yatırımların etkinlik yönünden değerlendirilmesinde ve en yüksek faydayı sağlayacak şekilde planlanmasında fayda maliyet (F-M) analizlerinden yararlanılmaktadır (Aktan ve Sakal, 1999; Karayılmazlar ve İşler, 2019). Çalışma kapsamında, işlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyetlere ilişkin F-M analizleri yapılmıştır. Saha hazırlığı safhasında farklı faaliyetlerin gerçekleştirildiği işlem birimleri, katlanılan maliyetler bakımından birbirleri ile kıyaslanmıştır. Ayrıca çalışmada, karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yangın kullanımını dikkate alan, ülkemiz için yeni bir gençleştirme yaklaşımı da gündeme getirilmiştir. Bu yeni yaklaşım ve uygulamada kullanılan gençleştirme metodu üzerinden, gençleştirme sürecine ilişkin genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılan standart silvikültürel ve mekanik uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimleri ile kontrollü ve amaçlı yakmaların uygulandığı işlem birimlerinin ilgili tüm maliyetleri birim alan (ha) üzerinden belirlenmiştir. Makineli toprak işleme çalışmalarının maliyetini belirlemek amacıyla, işletme şefliklerinden ilgili deneme alanları için hazırlanan Doğal Gençleştirme Uygulamalarına Ait Keşif Özetleri temin edilmiştir. Keşif özetlerinden iş nevelerine ait birim fiyat analizleri elde edilmiş ve her bir deneme alanı için toprak işleme maliyeti belirlenmiştir.

Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerindeki maliyet, OGM tarafından yangın hasarat raporlarındaki tazminat hesaplamalarına konu edilen masraf kalemleri (OGM, 1995) dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kalemler, i) araç, ii) işçilik ve iii) akaryakıt masraflarıdır. Araç masrafları için yakma uygulamalarına katılan ve OGM tarafından sağlanan tam donanımlı arazöz, su ikmal tankeri, ilk müdahale aracı ve pikapların; adet, çalışma süreleri ve yaptıkları km kaydedilmiştir. Yangın emniyetinin sağlanması için açılan güvenlik şeritlerinde çalışan makinelerin çalışma süreleri de ayrıca tespit edilmiştir. İşçilik masraflarının belirlenmesi amacıyla, yangın güvenliğinin sağlanması ve söğütme çalışmalarında görev alan yangın ekibindeki işçilerin adet ve çalışma süreleri kaydedilmiştir.

Akaryakıt masrafları ise yakma uygulamalarında kullanılan yakıt karışımındaki benzin ve motorin miktarlarına bağlı olarak hesaplanmıştır.

Araç ve işçilik masraf kalemleri için kullanılan birim fiyatlar OGM tarafından kullanılan değerler olup, Orman Bilgi Sistemi (ORBİS) vasıtasıyla elde edilmiştir (URL-13, 2021). Akaryakıt masrafları için kullanılan birim fiyatlar deneme alanlarına en yakın ilçedeki akaryakıt fiyatlarından alınmıştır. Kullanılan birim fiyatlar yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği zamanda geçerli olan güncel fiyatlardır. Bu sebeple, Arpaalan deneme alanı için 16.10.2019, Şeferifebacı deneme alanı için 16.10.2020 ve Göktepe deneme alanı için de 17.10.2020 tarihinde geçerli olan birim fiyatlar kullanılmıştır. Tohumlama kesimindeki üretim masrafları ile tohum takviyesinde kullanılan tohumlara ilişkin masraflar, işlem birimlerinin tamamında aynı olduğundan maliyet analizinde dikkate alınmamıştır.

Ülkemiz ormancılığında karaçam ve sarıçam meşcerelerinin doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılan büyük alan siper metodu ile kontrollü ve amaçlı yakmaların kullanıldığı gençleştirme yaklaşımı üzerine bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede, para ile ifade edilebilen (maddi) faydaların yanında para ile ifade edilemeyen (gayri maddi) faydalar da dikkate alınarak sentez bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Standart silvikültürel uygulamalarda ilgili Orman İşletme Şefliklerinin Silvikültür Planlarından faydalanılmıştır. Silvikültür Planlarının Zaman-Mekân Düzenlemesi Tablolarından deneme alanlarının kurulduğu meşcerelere ait gençleştirme sürecine ilişkin veriler (kesim nevi ve zamanı ile alınacak eta) elde edilmiştir. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarında uygulamaya, standart silvikültürel uygulamaların tohumlama kesimi ile birlikte başlanmaktadır. Bu kesimde eta, Zaman-Mekân Düzenlemesi Tablolarında tohumlama kesimi ve öncesinde alınması öngörülen toplam kadardır. Tohumlama kesimini takip eden ikinci yılın sonunda, geri kalan eta boşaltma kesimi ile birlikte alandan çıkarılmaktadır. Kesimler sonrasında elde edilen veya edilecek muhtemel gelirlerde, Mesudiye, Araç ve Daday Orman İşletme Müdürlüklerinin son 3 yıllık Açık Artırmalı Dikili Ağaç Satış Ortalamaları dikkate alınmıştır (URL-22, 2023). Gelirlerde esas alınan dolar kuru, Uluslar Arası Para Fonu (IMF) tarafından yayınlanan Dünya Ekonomik Görünüm Raporu'ndan elde edilen veriler ile hesaplanmıştır (IMF, 2022). Farklı uygulamaların gerçekleştirildiği gençleştirme süreçleri sonrasında elde edilen/edilecek toplam gelirlerin Net Bugünkü Değerleri (NBD) belirlenmiştir (Türker, 2013). Belirlenen NBD'ler üzerinden kullanılan gençleştirme yöntemleri kıyaslanmıştır. Ayrıca para ile ifade edilemeyen faydalar da tüm yönleri ile ortaya konulmuştur.

3. BULGULAR

Çalışma, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla, karaçam ve sarıçam türlerinin doğal yayılış gösterdiği Ordu ve Kastamonu illerinde deneme alanları kurulmuştur. Kurulan deneme alanlarında, yakma uygulamaları gerçekleştirilmiş ve iki yıllık süre ile ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Yapılan ölçüm ve gözlemler sonucunda elde edilen bulgular, i) deneme alanı özelliklerine, ii) yangın davranışına, iii) toprak özelliklerine, iv) tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimine ve v) maliyet ve ekonomik analize ilişkin bulgular olmak üzere beş farklı kısımda sunulmuştur.

3.1. Deneme Alanı Özelliklerine İlişkin Bulgular

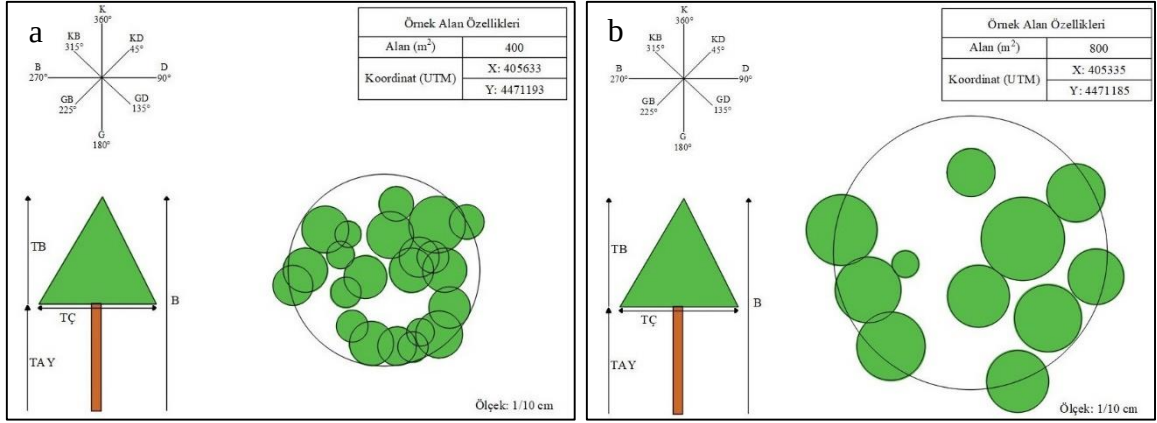
Bu kısımda, deneme alanlarının genel alan ve meşcere özellikleri ile işlem birimlerine göre bölünen parsellerin dağılımı ve boyutlarına ilişkin bulgular sunulmuştur. Belirlenen deneme alanları içerisinde mevcut durumun ortaya konulması amacıyla örnek alanlar alınmıştır. Bu alanlarda genel alan ve meşcere özelliklerini belirlemeye yönelik ölçüm ve gözlemler yapılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Deneme alanlarının genel alan ve meşcere özellikleri

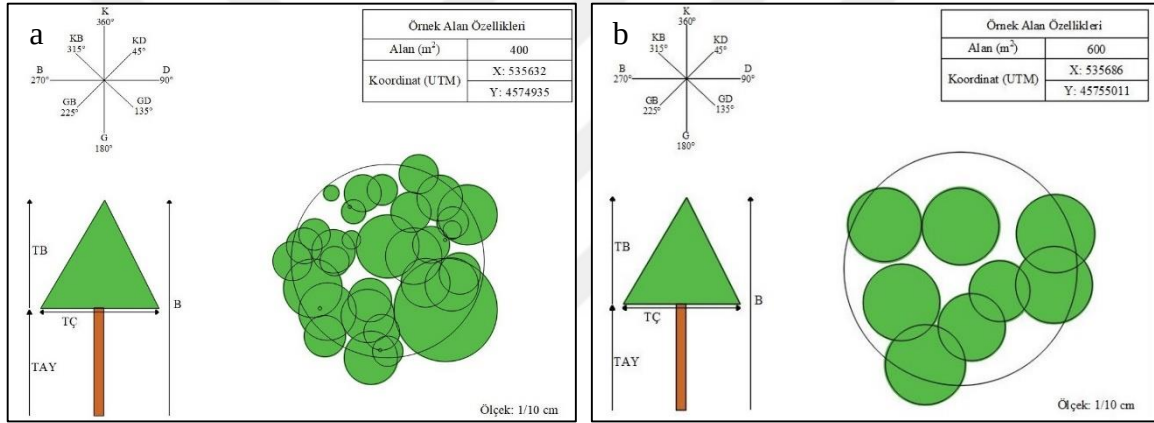
	Birim	Arpaalan	Şerifebacı	Göktepe			
		Alan Özellikleri					
Eğim	%	0-5	0-15	0-10			
Yükselti	m	1720	1210	1330			
Bakı	-	Kuzey	Doğu	Kuzeybatı			
Toprak Türü	-	Kumlu	Kumlu Balçık	Kumlu Balçık			
İskelet Muhtevası	-	Az Taşlı	Taşlı	Çok Taşlı			
Fizyolojik Derinlik	cm	30-60	>30	30			
Mutlak Derinlik	cm	>60	30-60	30-60			
Diri Örtü	-	Münferit Çayır Otları	Yoğu Ot Tabakası ve Çalı Formlu Türler	Deforme Meşe Gençliği, Çayır Otları ve Eğreltiler			
Humus	-	Çürüntülü Mul	Çürüntülü Mul	Çürüntülü Mul			
Meşcere Özellikleri							
		K	TK	K	TK	K	TK
Meşcere Yapısı	-	Doğal		Doğal		Doğal	
Meşcere Yaşı	Yıl	120	106	98	100	106	52
Göğüs Çapı (d _{1,30})	cm	32.3	46.2	29.7	43.0	38.3	31.1
Tepe Çapı	m	4.6	7.1	4.5	8.8	5.7	5.7
Ağaç Boyu	m	25.3	25.7	23.0	24.5	24.9	24.1
Tepe Altı Yüksekliği	m	14.3	14.4	14.0	16.0	12.9	12.8
Dip Kabuk Kalınlığı	mm	3.5	3.4	4.8	5.5	3.2	3.2
Kapalılık	%	80	35	95	55	90	45
Meşcere Sıklığı	N/ha	550	138	875	133	400	167

Deneme alanlarına ilişkin genel alan ve meşcere özellikleri değerlendirildiğinde, deneme alanları eğimin düşük, toprak derinliği, ayrışma hızı, boy ve tepe altı yüksekliğinin fazla olduğu meşcerelerde kurulmuştur. Meşcerelerde yapılan tohumlama kesimleri sonrasında Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında sırasıyla, kapalılık %35, %55 ve %45'e kadar kırılmış; mevcut ağaçların %75, %85 ve %58'i alandan kesilerek çıkarılmıştır.

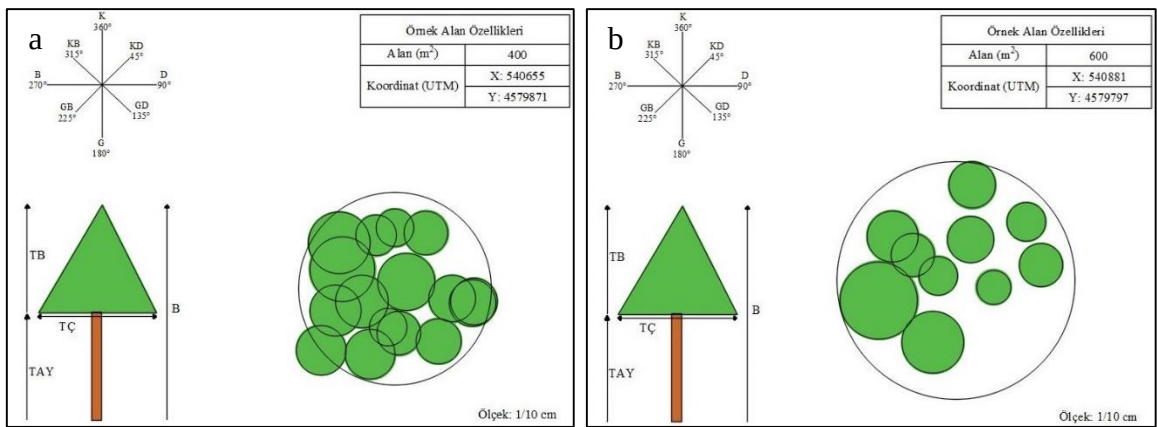
Deneme alanları için tohumlama kesimi öncesi ve sonrası durumunun ortaya konulmasında meşcere profillerinden faydalanılmıştır. Örnek alanlar içerisinde bulunan her bir ağacın deneme alanı merkezine olan uzaklığı, kuzeyle yaptığı semt açısı ve tepe çapı verileri kullanılarak deneme alanlarının meşcere profilleri çıkartılmıştır (Şekil 55, 56 ve 57).



Şekil 55. Arpaalan deneme alanı tohumlama kesimi öncesi (a) ve sonrasına (b) ait meşcere profilleri



Şekil 56. Şerifebacı deneme alanı tohumlama kesimi öncesi (a) ve sonrasına (b) ait meşcere profilleri



Şekil 57. Göktepe deneme alanı tohumlama kesimi öncesi (a) ve sonrasına (b) ait meşcere profilleri

Belirlenen deneme alanları kontrol, toprak işleme, yangın kontrol ve yangın işlem birimlerine ayrılmıştır. Her bir işlem birimi de kendi içerisinde üç farklı parsel bölünmüştür. Parsel sınırları arazi üzerinde tespit edilerek işaretlenmiş ve alanları hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. İşlem birimlerine göre parsel dağılımları ve boyutları

İşlem Birimi	Parsel	Birim	Deneme Alanı		
			Arpaalan	Şerifebacı	Göktepe
Kontrol	K-1	ha	0.75	0.75	1.30
	K-2		0.90	0.80	1.85
	K-3		0.85	0.70	1.60
Toplam			2.50	2.25	4.75
Toprak İşleme	Tİ-1	ha	0.65	0.50	1.10
	Tİ-2		0.80	0.40	0.90
	Tİ-3		0.75	0.50	1.40
Toplam			2.20	1.40	3.40
Yangın Kontrol	YK-1	ha	0.15	0.10	0.10
	YK-2		0.20	0.15	0.10
	YK-3		0.10	0.10	0.15
Toplam			0.45	0.35	0.35
Yangın	Y-1	ha	0.80	0.65	0.25
	Y-2		0.90	0.75	0.30
	Y-3		0.75	0.65	0.30
Toplam			2.45	2.05	0.85
Genel Toplam			7.60	6.05	9.35

Deneme alanlarına ilişkin parsel boyutları incelendiğinde, çalışma kapsamında Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında toplam 23,00 ha alanda çalışılmıştır. Bu alanın 2,90 ha'ı Arpaalan, 2,40 ha'ı Şerifebacı ve 1,20 ha'ı Göktepe deneme alanında olmak üzere toplam 6,50 ha'lık sahada (YK ve Y) kontrollü ve amaçlı yakma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Standart silvikültürel ve mekanik uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme parsellerinin toplam alanı ise 7,00 ha'dır.

3.2. Yangın Davranışına İlişkin Bulgular

Yangın davranışına ilişkin bulgular kısmında, yanıcı madde nem içeriği, meteorolojik veriler, tanımlayıcı alev özellikleri, yanıcı madde tüketimi, yanma derinliği, yangın yayılma oranı ve yangın şiddetine ilişkin bulgular sunulmuştur.

3.2.1. Yanıcı Madde Nem İçeriğine İlişkin Bulgular

Yangın parselleri içerisinde yakma uygulamalarından hemen önce yüzey yanıcı madde nem örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiş ve nem içerikleri hesaplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Yangın anına ilişkin yanıcı madde nem içerikleri

	Arpaalan	Şerifebacı Nem (%)	Göktepe
Canlı Tek Yıllık Otsu Bitki	96.44	87.19	59.49
Üst Toprak (0-15 cm)	16.90	33.48	15.94
<u>Ölü Örtü</u>			
Humus	49.35	46.41	61.17
İYM	18.43	18.54	28.33
Kozalak	15.50	15.61	12.00
Kabuk	16.56	13.23	13.97
<u>Dal</u>			
0-3 mm	21.03	8.36	6.27
3-6 mm	20.28	19.70	13.83
6-10 mm	12.13	24.48	8.63
10-25 mm	13.79	18.81	11.12
>25 mm	14.90	17.12	13.39
<u>Kesim Artığı</u>			
İbre	18.82	106.79	76.34
Kozalak	27.30	66.18	35.02
<u>Dal</u>			
0-3 mm	21.15	73.45	39.89
3-6 mm	20.44	69.32	26.33
6-10 mm	11.95	49.46	31.75
10-25 mm	13.82	58.19	34.47
>25 mm	14.92	37.62	23.88

*İYM: İnce Yanıcı Madde

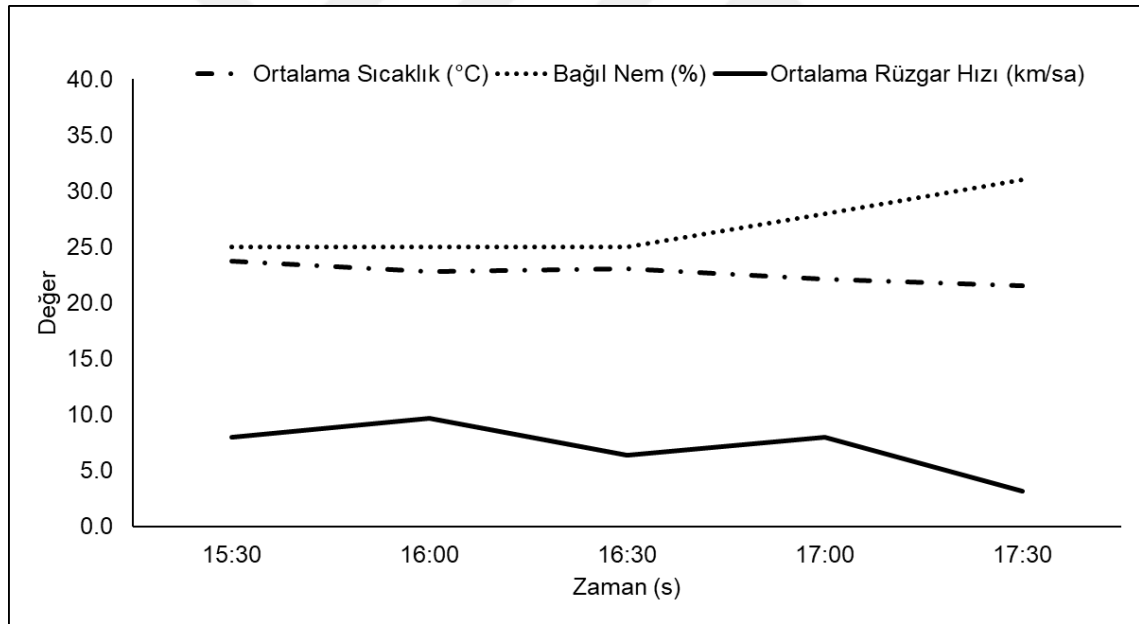
Deneme alanlarına ilişkin nem içerikleri incelendiğinde, canlı tek yıllık otsu bitkilerin nem içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Deneme alanlarında üst toprak nem içerikleri %15,94 ile %33,48 arasında değişmiştir. Ölü örtü katmanında en yüksek nem içeriği humus tabakasıdır ve kesim artıklarının nem içeriğini etkileyen asıl faktör kesim zamanıdır. Arpaalan deneme alanında tohumlama kesimi yakma zamanından belli bir süre önce (~4 ay) tamamlandığından, kesim artıkları yakma zamanına kadar kurumuş ve ölü örtü ile yaklaşık aynı koşullara gelmiştir. Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında ise tohumlama kesimi yakma uygulamasına yakın bir zamanda diliminde (~15 gün) tamamlandığından, kesim artıkları yeterince kuruyamamış ve nem içerikleri yüksek kalmıştır.

3.2.2. Meteorolojik Verilere İlişkin Bulgular

Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği esnada meteorolojik veriler anlık olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler yangın davranış parametrelerinin değerlendirilmesinde dikkate alınmıştır (Tablo 5, 6 ve 7; Şekil 58, 59 ve 60).

Tablo 5. Arpaalan deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik veriler

Saat	Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Bağıl Nem (%)	Ort. Rüzgâr Hızı (km/sa)	Mak. Rüzgâr Hızı (km/sa)	Rüzgâr Yönü	Çiğ Noktası (°C)
15:30	23.0	23.7	23.7	0.0	25	8.0	16.1	GD	2.5
16:00	22.8	22.8	23.7	0.0	25	9.7	17.7	GD	1.7
Ortalama	22.9	23.3	23.7	0.0	25.0	8.9	16.9		2.1

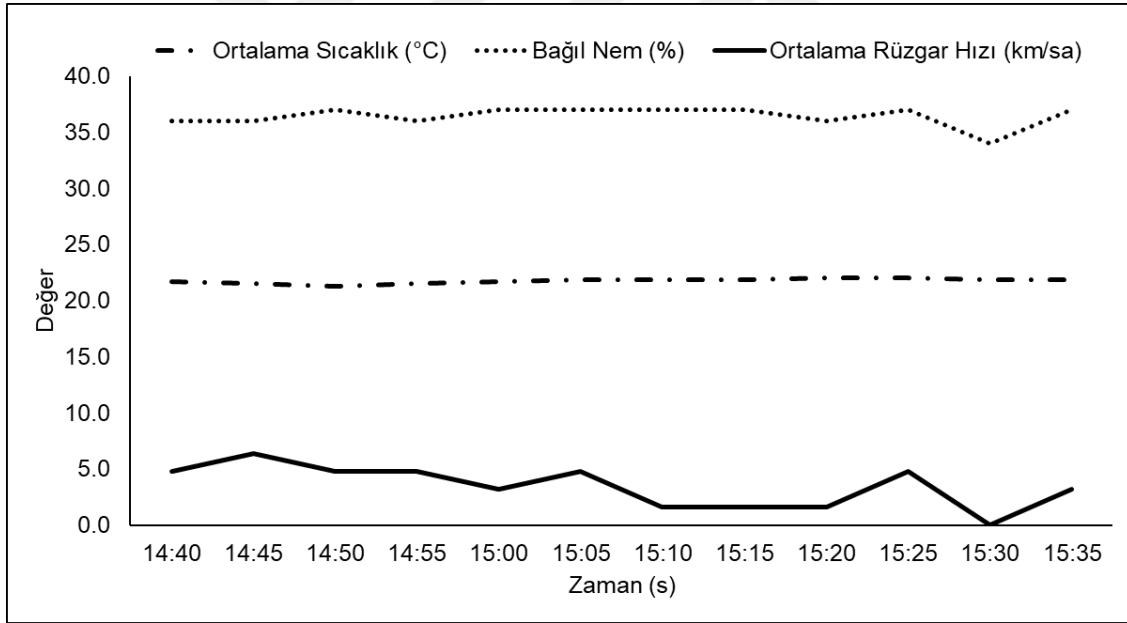


Şekil 58. Arpaalan deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik verilerin zamana bağlı değişimi

Arpaalan deneme alanında yakma uygulaması saat 15.00'da başlanmış, 16.00'da sona ermiştir. Deneme alanına ilişkin yangın anı meteorolojik veriler incelendiğinde, yangın anındaki ortalama sıcaklık 23,3 °C, bağıl nem % 25 ve ortalama rüzgâr hızı 8,9 km/sa'dır. Yakma süresince rüzgâr güneydoğu yönünden esmiş olup, yağış meydana gelmemiştir.

Tablo 6. Şerifebacı deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik veriler

Saat	Min Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Bağıl Nem (%)	Ort. Rüzgâr Hızı (km/sa)	Mak. Rüzgâr Hızı (km/sa)	Rüzgâr Yönü	Çiğ Noktası (°C)
14:40	21.6	21.7	21.7	0.0	36	3.2	9.7	GD	6.0
14:45	21.7	21.7	21.7	0.0	36	4.8	9.7	GD	6.0
14:50	21.5	21.5	21.7	0.0	36	6.4	11.3	GD	5.8
14:55	21.3	21.3	21.4	0.0	37	4.8	9.7	GD	6.0
15:00	21.3	21.5	21.5	0.0	36	4.8	9.7	G	5.8
15:05	21.4	21.7	21.7	0.0	37	3.2	9.7	GD	6.3
15:10	21.7	21.9	21.9	0.0	37	4.8	8.0	GD	6.6
15:15	21.9	21.9	21.9	0.0	37	1.6	6.4	GD	6.5
15:20	21.8	21.9	21.9	0.0	37	1.6	6.4	GD	6.5
15:25	21.9	22.0	22.0	0.0	36	1.6	6.4	GD	6.2
15:30	22.0	22.0	22.0	0.0	37	4.8	9.7	GD	6.6
15:35	21.9	21.9	22.0	0.0	34	0.0	4.8	D	5.4
15:40	21.9	21.9	21.9	0.0	37	3.2	8.0	GD	6.5
Ortalama	21.7	21.8	21.8	0.0	36	3.4	8.4		6.2

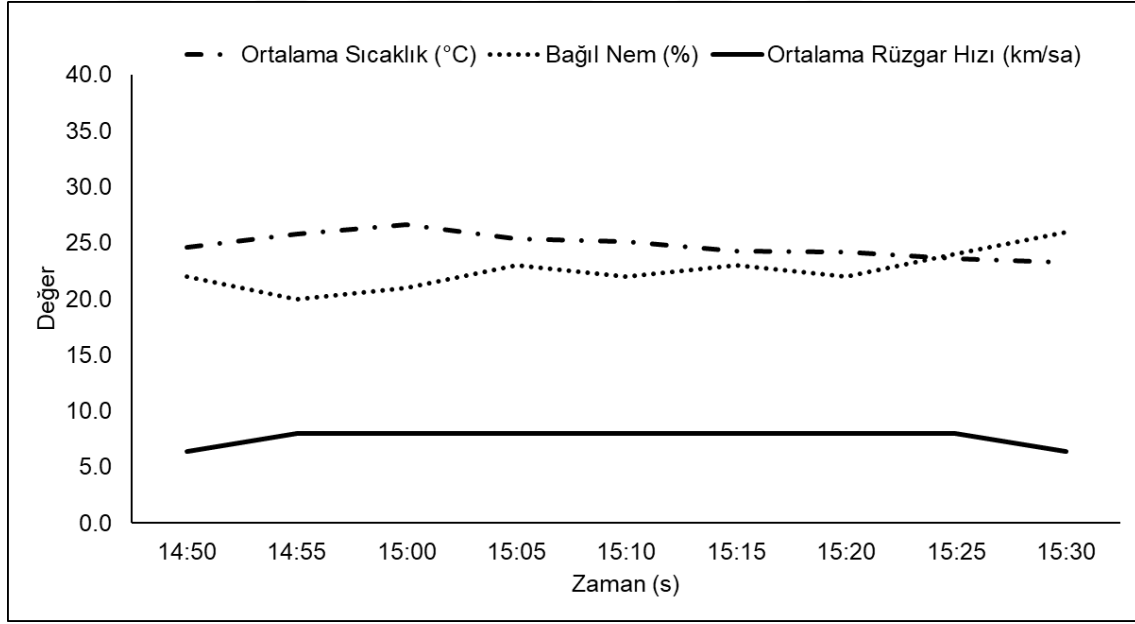


Şekil 59. Şerifebacı deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik verilerin zamana bağlı değişimi

Şerifebacı deneme alanında yakma uygulaması saat 14.35'de başlanmış, 15.30'da sona ermiştir. Deneme alanına ilişkin yangın anı meteorolojik veriler incelendiğinde, yangın anındaki ortalama sıcaklık 21,8 °C, bağıl nem % 36 ve ortalama rüzgâr hızı 3,5 km/sa'dır. Yakma süresince rüzgâr güneydoğu, güney ve doğu yönlerinden esmiş olup, yağış meydana gelmemiştir.

Tablo 7. Göktepe deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik veriler

Saat	Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Bağıl Nem (%)	Ort. Rüzgâr Hızı (km/sa)	Mak. Rüzgâr Hızı (km/sa)	Rüzgâr Yönü	Çiğ Noktası (°C)
14:50	23.8	23.9	23.9	0.0	21	6.4	11.3	B	0.3
14:55	23.9	24.6	24.6	0.0	22	6.4	11.3	B	1.4
15:00	24.6	25.8	25.8	0.0	20	8.0	11.3	B	1.1
15:05	25.8	26.6	26.6	0.0	21	8.0	12.9	B	2.4
15:10	25.4	25.4	26.6	0.0	23	8.0	11.3	B	2.7
15:15	25.1	25.1	25.4	0.0	22	8.0	12.9	B	1.9
15:20	24.3	24.3	25.1	0.0	23	8.0	14.5	B	1.8
15:25	24.2	24.2	24.3	0.0	22	8.0	11.3	B	1.1
15:30	23.6	23.6	24.2	0.0	24	8.0	11.3	B	1.8
15:35	23.2	23.3	23.5	0.0	26	6.4	9.7	KB	2.7
Ortalama	24.4	24.7	25.0	0.0	22	7.5	11.8		1.7



Şekil 60. Göktepe deneme alanı yangın anına ilişkin meteorolojik verilerin zamana bağlı değişimi

Göktepe deneme alanında yakma uygulaması saat 14.45'de başlanmış, 15.25'de sona ermiştir. Deneme alanına ilişkin yangın anı meteorolojik veriler incelendiğinde, yangın anındaki ortalama sıcaklık 25,0 °C, bağıl nem % 22 ve ortalama rüzgâr hızı 7,6 km/sa'dır. Yakma süresince rüzgâr batı yönünden esmiş olup, yağış meydana gelmemiştir.

3.2.3. Tanımlayıcı Alev Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tanımlayıcı alev özelliklerinden alev boyu, yakma uygulamaları esnasında belirli aralıklarla yapılan tespitler ve ağaç gövdelerinde oluşan alazlanma yükseklikleri dikkate alınarak ortalama bir değer olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Deneme alanlarına ilişkin tanımlayıcı alev özellikleri

Tanımlayıcı Özellik	Birim	Arpaalan			Şerifebacı			Göktepe		
		Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.	Min.	Ort.	Mak.
Alev Boyu	m	0.6	2.4	6.9	0.7	1.8	4.1	0.3	1.1	1.8

Deneme alanlarına ilişkin alev boyları incelendiğinde, arazi eğimi, kesim zamanı, yanıcı madde koşulları ve yanıcı madde tüketimindeki farklılıklara bağlı olarak, ortalama alev boyunun en yüksek Arpaalan, en düşük Göktepe deneme alanında olduğu görülmektedir.

3.2.4. Yanıcı Madde Tüketimine İlişkin Bulgular

Yanıcı madde tüketimi, yanıcı madde kaybına bağlı olarak belirlenmiştir. Bu amaçla, deneme alanlarında yangın öncesi ve sonrası yanıcı madde ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Deneme alanlarına ilişkin yangın öncesi ve sonrası yanıcı madde kayıpları

Yanıcı Madde	Birim	Arpaalan		Şerifebacı		Göktepe	
		Yangın Öncesi	Yangın Sonrası	Yangın Öncesi	Yangın Sonrası	Yangın Öncesi	Yangın Sonrası
Ölü Örtü	cm	2	2	5	5	6	1

Deneme alanlarına ilişkin yanıcı madde kayıpları incelendiğinde, ölü örtü birikimi en fazla Göktepe deneme alanında ölçülmüştür. Yakma uygulamalarından sonra deneme alanlarında ölü örtünün tamamına yakını tüketilmiş ve yüzeyi kül bakımından yoğun mineral toprak açığa çıkmıştır. Yangın öncesi ve yangın sonrası yanıcı madde miktarlarına göre yanıcı madde tüketimleri hesaplanmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Deneme alanlarına ilişkin yanıcı madde sınıfları itibariyle tüketim miktarları

Yanıcı Madde	Yangın Öncesi (kg/m ²)			Yangın Sonrası (kg/m ²)			Yanıcı Madde Tüketimi (kg/m ²)		
	A	Ş	G	A	Ş	G	A	Ş	G
A-Canlı Tek Yıllık Otsu Bitki	0.06	1.76	0.80	0.00	0.31	0.17	0.06	1.45	0.63
B-Ölü Örtü									
İYM	0.32	0.15	0.04	0.03	0.00	0.00	0.29	0.15	0.04
Humus	1.66	0.44	0.54	0.22	0.09	0.05	1.44	0.35	0.49
Kozalak	0.34	3.25	3.42	0.02	0.82	0.37	0.32	2.43	3.05
Kabuk	1.70	0.49	0.50	0.17	0.14	0.12	1.53	0.35	0.38
0-3 mm	0.11	0.03	0.16	0.00	0.01	0.03	0.11	0.02	0.13
3-6 mm	0.08	0.08	0.06	0.00	0.03	0.03	0.08	0.05	0.03
6-10 mm	0.05	0.07	0.07	0.00	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05
10-25 mm	0.17	0.24	0.24	0.00	0.15	0.06	0.17	0.09	0.18
>25 mm	0.04	0.32	0.32	0.00	0.30	0.28	0.04	0.02	0.04
Toplam	4.47	5.07	5.35	0.44	1.56	0.96	4.03	3.51	4.39
C-Kesim Artığı									
İbre	1.82	3.71	0.94	0.08	0.00	0.00	1.74	3.71	0.94
Kozalak	0.69	0.90	0.25	0.05	0.05	0.00	0.64	0.85	0.25
0-3 mm	0.72	0.13	0.26	0.03	0.00	0.01	0.69	0.13	0.25
3-6 mm	0.66	0.97	0.35	0.03	0.02	0.14	0.63	0.95	0.21
6-10 mm	0.54	0.73	0.32	0.05	0.24	0.11	0.49	0.49	0.21
10-25 mm	1.87	2.39	0.36	0.18	0.56	0.32	1.69	1.83	0.04
>25 mm	3.58	0.92	0.32	0.46	0.80	0.23	3.12	0.12	0.09
Toplam	9.88	9.75	2.80	0.88	1.67	0.81	9.00	8.08	1.99
Genel Toplam (A+B+C)	14.41	16.58	8.95	1.32	3.54	1.94	13.09	13.04	7.01

*İYM: İnce Yanıcı Madde, A: Arpaalan Deneme Alanı, Ş: Şerifebacı Deneme Alanı, G: Göktepe Deneme Alanı

Deneme alanlarına ilişkin yanıcı madde tüketimleri incelendiğinde, m²'deki toplam yanıcı maddenin %90,84'ü Arpaalan, %78,65'i Şerifebacı ve %78,32'si Göktepe deneme alanında tüketilmiştir. Tüketilen toplam yanıcı madde miktarı, topraktaki bitki besin maddesi dinamikleri bakımından oldukça önemlidir. Fakat yangın anındaki yangın şiddeti hesaplamalarında aktif yanıcı maddeler dikkate alınmaktadır. İnce yanıcı madde (İYM), kabuk (%10), kozalak (%10) ve ölü örtü katmanındaki ince çaplı dallar (<6 mm) aktif yanıcı maddeler olarak nitelendirilmiştir. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları esnasında aktif yanıcı maddelerin Arpaalan deneme alanında %93,14'ü, Şerifebacı deneme alanında %78,55'i ve Göktepe deneme alanında %83,28'i tüketilmiştir. Aktif yanıcı maddeler dışındaki kaba yanıcı maddeler, kor halinde zaman içerisinde tüketilmektedir.

3.2.5. Yangın Yayılma Oranına İlişkin Bulgular

Yangın cephesinin yayılma hızı olarak ifade edilen yangın yayılma oranı, cephe hattındaki hat yangının belirli bir süredeki ilerleme mesafesi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Hesaplanan yayılma oranı deneme alanının tamamını temsil edecek nitelikte ortalama bir değer olup, yakma uygulaması esnasında tutulan notlar ve video kayıtlar üzerinde yapılan analizlerle belirlenmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında yangın yayılma oranı Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için sırasıyla 3 m/dk, 2 m/dk ve 2 m/dk olarak tespit edilmiştir. Elde edilen yangın yayılma oranı değerleri yangın şiddetinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

3.2.6. Yangın Şiddetine İlişkin Bulgular

Yangın şiddeti hesaplamalarında en çok bilinen ve kabul gören yangın hattı şiddetini esas alan formüldür (Byram, 1959). Yangın şiddeti yanma ısı (kJ/kg), yanıcı madde tüketimi (kg/m^2) ve yayılma oranı (m/dk) parametreleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Aktif yanıcı maddeler yangın anındaki cari yangın şiddetini etkilemektedir. Dolayısıyla yangın şiddeti hesaplamalarında aktif yanıcı madde tüketim miktarları kullanılmıştır. Aktif yanıcı maddeler dışındaki yanıcı maddeler, kor halinde zaman içerisinde tüketildiğinden yangın şiddeti hesaplamalarında kullanılmamıştır. Tüm bu bilgiler ışığında yangın şiddeti Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için sırasıyla 600 kW/m, 300 kW/m ve 325 kW/m olarak tespit edilmiştir. Yangın şiddeti verileri incelendiğinde, deneme alanları arasında yangın şiddeti bakımından farklılıklar görülmektedir. Yangın şiddeti Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında yaklaşık aynı iken, Arpaalan deneme alanında daha yüksektir.

3.3. Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının toprak özellikleri üzerine olan etkisi, yangın öncesi ve yangın sonrasında belirli aralıklarla yapılan toprak örneklemleri ile ortaya konulmuştur. Söz konusu örneklemler Arpaalan deneme alanı için 3 yıl, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için ise 2 yıllık süreyi kapsamaktadır. Toprak özelliklerine ilişkin

bulgular kısmında, Tekstür (T), Hacim Ağırlığı (HA), Toprak Reaksiyonu (pH), Elektriksel İletkenlik (EC) ve Organik Karbon (C) miktarına ilişkin bulgular sunulmuştur.

3.3.1. Arpaalan Deneme Alanına Ait Bulgular

Arpaalan deneme alanından yakma uygulamalarından birkaç gün önce (YÖ), yakma uygulamalarını takiben bir ay içerisinde (YS), çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi ortası (VDO) ve sonu (VDS1) ile her yıl vejetasyon dönemi sonunda (VDS2 ve VDS3) toprak örneği alınmıştır. Deneme alanından çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi başında (VDB) Koronavirüs (Covid-19) pandemisi sebebiyle toprak örneği alınamamıştır. Her bir dönemde 12 adet toprak çukuru açılmış ve 4 farklı toprak derinliğinde örnekleme yapılmıştır. Toplamda 288 adet toprak (6×12×4) örneği alınmış ve analiz edilmiştir. Alınan toprak örneklerinin tekstür analizleri yapılmıştır. Belirlenen tekstür içerikleri dikkate alınarak işlem birimi ve derinlik kademesine göre toprak türleri tespit edilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Arpaalan deneme alanına ilişkin derinlik kademeleri itibariyle toprak türleri

Toprak Derinliği (cm)	K			Tİ			YK			Y		
	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)
0-5	46.82	15.96	37.22	53.44	23.35	23.21	49.74	17.93	32.33	55.75	13.87	30.38
5-15	52.29	15.50	32.21	52.00	16.80	31.20	52.15	17.80	30.05	50.25	17.75	32.00
15-30	53.07	22.16	24.77	52.43	16.13	31.44	52.28	19.79	27.93	55.43	17.83	26.74
30-50	51.08	24.17	24.75	51.59	18.01	30.40	50.15	21.87	21.87	50.55	24.35	25.10

*K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Arpaalan deneme alanı genel olarak toprak türü bakımından homojen bir yapıdadır. Deneme alanında toprağın alt derinlik kademelerinde kil miktarında bir artış söz konusudur. Ancak bu yapı standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellerde yapılan makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda bozulmuştur. Deneme alanında toprak türleri kumlu balçıktan kumlu killi balçığa kadar değişmiştir. Toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen HA, pH, EC ve C verileri; toprak derinliği, örnekleme zamanı ve işlem birimi bakımından istatistiksel olarak incelenmiştir. Deneme alanına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler Ek Tablo 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da sunulmuştur. Farklı derinlik

kademelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen veriler, örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından varyans analizi kullanılarak test edilmiştir (Tablo 12).

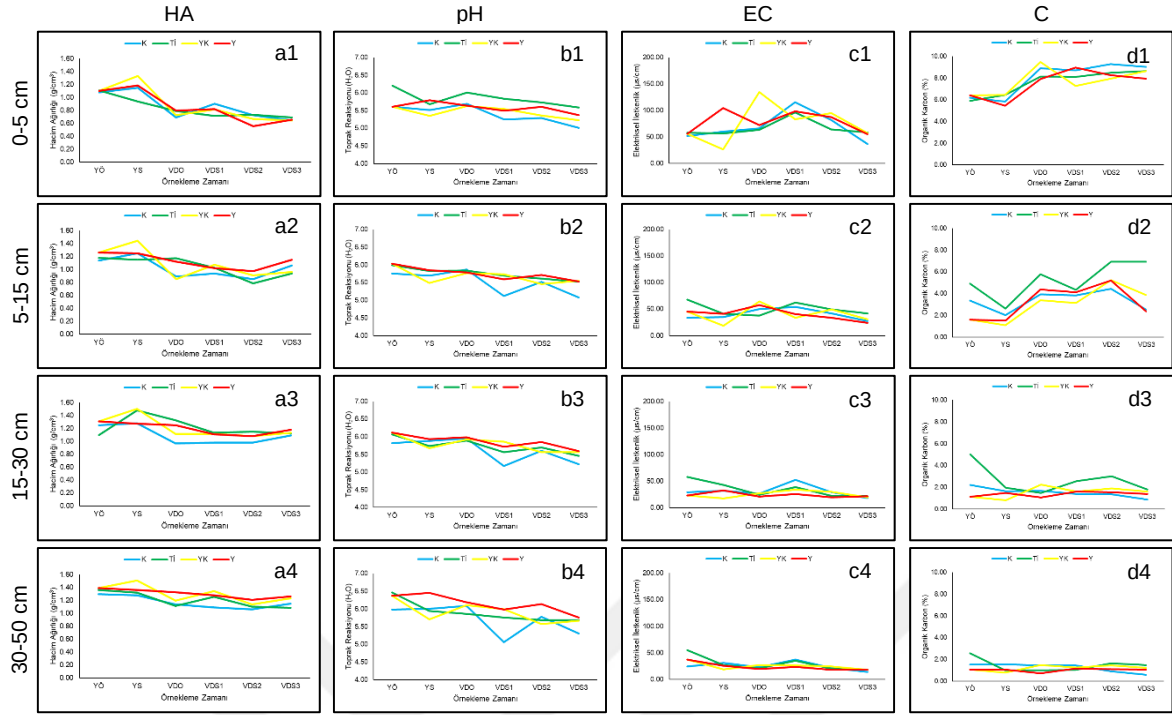
Tablo 12. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları

Toprak Derinliği (cm)	Faktör		Toprak Özelliği			
			HA (g/cm ³)	pH (H ₂ O)	EC (µs/cm)	C (%)
0-5	(a) Örnekleme Zamanı	f	70.215	5.976	5.539	7.887
		p	0.000	0.007	0.012	0.000
	(b) İşlem Birimi	f	0.294	5.649	0.678	0.460
		p	0.829	0.022	0.590	0.718
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	2.942	0.837	1.952	0.431
		p	0.003	0.572	0.123	0.960
5-15	(a) Örnekleme Zamanı	f	22.494	13.585	2.409	9.214
		p	0.000	0.000	0.128	0.001
	(b) İşlem Birimi	f	2.220	2.283	0.871	6.085
		p	0.163	0.156	0.495	0.018
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	2.687	2.069	1.009	1.022
		p	0.006	0.080	0.452	0.448
15-30	(a) Örnekleme Zamanı	f	31.347	16.046	8.381	3.097
		p	0.000	0.000	0.003	0.077
	(b) İşlem Birimi	f	8.851	2.296	4.428	11.648
		p	0.006	0.154	0.041	0.003
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	4.592	1.698	4.102	3.442
		p	0.000	0.091	0.011	0.025
30-50	(a) Örnekleme Zamanı	f	18.267	7.397	3.953	2.415
		p	0.000	0.005	0.072	0.101
	(b) İşlem Birimi	f	11.889	4.019	0.381	7.759
		p	0.003	0.051	0.770	0.009
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	1.397	1.389	0.707	3.552
		p	0.256	0.276	0.592	0.010

*f: Tablo Değeri, p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Toprak özelliklerinde ortaya çıkan farklılıkların belirlenmesi amacıyla, Post-Hoc çoklu karşılaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. Post-Hoc testlerine ilişkin tüm ilişkiler Ek Tablo 7, 8, 9, 10 ve 11’de sunulmuştur. Ayrıca toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde grafiksel tasarımlar (Şekil 61) ve özet tablolardan (Tablo 13) da faydalanılmıştır.



Şekil 61. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerinin işlem birimi ve toprak derinliğine göre zamansal değişimi

Tablo 13. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerinin yangın öncesi duruma göre değişimi

İşlem Birimi	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)					pH (H ₂ O)					EC (µs/cm)					C (%)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
K	0-5	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
	5-15	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-
	15-30	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
	30-50	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Tİ	0-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
	15-30	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
YK	0-5	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5-15	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+
	15-30	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+
	30-50	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Y	0-5	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
	5-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
	15-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+
	30-50	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-

*HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, 1: YS-YÖ, 2: VDO-YÖ, 3: VDS1-YÖ, 4: VDS2-YÖ, 5: VDS3-YÖ

**Yangın öncesi duruma göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) koyu gri dolgulu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Arpaapalan deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin bulgular, varyans analizi, Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçları, grafiksel tasarımlar ve yangın öncesi duruma göre zamansal değişim dikkate alınarak sentez bir yaklaşım ile ortaya konulmuştur. Toprak özellikleri arasında derinlik kademeleri itibariyle örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından farklılıklar bulunmuştur (Tablo 12). Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin HA, pH, EC ve C değerleri arasında yangın öncesi duruma göre zamansal bir değişim görülmektedir. Bu değişim, çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık teşkil etmemektedir (Şekil 61 ve Tablo 13).

Topraktaki HA'nın işlem birimleri ve derinlik kademeleri itibariyle yangın öncesi duruma göre değişimi incelendiğinde, genel olarak HA'da bir azalış söz konusudur. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimleri (YK ve Y) ile kontrol işlem biriminin ilgili derinlik kademesi arasında HA bakımından belirgin bir farklılık yoktur. Ancak makineli toprak işleminin gerçekleştirildiği işlem biriminde alt derinlik kademelerinde zamana bağlı bir artış gözlemlenmiştir (Tablo 13).

Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem biriminde pH azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ise pH'da kısa vadeli bir artış gözlemlenmiştir (Tablo 13). Üst derinlik kademesinde ortalama en yüksek toprak pH'ı toprak işleme işlem birimindedir (Ek Tablo 11).

Toprak işleme işlem biriminde üst derinlik kademesinde EC'de artış olmasına rağmen genel olarak EC yangın öncesi duruma göre azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ise EC'de zamana bağlı dalgalanmalar görülmekle birlikte, genel itibariyle yangın öncesi duruma göre bir artış gerçekleşmiştir. Ortalama EC değerleri bakımından işlem birimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. (Tablo 13).

Makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda üst toprak derinliklerinde C miktarı artmış, alt derinlik kademelerinde ise azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde kısmen azalışlar olmakla beraber, C miktarı yangın öncesi duruma göre artmıştır. Bu artış yangın işlem biriminde uzun vadede süreklilik göstermiştir (Tablo 13). Üst toprak derinliğinde en düşük ortalama C miktarı yangın işlem birimindedir (Ek Tablo 11).

3.3.2. Şerifebacı Deneme Alanına Ait Bulgular

Şerifebacı deneme alanından yakma uygulamalarından birkaç gün önce (YÖ), yakma uygulamalarını takiben bir ay içerisinde (YS), çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi başı (VDB), ortası (VDO) ve sonu (VDS1) ile her yıl vejetasyon dönemi sonunda (VDS2) toprak örneği alınmıştır. Her bir dönemde 12 adet toprak çukuru açılmış ve 4 farklı toprak derinliğinde örnekleme yapılmıştır. Toplamda 288 adet toprak (6×12×4) örneği alınmış ve analiz edilmiştir. Alınan toprak örneklerinin tekstür analizleri yapılmıştır. Belirlenen tekstür içerikleri dikkate alınarak işlem birimi ve derinlik kademesine göre toprak türleri tespit edilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Şerifebacı deneme alanına ilişkin derinlik kademeleri itibariyle toprak türleri

Toprak Derinliği (cm)	K			Tİ			YK			Y		
	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)
0-5	55.19	19.41	25.40	45.87	24.75	29.38	50.67	21.98	27.35	55.39	13.90	30.71
5-15	33.04	35.97	30.99	42.02	32.27	25.71	38.70	34.54	26.76	52.97	23.92	23.11
15-30	34.61	37.54	27.85	38.99	36.50	24.51	37.73	36.64	25.63	37.85	30.41	31.74
30-50	44.06	43.45	12.49	32.90	40.57	26.53	29.89	47.46	22.65	26.66	46.09	27.25

*K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Şerifebacı deneme alanı genel olarak toprak türü bakımından homojen bir yapıdadır. Deneme alanında toprağın alt derinlik kademelerinde kil miktarında bir artış söz konusudur. Bu yapı standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellerde yapılan makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda genel itibariyle bozulmamıştır. Deneme alanında toprak türleri kumlu killi balçıktan kile kadar değişmiştir. Toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen HA, pH, EC ve C verileri; toprak derinliği, örnekleme zamanı ve işlem birimi bakımından istatistiksel olarak incelenmiştir. Deneme alanına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler Ek Tablo 12, 13, 14, 15, 16 ve 17’de sunulmuştur. Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen veriler, örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından varyans analizi kullanılarak test edilmiştir (Tablo 15).

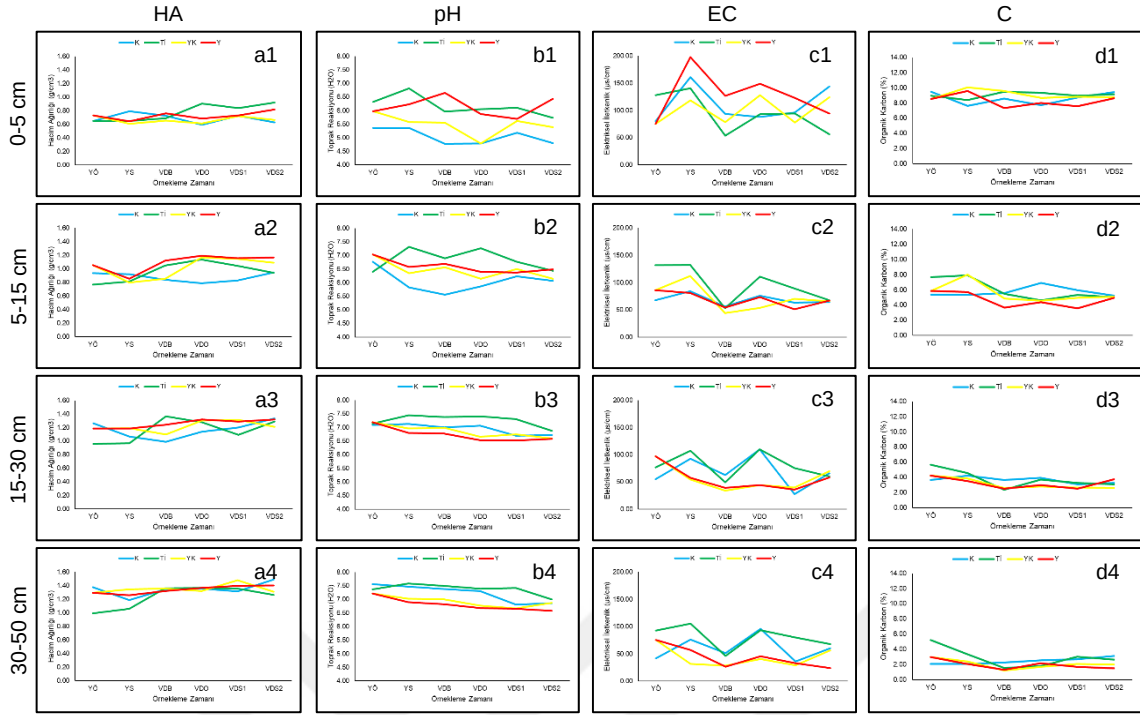
Tablo 15. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları

Toprak Derinliği (cm)	Faktör		Toprak Özelliği			
			HA (g/cm ³)	pH (H ₂ O)	EC (µs/cm)	C (%)
0-5	(a) Örnekleme Zamanı	f	0.537	3.738	3.203	0.212
		p	0.747	0.007	0.016	0.955
	(b) İşlem Birimi	f	2.022	12.021	3.376	0.628
		p	0.189	0.002	0.075	0.617
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	0.876	1.848	1.074	0.586
		p	0.594	0.061	0.408	0.868
5-15	(a) Örnekleme Zamanı	f	4.729	3.211	4.291	3.586
		p	0.002	0.016	0.037	0.009
	(b) İşlem Birimi	f	12.855	5.776	5.367	5.045
		p	0.002	0.021	0.026	0.030
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	2.201	3.338	0.630	1.275
		p	0.024	0.001	0.693	0.262
15-30	(a) Örnekleme Zamanı	f	5.760	5.541	9.751	5.520
		p	0.009	0.018	0.000	0.001
	(b) İşlem Birimi	f	7.344	4.109	6.548	1.985
		p	0.011	0.049	0.015	0.195
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	3.624	1.214	4.247	0.863
		p	0.012	0.353	0.000	0.607
30-50	(a) Örnekleme Zamanı	f	10.341	25.625	18.856	14.621
		p	0.001	0.000	0.000	0.001
	(b) İşlem Birimi	f	7.759	71.764	75.527	14.050
		p	0.009	0.000	0.000	0.001
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	3.870	3.549	7.200	5.132
		p	0.015	0.016	0.000	0.009

*f: Tablo Değeri, p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Toprak özelliklerinde ortaya çıkan farklılıkların belirlenmesi amacıyla, Post-Hoc çoklu karşılaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. Post-Hoc testlerine ilişkin tüm ilişkiler Ek Tablo 18, 19, 20, 21 ve 22’de sunulmuştur. Ayrıca toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde grafiksel tasarımlar (Şekil 62) ve özet tablolardan (Tablo 16) da faydalanılmıştır.



Şekil 62. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerinin işlem birimi ve toprak derinliğine göre zamansal değişimi

Tablo 16. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerinin yangın öncesi duruma göre değişimi

İşlem Birimi	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)					pH (H ₂ O)					EC (µS/cm)					C (%)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
K	0-5	+	+	-	+	-	=	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	5-15	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-
	15-30	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-
	30-50	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
Ti	0-5	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	5-15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	15-30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	30-50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
YK	0-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5-15	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	15-30	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-50	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Y	0-5	-	+	-	=	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+
	5-15	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15-30	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-50	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Ti: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, 1: YS-YÖ, 2: VDB-YÖ, 3: VDO-YÖ, 4: VDS1-YÖ, 5: VDS2-YÖ

**Yangın öncesi duruma göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) koyu gri dolgulu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin bulgular, varyans analizi, Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçları, grafiksel tasarımlar ve yangın öncesi duruma göre zamansal değişim dikkate alınarak sentez bir yaklaşım ile ortaya konulmuştur. Toprak özellikleri arasında derinlik kademeleri itibariyle örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından farklılıklar bulunmuştur (Tablo 15). Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin HA, pH, EC ve C değerleri arasında yangın öncesi duruma göre zamansal bir değişim görülmektedir. Bu değişim, çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık teşkil etmemektedir (Şekil 62 ve Tablo 16).

Toprak HA'sında makineli toprak işleminin gerçekleştirildiği işlem biriminde tüm derinlik kademelerinde zamana bağlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, uzun vadede süreklilik göstermiştir. Yangın kontrol işlem biriminde HA yangın öncesi duruma göre azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde kısmen azalışlar olmakla beraber, HA'da artış söz konusudur (Tablo 16).

Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem biriminde pH'da üst derinlik kademesinde bir azalış, alt derinlik kademelerinde ise artış görülmektedir. Yangın kontrol işlem biriminde pH zamana bağlı olarak azalırken, yangın işlem biriminde genel itibariyle artmıştır (Tablo 16). Üst derinlik kademesinde ortalama en yüksek toprak pH'ı toprak işleme işlem birimindedir (Ek Tablo 22).

Toprak işleme işlem biriminde kısmen artışlar olmasına rağmen genel olarak EC yangın öncesi duruma göre azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ise EC'de zamana bağlı artış gerçekleşmiştir (Tablo 16). Üst derinlik kademesinde ortalama EC değerleri bakımından işlem birimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (Ek Tablo 22).

Makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda üst toprak derinliklerinde C miktarı artmış, alt derinlik kademelerinde ise azalmıştır. Yangın kontrol işlem biriminde C miktarı yangın öncesi duruma göre artmıştır. Kontrollü ve amaçlı yakmaların gerçekleştirildiği işlem biriminde C miktarında kısa süreli bir artış olmasına rağmen uzun vadede dalgalanma göstermiştir (Tablo 16). Üst toprak derinliğinde en düşük ortalama C miktarı yangın işlem birimindedir (Ek Tablo 22).

3.3.3. Göktepe Deneme Alanına Ait Bulgular

Göktepe deneme alanından yakma uygulamalarından birkaç gün önce (YÖ), yakma uygulamalarını takiben bir ay içerisinde (YS), çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi başı (VDB), ortası (VDO) ve sonu (VDS1) ile her yıl vejetasyon dönemi sonunda (VDS2) toprak örneği alınmıştır. Her bir dönemde 12 adet toprak çukuru açılmış ve 4 farklı toprak derinliğinde örnekleme yapılmıştır. Toplamda 288 adet toprak (6×12×4) örneği alınmış ve analiz edilmiştir. Alınan toprak örneklerinin tekstür analizleri yapılmıştır. Belirlenen tekstür içerikleri dikkate alınarak işlem birimi ve derinlik kademesine göre toprak türleri tespit edilmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. Göktepe deneme alanına ilişkin derinlik kademeleri itibariyle toprak türleri

Toprak Derinliği (cm)	K			Tİ			YK			Y		
	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)
0-5	59.83	16.12	24.05	72.40	16.58	11.02	62.88	15.90	21.22	65.30	14.66	20.04
5-15	57.29	17.15	25.56	74.11	15.55	10.34	60.96	17.18	21.86	70.61	10.49	18.90
15-30	57.10	18.44	24.46	72.21	11.42	16.37	58.92	17.44	23.64	67.76	11.43	20.81
30-50	55.59	19.08	25.33	57.85	17.57	24.58	62.02	16.65	18.33	64.12	13.44	22.44

*K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Göktepe deneme alanı genel olarak toprak türü bakımından homojen bir yapıdadır. Bu yapı standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellerde yapılan makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda bozulmamıştır. Deneme alanında toprak türü kumlu balçıktır. Toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen HA, pH, EC ve C verileri; toprak derinliği, örnekleme zamanı ve işlem birimi bakımından istatistiksel olarak incelenmiştir. Deneme alanına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler Ek Tablo 23, 24, 25, 26, 27 ve 28’de sunulmuştur. Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin analizi sonucunda elde edilen veriler, örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı- işlem birimi etkileşimi bakımından varyans analizi kullanılarak test edilmiştir (Tablo 18).

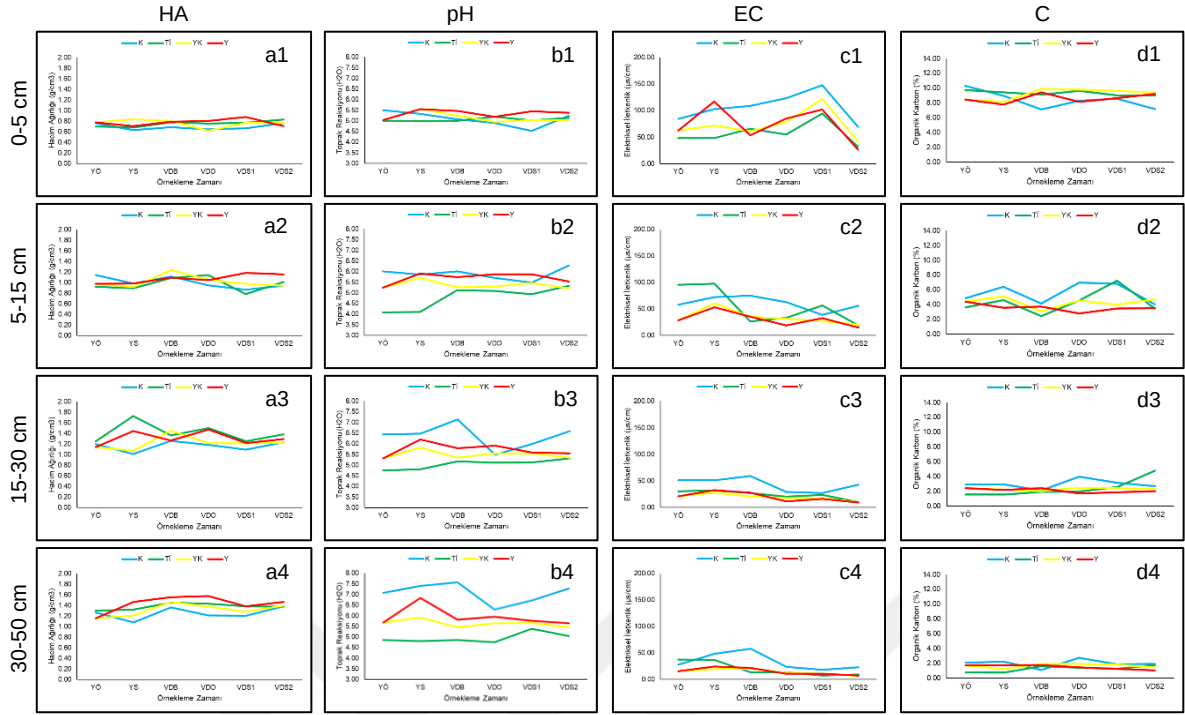
Tablo 18. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları

Toprak Derinliği (cm)	Faktör		Toprak Özelliği			
			HA (g/cm ³)	pH (H ₂ O)	EC (μs/cm)	C (%)
0-5	(a) Örnekleme Zamanı	f	0.615	1.918	5.107	0.556
		p	0.587	0.113	0.026	0.732
	(b) İşlem Birimi	f	0.847	1.624	12.836	3.487
		p	0.506	0.259	0.002	0.070
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	0.826	1.728	0.425	1.930
		p	0.585	0.084	0.826	0.049
5-15	(a) Örnekleme Zaman	f	2.770	2.243	14.543	3.770
		p	0.031	0.148	0.000	0.025
	(b) İşlem Birimi	f	2.285	10.693	49.805	3.052
		p	0.156	0.004	0.000	0.092
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	1.493	2.921	4.373	1.879
		p	0.154	0.051	0.012	0.109
15-30	(a) Örnekleme Zaman	f	2.945	4.490	15.733	1.169
		p	0.023	0.020	0.000	0.320
	(b) İşlem Birimi	f	13.469	24.484	41.583	2.829
		p	0.002	0.000	0.000	0.107
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	2.703	5.046	2.307	1.833
		p	0.006	0.002	0.018	0.202
30-50	(a) Örnekleme Zaman	f	23.818	25.597	62.914	3.928
		p	0.000	0.000	0.000	0.039
	(b) İşlem Birimi	f	24.622	1593.282	136.318	18.569
		p	0.000	0.000	0.000	0.001
	(c) Örnekleme Zamanı×İşlem Birimi	f	4.774	21.821	13.660	8.851
		p	0.009	0.000	0.001	0.000

*f: Tablo Değeri, p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Toprak özelliklerinde ortaya çıkan farklılıkların belirlenmesi amacıyla, Post-Hoc çoklu karşılaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. Post-Hoc testlerine ilişkin tüm ilişkiler Ek Tablo 29, 30, 31, 32 ve 33’de sunulmuştur. Ayrıca toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde grafiksel tasarımlar (Şekil 63) ve özet tablolardan (Tablo 19) da faydalanılmıştır.



Şekil 63. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerinin işlem birimi ve toprak derinliğine göre zamansal değişimi

Tablo 19. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerinin yangın öncesi duruma göre değişimi

İşlem Birimi	Derinlik (cm)	HA (g/cm ³)					pH (H ₂ O)					EC (µs/cm)					C (%)				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
K	0-5	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	5-15	-	-	-	-	-	-	=	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
	15-30	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-
	30-50	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Tİ	0-5	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	5-15	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-
	15-30	+	+	+	=	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	=	+	+	+	+
	30-50	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
YK	0-5	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+
	5-15	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+
	15-30	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-
	30-50	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-
Y	0-5	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+
	5-15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
	15-30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
	30-50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	=	+	-	-	-

*HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, 1: YS-YÖ, 2: VDB-YÖ, 3: VDO-YÖ, 4: VDS1-YÖ, 5: VDS2-YÖ

**Yangın öncesi duruma göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) koyu gri dolgulu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Göktepe deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin bulgular, varyans analizi, Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçları, grafiksel tasarımlar ve yangın öncesi duruma göre zamansal değişim dikkate alınarak sentez bir yaklaşım ile ortaya konulmuştur. Toprak özellikleri arasında derinlik kademeleri itibariyle örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından farklılıklar bulunmuştur (Tablo 18). Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin HA, pH, EC ve C değerleri arasında yangın öncesi duruma göre zamansal bir değişim görülmektedir. Bu değişim, çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık teşkil etmemektedir (Şekil 63 ve Tablo 19).

Toprak HA'sında makineli toprak işleminin gerçekleştirildiği işlem biriminde genel olarak tüm derinlik kademelerinde zamana bağlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, uzun vadede süreklilik göstermiştir. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde HA'da zamana bağlı artış ve azalışların olduğu dalgalanmalar görülmektedir (Tablo 19).

Topraktaki pH'ın işlem birimleri ve derinlik kademeleri itibariyle yangın öncesi duruma göre değişimi incelendiğinde, genel olarak pH'da bir artış söz konusudur. Üst derinlik kademesinde ortalama en yüksek toprak pH'ı yangın işlem birimindedir (Ek Tablo 33).

Toprak işleme işlem biriminde üst derinlik kademesinde EC'de artış olmasına rağmen genel olarak EC yangın öncesi duruma göre azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ise EC'de zamana bağlı dalgalanmalar görülmektedir (Tablo 19). Genel itibariyle ortalama EC değerleri bakımından işlem birimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. (Ek Tablo 33).

Makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda üst toprak derinliklerinde C miktarı azalmış, alt derinlik kademelerinde ise artmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde kısmen azalışlar olmakla beraber, C miktarı yangın öncesi duruma göre artmıştır. Bu artış yangın kontrol işlem biriminde uzun vadede süreklilik göstermiştir (Tablo 19). Üst toprak derinliğinde en düşük ortalama C miktarı kontrol işlem birimindedir (Ek Tablo 33).

3.4. Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimine İlişkin Bulgular

Tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimine ilişkin bulgular kısmında, gençlik başarı yüzdesi, fidan hayatta kalma oranı ile gelen gençliğin büyüme ve gelişimine ilişkin bulgular sunulmuştur.

3.4.1. Gençlik Başarı Yüzdesine İlişkin Bulgular

İşlem birimlerindeki parsellerde gençlik başarı yüzdesi, doğal gençleştirme sahalarında uygulanan fidan sayım yöntemine göre ortaya konulmuştur. Elde edilen gençlik başarı yüzdeleri işlem birimlerine göre değerlendirilmiştir (Tablo 20).

Tablo 20. Deneme alanlarına ilişkin gençlik başarı yüzdeleri

Deneme Alanı	İşlem Birimi	Gençlik Başarı Yüzdesi (%)		
		1. Yıl	2. Yıl	3. Yıl
Arpaalan	Tİ	30.00	8.06	2.78
	YK+Y	34.09	26.25	17.86
Şerifebacı	Tİ	85.00	87.50	-
	YK+Y	76.67	68.75	-
Göktepe	Tİ	87.50	83.33	-
	YK+Y	66.67	85.42	-

*Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Gençlik başarı yüzdelerine ilişkin bulgular incelendiğinde, Arpaalan deneme alanında genel olarak gençlik başarı yüzdeleri düşük olmakla birlikte, yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerde standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellere oranla daha fazla gençlik bulunmaktadır. Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında gençlik başarı yüzdeleri, Arpaalan deneme alanına oranla daha yüksektir. Bu deneme alanlarında ilk yıl vejetasyon dönemi sonunda standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellerde daha fazla gençlik bulunmaktadır. Ancak bu durum Göktepe deneme alanında bir sonraki yıl ortadan kalkmıştır.

3.4.2. Fidan Hayatta Kalma Oranına İlişkin Bulgular

İşlem birimlerinde yapılan müdahale şeklinin fidan hayatta kalma oranı üzerine olan etkisi, sabit örnek alanlar içerisinde bulunan fidanlarda gerçekleştirilen gözlemler ile ortaya konulmuştur. Söz konusu gözlemler Arpaalan deneme alanı için 3 yıl, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için ise 2 yıllık süreyi kapsamaktadır (Tablo 21).

Tablo 21. Deneme alanlarına ilişkin fidan hayatta kalma oranları

Deneme Alanı	İşlem Birimi	Tespit Edilen Birey Sayısı (Adet)	Hayatini Devam Ettiren Birey Sayısı (Adet)	Hayatini Devam Ettiremeyen Birey Sayısı (Adet)	Kaybolan Birey Sayısı (Adet)	Hayatta Kalma Oranı (%)	Birey Sayısı (Adet/ha)
2. Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu							
Arpaalan (Çs)	Tİ	107	50	29	28	46.73	2222
	YK	67	39	8	20	58.21	1733
	Y	130	82	14	34	63.08	3644
Şerifebacı (Çk)	Tİ	157	138	13	6	87.90	6133
	YK	45	38	7	0	84.44	1689
	Y	193	157	6	30	81.35	6978
Göktepe (Çs)	Tİ	172	160	8	4	93.02	7111
	YK	51	40	4	7	78.43	1778
	Y	181	149	21	11	82.32	6622
3. Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu							
Arpaalan (Çs)	Tİ	50	17	18	15	34.00	756
	YK	39	17	13	9	43.59	756
	Y	82	45	4	33	54.88	2000

*Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Fidan hayatta kalma oranlarına ilişkin bulgular incelendiğinde, Arpaalan deneme alanında yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerde fidan hayatta kalma oranları daha yüksektir. Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında ise standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellerde fidan hayatta kalma oranları daha yüksektir. Genel olarak yangın işlem birimlerinde bulunan birey sayıları, toprak işleme işlem birimlerinde bulunan birey sayıları ile yaklaşık aynı ya da daha fazladır. Birim alanda bulunan birey sayısı en az yanmadan kalan kısmi alanlardadır.

3.4.3. Gençliğin Büyüme ve Gelişimine İlişkin Bulgular

Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının fidan büyüme ve gelişimi üzerine olan etkisi, sabit örnek alanlar içerisinde bulunan fidanlarda gerçekleştirilen ölçümler ile ortaya konulmuştur. Söz konusu ölçüm ve gözlemler Arpaalan deneme alanı için 3 yıl, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için ise 2 yıllık süreyi kapsamaktadır.

3.4.3.1. Arpaalan Deneme Alanına Ait Bulgular

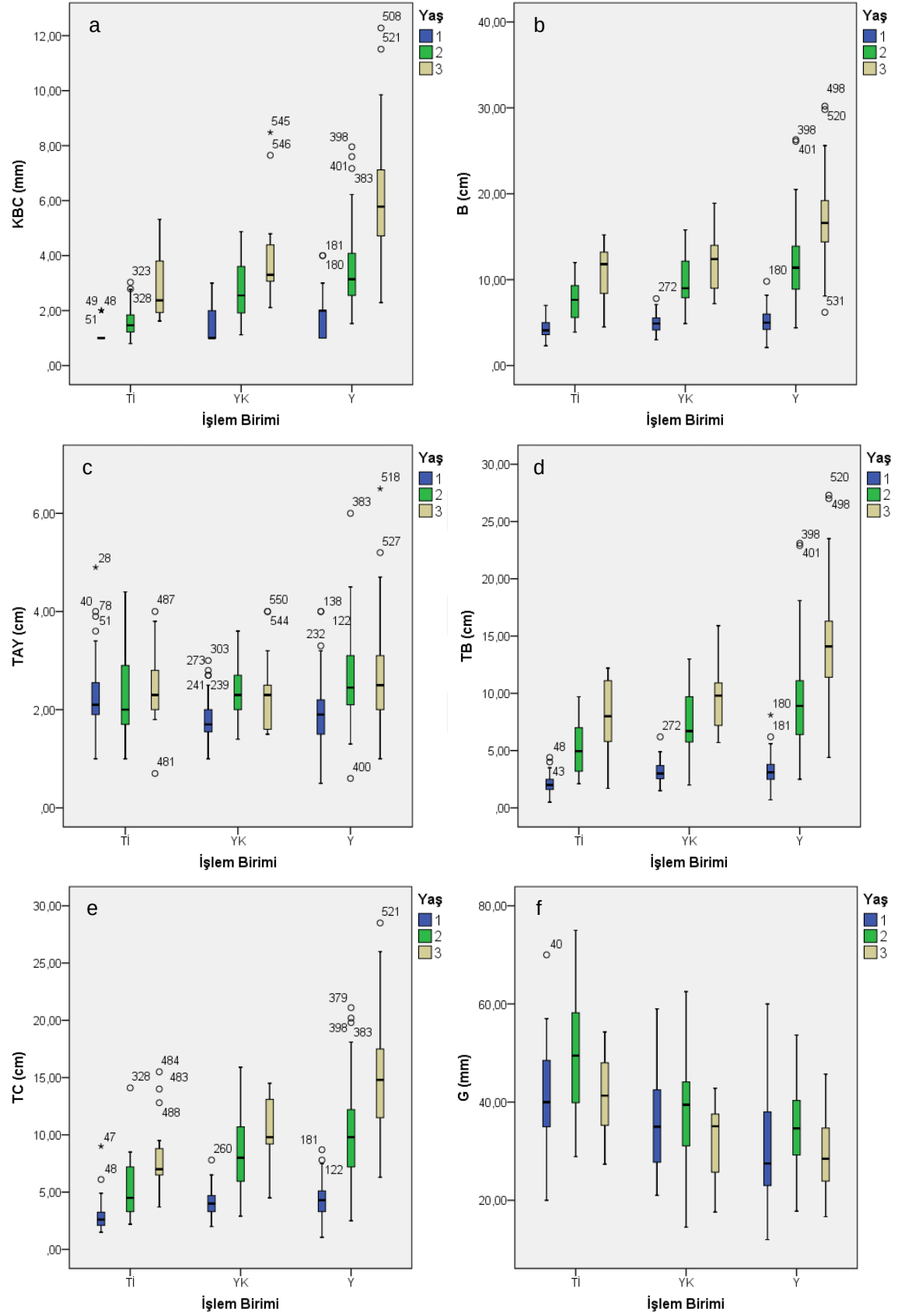
Arpaalan deneme alanında bulunan fidanların morfolojik özellikleri, çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi sonundan itibaren 3 yıllık süre ile takip edilmiştir. Elde edilen veriler işlem birimleri ve fidan yaşları dikkate alınarak istatistiksel olarak incelenmiştir (Ek Tablo 34). Fidan büyüme ve gelişine ilişkin ortalamaların kısa bir özeti Tablo 22’de sunulmuştur.

Tablo 22. Arpaalan deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin veriler

Morfolojik Özellik	Birim	1 Yaşlı			2 Yaşlı			3 Yaşlı		
		<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>	<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>	<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>
KBÇ	mm	1.07	1.49	1.84	1.58	2.80	3.46	2.82	3.96	6.05
B	cm	4.28	4.93	5.16	7.60	9.96	11.71	10.81	11.95	17.03
TAY	cm	2.23	1.80	1.93	2.25	2.29	2.59	2.48	2.33	2.64
TB	cm	2.05	3.13	3.23	5.35	7.67	9.12	8.32	9.62	14.29
TÇ	cm	2.83	4.07	4.38	5.20	8.51	10.07	8.16	10.64	15.13
Gİ	mm	40.83	35.65	31.19	49.27	38.15	34.82	40.52	32.33	29.55

*KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

Arpaalan deneme alanı fidan büyüme ve gelişimine ilişkin bulgular incelendiğinde, yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerdeki fidanların standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu parsellerdekilere oranla morfolojik özellikler bakımından daha gelişmiş oldukları görülmektedir (Tablo 22). İşlem birimlerinin tamamında ortalama gürbüzlük indeksi değerlerine göre kaliteli fidanlar bulunmaktadır. Ancak yangın parsellerindeki fidanların gürbüzlük indeksi değerleri, yangın görmeyen alanlara oranla daha düşüktür. Arpaalan deneme alanında bulunan 1, 2 ve 3 yaşlı karaçam fidanları için oluşturulan kutu grafik Şekil 64’de gösterilmiştir.



Şekil 64. İşlem birimi ve zaman faktörlerine göre KBC (a), B (b), TAY (c), TB (d), TC (e) ve Gİ (f) değişkenleri için oluşturulan kutu grafik

Sarıçam fidanlarının büyüme ve gelişimine ilişkin elde edilen veriler, varyans analizi kullanılarak test edilmiş ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Tablo 23)

Tablo 23. Arpaalan deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları

		KBÇ (mm)	B (cm)	TAY (cm)	TB (cm)	TÇ (cm)	Gİ (mm)
1. Yıl	f	52.700	19.192	14.374	56.611	52.704	28.317
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2. Yıl	f	48.406	23.224	3.941	21.555	32.678	35.716
	p	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000
3. Yıl	f	21.135	17.199	0.663	15.467	19.737	11.717
	p	0.000	0.000	0.518	0.000	0.000	0.000

*f: Tablo Değeri, p: Anlamlılık Düzeyi ($p=0.05$), KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p<0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, işlem birimlerinde bulunan 1, 2 ve 3 yaşlı sarıçam fidanları arasında, KBÇ, B, TAY, TB, TÇ ve Gİ bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Ancak üçüncü yıl vejetasyon dönemi sonunda işlem birimlerinde bulunan fidanlar arasında TAY bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Fidan büyüme ve gelişiminde ortaya çıkan farklılığın işlem birimi bakımından değerlendirilmesi amacıyla, alt gruplar oluşturulmuştur (Ek Tablo 35). Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde, genel olarak yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parseller en yüksek, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parseller ise en düşük ortalamaya sahiptir. Yanmadan kalan kısmi alanlarda bulunan fidanlar, ilk yıl yangın parsellerindeki fidanlara, devam eden süreçte ise toprak işleme parsellerindeki fidanlara yakın büyüme ve gelişim göstermiştir.

3.4.3.2. Şerifebacı Deneme Alanına Ait Bulgular

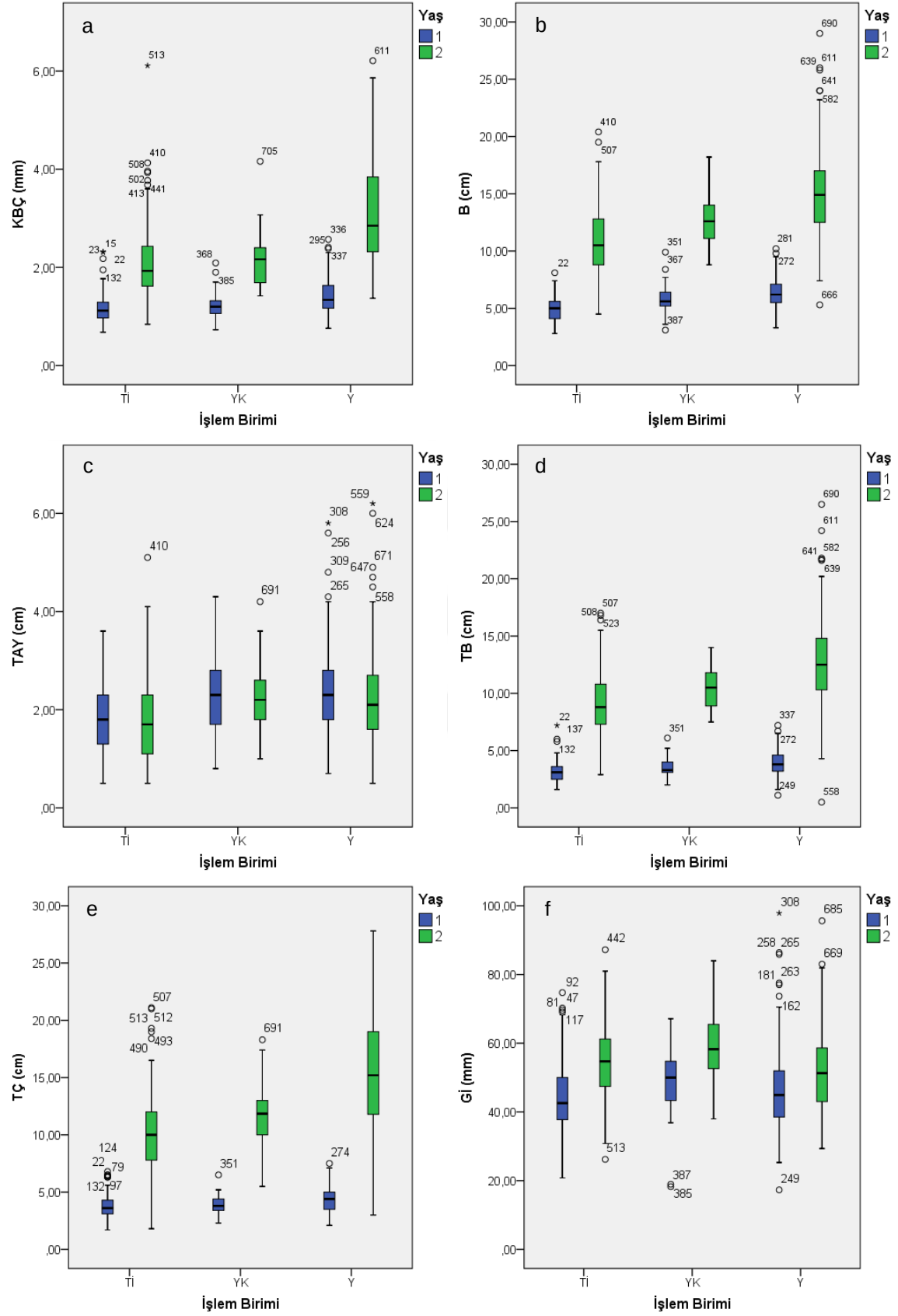
Şerifebacı deneme alanında bulunan fidanların morfolojik özellikleri, çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi sonundan itibaren 2 yıllık süre ile takip edilmiştir. Elde edilen veriler işlem birimleri ve fidan yaşları dikkate alınarak istatistiksel olarak incelenmiştir (Ek Tablo 36). Fidan büyüme ve gelişine ilişkin ortalamaların kısa bir özeti Tablo 24'de sunulmuştur.

Tablo 24. Şerifebacı deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin veriler

Morfolojik Özellik	Birim	1 Yaşlı			2 Yaşlı		
		<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>	<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>
KBÇ	mm	1.16	1.22	1.41	2.08	2.16	3.09
B	cm	4.98	5.83	6.35	10.96	12.55	15.16
TAY	cm	1.84	2.34	2.38	1.81	2.21	2.28
TB	cm	3.14	3.49	3.97	9.22	10.34	12.81
TÇ	cm	3.75	3.85	3.36	10.28	11.64	15.26
Gİ	mm	44.15	49.04	46.66	54.77	59.75	51.76

*KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

Şerifebacı deneme alanı fidan büyüme ve gelişimine ilişkin bulgular incelendiğinde, yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerdeki fidanların standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu parsellerdekilere oranla morfolojik özellikler bakımından daha gelişmiş oldukları görülmektedir (Tablo 24). İşlem birimlerinin ortalama gürbüzlük indeksi değerlerine göre deneme alanında ilk yıl kaliteli, ikinci yıl ise orta kaliteli fidanlar bulunmaktadır. Ancak yangın kontrol parsellerindeki fidanların gürbüzlük indeksi değerleri, yangın görmeyen alanlara oranla daha yüksektir. Şerifebacı deneme alanında bulunan 1 ve 2 yaşlı karaçam fidanları için oluşturulan kutu grafik Şekil 65’de gösterilmiştir.



Şekil 65. İşlem birimi ve zaman faktörlerine göre KBÇ (a), B (b), TAY (c), TB (d), TÇ (e) ve Gİ (f) değişkenleri için oluşturulan kutu grafik

Karaçam fidanlarının büyüme ve gelişimine ilişkin elde edilen veriler, varyans analizi kullanılarak test edilmiş ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Tablo 25)

Tablo 25. Şerifebacı deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları

		KBÇ (mm)	B (cm)	TAY (cm)	TB (cm)	TÇ (cm)	Gİ (mm)
1. Yıl	f	30.027	59.431	23.079	32.733	17.111	4.599
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
2. Yıl	f	49.522	60.276	10.630	46.252	53.651	8.679
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*f: Tablo Değeri, p: Anlamlılık Düzeyi ($p=0.05$), KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p<0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, işlem birimlerinde bulunan 1 ve 2 yaşlı karaçam fidanları arasında, KBÇ, B, TAY, TB, TÇ ve Gİ bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Fidan büyüme ve gelişiminde ortaya çıkan farklılığın işlem birimi bakımından değerlendirilmesi amacıyla, alt gruplar oluşturulmuştur (Ek Tablo 37). Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde, genel olarak yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parseller en yüksek, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parseller ise en düşük ortalamaya sahiptir. Yanmadan kalan kısmi alanlarda bulunan fidanlar ya toprak işleme parsellerindeki fidanlara yakın ya da toprak işleme ve yangın parselleri arasında büyüme ve gelişim göstermiştir.

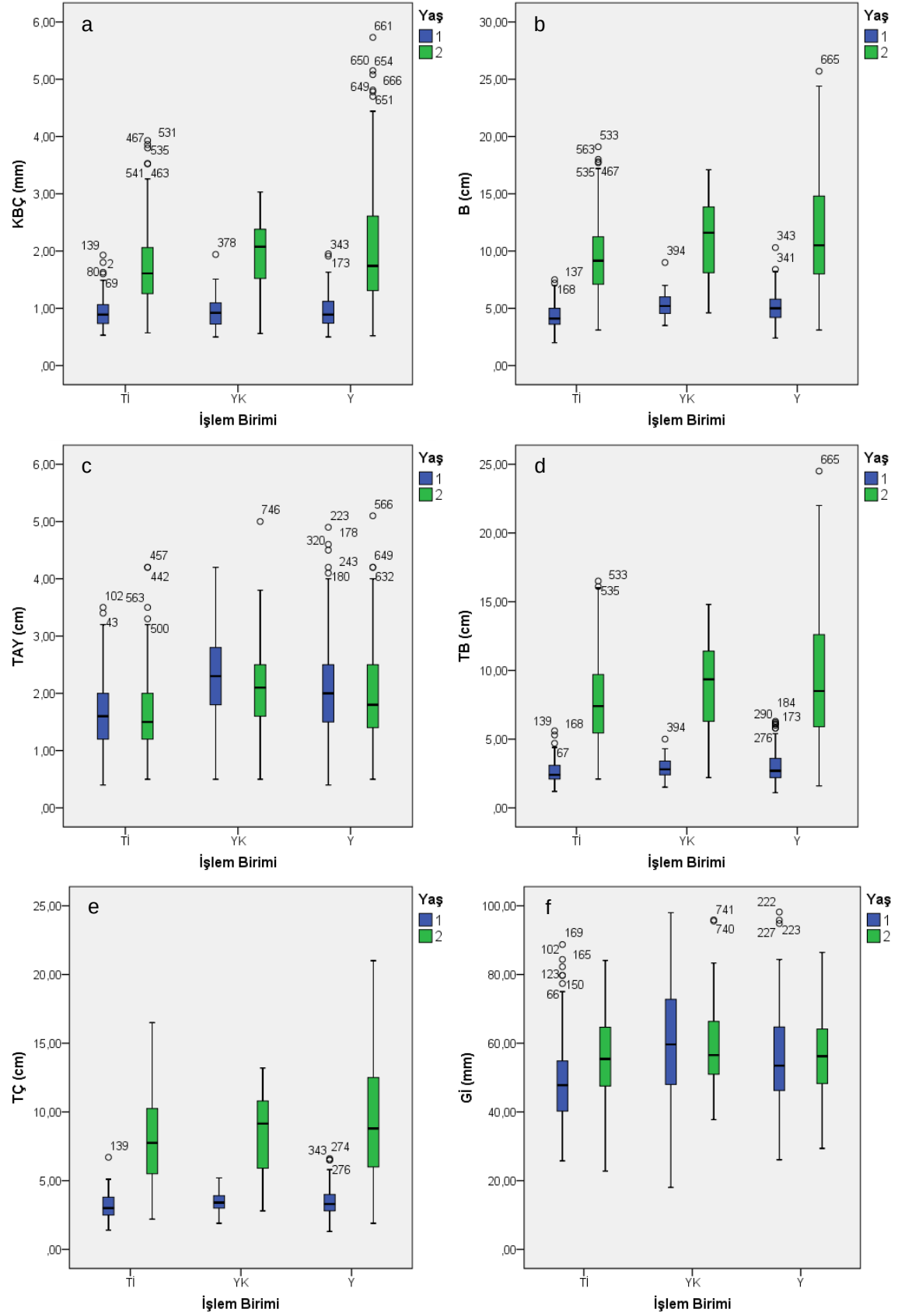
3.4.3.3. Göktepe Deneme Alanına Ait Bulgular

Göktepe deneme alanında bulunan fidanların morfolojik özellikleri, çimlenmelerin başladığı ilk yıl vejetasyon dönemi sonundan itibaren 2 yıllık süre ile takip edilmiştir. Elde edilen veriler işlem birimleri ve fidan yaşları dikkate alınarak istatistiksel olarak incelenmiştir (Ek Tablo 38). Fidan büyüme ve gelişimine ilişkin ortalamaların kısa bir özeti Tablo 26'da sunulmuştur.

Tablo 26. Göktepe deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin veriler

Morfolojik Özellik	Birim	1 Yaşlı			2 Yaşlı		
		<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>	<u>Tİ</u>	<u>YK</u>	<u>Y</u>
KBÇ	mm	0.91	0.95	0.95	1.74	1.95	2.11
B	cm	4.33	5.31	5.08	9.48	11.20	11.39
TAY	cm	1.70	2.38	2.08	1.67	2.17	1.96
TB	cm	2.64	2.93	3.00	7.81	9.03	9.43
TÇ	cm	3.16	3.43	3.43	8.01	8.49	9.43
Gİ	mm	48.80	59.92	55.37	56.20	59.87	56.66

Göktepe deneme alanı fidan büyüme ve gelişimine ilişkin bulgular incelendiğinde, yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parsellerdeki fidanların standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu parsellerdekilere oranla morfolojik özellikler bakımından daha gelişmiş oldukları görülmektedir (Tablo 26). İşlem birimlerinin tamamında ortalama gürbüzlük indeksi değerlerine göre orta kaliteli fidanlar bulunmaktadır. Ancak yangın kontrol parsellerindeki fidanların gürbüzlük indeksi değerleri, yangın görmeyen alanlara oranla daha daha yüksektir. Göktepe deneme alanında bulunan 1 ve 2 yaşlı sarıçam fidanları için oluşturulan kutu grafik Şekil 66'da gösterilmiştir.



Şekil 66. İşlem birimi ve zaman faktörlerine göre KBÇ (a), B (b), TAY (c), TB (d), TÇ (e) ve Gİ (f) değişkenleri için oluşturulan kutu grafik

Sarıraçam fidanlarının büyüme ve gelişimine ilişkin elde edilen veriler, varyans analizi kullanılarak test edilmiş ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Tablo 27)

Tablo 27. Göktepe deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları

		KBÇ (mm)	B (cm)	TAY (cm)	TB (cm)	TÇ (cm)	Gİ (mm)
1. Yıl	f	0.985	24.750	21.852	6.830	4.125	19.421
	p	0.375	0.000	0.000	0.001	0.017	0.000
2. Yıl	f	6.778	9.147	8.726	6.565	5.487	1.547
	p	0.001	0.000	0.000	0.002	0.005	0.214

*f: Tablo Değeri, p: Anlamlılık Düzeyi ($p=0.05$), KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p<0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, işlem birimlerinde bulunan 1 ve 2 yaşlı sarıçam fidanları arasında, B, TAY, TB ve TÇ bakımından; 2 yaşlı sarıçam fidanları arasında KBÇ bakımından; 1 yaşlı sarıçam fidanları arasında Gİ bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Ancak işlem birimlerinde bulunan fidanlar arasında birinci yıl vejetasyon dönemi sonunda KBÇ bakımından, ikinci yıl vejetasyon dönemi sonunda ise Gİ bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Fidan büyüme ve gelişiminde ortaya çıkan farklılığın işlem birimi bakımından değerlendirilmesi amacıyla, alt gruplar oluşturulmuştur (Ek Tablo 39). Post-Hoc çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde, genel olarak yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği parseller en yüksek, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parseller ise en düşük ortalamaya sahiptir. Yanmadan kalan kısmi alanlarda bulunan fidanlar, toprak işleme ve yangın parselleri arasında büyüme ve gelişim göstermiştir. Fidan büyüme ve gelişiminin deneme alanı düzeyinde değerlendirilebilmesi amacıyla oluşturulan özet tablo aşağıda sunulmuştur (Tablo 28).

Tablo 28. Deneme alanlarına ilişkin fidan özellikleri

Morfolojik Özellik	Birim	İşlem Birimi	Arpaalan			Şerifebacı		Göktepe	
			1 Yaşlı	2 Yaşlı	3 Yaşlı	1 Yaşlı	2 Yaşlı	1 Yaşlı	2 Yaşlı
KBÇ	mm	Tİ	1.07	1.58	2.82	1.16	2.08	0.91	1.74
		YK	1.49	2.80	3.96	1.22	2.16	0.95	1.95
		Y	1.84	3.46	6.05	1.41	3.09	0.95	2.11
B	cm	Tİ	4.28	7.60	10.81	4.98	10.96	4.33	9.48
		YK	4.93	9.96	11.95	5.83	12.55	5.31	11.20
		Y	5.16	11.71	17.03	6.35	15.16	5.08	11.39
TAY	cm	Tİ	2.23	2.25	2.48	1.84	1.81	1.70	1.67
		YK	1.80	2.29	2.33	2.34	2.21	2.38	2.17
		Y	1.93	2.59	2.64	2.38	2.28	2.08	1.96
TB	cm	Tİ	2.05	5.35	8.32	3.14	9.22	2.64	7.81
		YK	3.13	7.67	9.62	3.49	10.34	2.93	9.03
		Y	3.23	9.12	14.29	3.97	12.81	3.00	9.43
TÇ	cm	Tİ	2.83	5.20	8.16	3.75	10.28	3.16	8.01
		YK	4.07	8.51	10.64	3.85	11.64	3.43	8.49
		Y	4.38	10.07	15.13	3.36	15.26	3.43	9.43
Gİ	mm	Tİ	40.83	49.27	40.52	44.15	54.77	48.80	56.20
		YK	35.65	38.15	32.33	49.04	59.75	59.92	59.87
		Y	31.19	34.82	29.55	46.66	51.76	55.37	56.66

Fidan özelliklerine ilişkin bulgular incelendiğinde, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirilmiş olduğu yangın işlem birimlerinde bulunan fidanların daha gelişmiş oldukları görülmektedir. Fidan büyüme ve gelişiminin en az olduğu işlem birimleri, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu işlem biridir. Yanmadan kalan kısmi alanlarda, genel itibarıyla fidan yaşı ilerledikçe morfolojik özelliklerdeki artış oranları düşmüştür.

3.5. Maliyet ve Ekonomik Analize İlişkin Bulgular

İşlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyetlere ilişkin F-M analizleri yapılmıştır. Bu amaçla, saha hazırlığı safhasında katlanılan maliyetler ile gençleştirme süresince elde edilen veya edilecek muhtemel faydalar tespit edilmiştir. Makineli toprak işleminin gerçekleştirildiği işlem birimlerinde maliyetler doğrudan keşif özetlerinden temin edilmiştir. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimleri için maliyet hesaplamalarında kullanılan birim fiyatlar ORBİS vasıtasıyla elde edilmiş olup, Tablo 29’da sunulmuştur.

Tablo 29. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimleri için maliyet hesaplamalarında kullanılan gider tanımlarına ilişkin veriler

<u>Gider Tanımı</u>	<u>Deneme Alanı</u>	<u>Adet</u>	<u>Birim</u>	<u>Birim Fiyat (TL)</u>	<u>Çalışma Süresi (dk)</u>	<u>Mesafe (km)</u>	<u>Miktar (l)</u>
Araç Masrafları							
Arazöz	Arpaalan	1		210	310	-	-
	Şerifebacı	1	saat	234	60	-	-
	Göktepe	1		234	50	-	-
Su İkmal Tankeri	Arpaalan	-		-	-	-	-
	Şerifebacı	1	saat	348	60	-	-
	Göktepe	1		348	50	-	-
İlk Müdahale Aracı	Arpaalan	1		126	70	-	-
	Şerifebacı	1	saat	140	60	-	-
	Göktepe	2		140	100	-	-
Kazıcı Yükleyici	Arpaalan	1		285	60	-	-
	Şerifebacı	1	saat	317	60	-	-
	Göktepe	1		317	30	-	-
Pikap	Arpaalan	1		3.01	-	158.4	-
	Şerifebacı	1	km	3.47	-	28.8	-
	Göktepe	1		3.47	-	55.4	-
İşçilik Masrafları							
İşçi	Arpaalan	12		9.18	80	-	-
	Şerifebacı	8	saat	10.82	60	-	-
	Göktepe	13		10.82	50	-	-
Akaryakıt Masrafları							
Benzin	Arpaalan			7.02	-	-	5.0
	Şerifebacı		l	7.00	-	-	10.0
	Göktepe			7.00	-	-	10.0
Motorin	Arpaalan			6.61	-	-	5.0
	Şerifebacı		l	6.29	-	-	7.5
	Göktepe			6.29	-	-	7.5

Kontrollü ve amaçlı yakmaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde gider tanımları, araç, işçilik ve akaryakıt masraf kalemlerinden oluşmaktadır. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimleri ile kontrollü ve amaçlı yakmaların uygulandığı işlem birimlerine ilişkin maliyet verileri Tablo 30’da sunulmuştur.

Tablo 30. Toprak işleme ve yangın işlem birimlerine ilişkin katlanılan maliyetler ve tasarruf miktarları

Yapılan İşin Nevi	Deneme Alanı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
Standart Silvikültürel Uygulamalar					
A-Kesim artıklarının eşyükselti eğrilerine paralel olarak toplanması ve makineli toprak işleminin yapılması	Arpaalan	ha	2.20	2371.88	5218.14
	Şerifebacı	ha	1.40	2340.01	3276.01
	Göktepe	ha	3.40	2356.59	8012.41
	Toplam		7.00		16506.56
B-Gençlik bakımı (fidanların çevresinde ot alma ve çapalama yapımı)	Arpaalan	ha	2,20	605 (2021)	1331.00
				640 (2022)	1408.00
	Toplam		2.20		2739.00
C- Toplam yapılan maliyet (A+B)	Arpaalan		2.20	3616.88	7957.14
	Şerifebacı	ha	1.40	2340.01	3276.01
	Göktepe		3.40	2356.59	8012.41
	Toplam		7.00		19245.56
Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulamaları					
Düşük ve orta şiddetli örtü yangını uygulamalarının yapılması	Arpaalan	ha	2.90	943.94	2737.43
	Şerifebacı	ha	2.40	658.18	1579.63
	Göktepe	ha	1.20	433.05	519.66
	Toplam		6.50		4836.72
Tasarruf (%)					
	Arpaalan	ha	73.90		
	Şerifebacı	ha	71.87		
	Göktepe	ha	81.62		
	Toplam		75.52		

Saha hazırlığı safhasında katlanılan maliyetler incelendiğinde, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimlerinde toplam 19245,56 TL harcadığı görülmektedir. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği yangın işlem birimlerinde ise toplam maliyet 4836, 72 TL olmuştur. Arpaalan deneme alanında toprak işleme çalışmalarını takiben çimlenmelerin başladığı ilk yıldan itibaren gençlik bakımı çalışmaları yapılmıştır. Bu deneme alanında yapılan gençlik bakımı çalışmaları sadece toprak işleme işlem biriminde uygulanmış olup, yangın ve yangın kontrol işlem birimlerinde herhangi bir müdahale yapılmamıştır. Şerifebacı ve Göktepe Deneme alanlarında ise orman idaresi tarafından herhangi bir bakım çalışmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Gençleştirme çalışmalarında kullanılan standart silvikültürel ve mekanik uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimlerine göre kontrollü ve amaçlı yakmaların uygulandığı yangın işlem birimleri Arpaalan deneme alanında %73,90, Şerifebacı deneme alanında %71,87 ve Göktepe deneme alanında ise %81,62 daha

ekonomiktir. Deneme alanları değerlendirildiğinde, çalışma kapsamında gerçekleştirilen tasarruf miktarı %75,52'dir. Ayrıca yangın kullanımını dikkate alan yaklaşım ve uygulamada kullanılan gençleştirme metodu üzerinden, gençleştirme sürecine ilişkin genel bir değerlendirme yapılmıştır. Kullanılan yöntemle göre gençleştirme süresince elde edilen veya edilecek muhtemel gelirlerin NBD'leri belirlenmiştir (Tablo 31).

Tablo 31. Deneme alanlarında ait zaman-mekân düzenlemesi ve gençleştirme sürecinde kullanılan yöntemle göre toplam NBD'ler

Standart Silvikültürel Uygulama						Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulaması					
Uyg. Yılı	Kesim Nevi	Eta (ha/m ³)	Satış Ort. (USD)	Gelir (USD)	Gelir NBD (USD)	Uyg. Yılı	Kesim Nevi	Eta (ha/m ³)	Satış Ort. (USD)	Gelir (USD)	Gelir NBD (USD)
2019	TK	119	40	4760	18781	2019	TK	119	40	4760	22363
2022	IK	92	65	5980		2021	BK	249	75	18675	
2024	IK	94	65	6110							
2026	BK	63	64	4032							
2018	HK	118	42	4956	21809	2020	TK	202	32	6464	23770
2020	TK	84	32	2688		2022	BK	270	68	18360	
2024	IK	88	68	5984							
2028	IK	73	71	5183							
2033	BK	109	98	10682							
2020	TK	169	50	8450	28096	2020	TK	169	50	8450	28928
2025	IK	100	76	7600		2022	BK	275	79	21725	
2028	IK	50	112	5600							
2031	BK	125	96	12000							

*HK: Hazırlık Kesimi, TK: Tohumlama Kesimi, IK: Işık Kesimi ve BK: Boşaltma Kesimi, NBD: Net Bugünkü Değer

Deneme alanlarına ilişkin ilgili şefliğin zaman-mekân düzenlemesi tablosu incelendiğinde, Arpaalan, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları için gençleştirme sürelerinin sırasıyla 6, 15 ve 11 yıl olarak planlandığı görülmektedir. Gençleştirme çalışmalarına yakma uygulamalarının entgre edilmesi, bu süreyi 2 yıla kadar kısaltma olanağı sunmuştur. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının kullanımında, hazırlık kesimlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yaklaşımda tohumlama kesimlerini takiben yeterli gençlik elde edildiğinde alanın boşaltılması öngörülmektedir. Yangın kullanımının dikkate alındığı durumda, gençleştirme sürecinin sonunda elde edilmesi muhtemel toplam gelirin net bugünkü değeri daha yüksektir. Ancak bu değer standart silvikültürel uygulamalara göre önemli bir gelir farklılığı ortaya çıkarmamıştır.

4. TARTIŞMA

Yapılan çalışma kapsamında, saf Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının, tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma farklı silvikültürel uygulamaların ekonomik analizlerini de içermektedir. Bu bölümde, iki yıllık süre ile yapılan ölçüm ve gözlemler sonucunda elde edilen bulgular, mevcut çalışmalar eşliğinde değerlendirilerek ele alınmıştır. Tartışma bölümü, i) toprak özellikleri, ii) tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi, iii) maliyet ve ekonomik analiz ile iv) kontrollü ve amaçlı yakma uygulama prensipleri olmak üzere dört farklı kısımda sunulmuştur.

4.1. Toprak Özellikleri

Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının temel toprak özellikleri (T, HA, pH, EC ve C) üzerine olan etkisi, yangın öncesi ve yangın sonrasında belirli aralıklarla yapılan toprak örneklemeleri ile ortaya konulmuştur. Toprak türü (tekstür) toprak özelliklerini etkileyerek bitki gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır (Çepel, 1988; Kantarcı, 2000). Bu sebeple deneme alanlarından alınan toprak örneklerinin derinlik kademelerine ve işlem birimlerine göre toprak türleri tespit edilmiştir. Deneme alanları, her ne kadar standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği parsellerde yapılan makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda kısmen bozulmuş olsa da genel olarak toprak türü bakımından homojen bir yapıdadır. Deneme alanlarında ağırlıklı olarak balçık türündeki topraklar hâkimdir ve toprağın alt derinlik kademelerinde kil miktarında bir artış söz konusudur. Yangınların toprak tekstürü üzerine olan etkilerini belirlemeye yönelik yapılan birçok çalışmada, yangınlardan sonra toprak tekstüründe hemen hemen herhangi bir değişimin olmadığı ortaya konulmuştur (Alcañiz vd., 2018; Moya vd., 2019; Agbeshie vd., 2022). Kum (1414 °C), kil (400-800 °C) ve toz (1414 °C) yüksek ısı eşiklerine sahip olduğundan çoğunlukla yangınlardan etkilenmez (Neary vd., 2005). Aynı zamanda yangınlar da çoğunlukla toprak tekstürünü değişikliğe uğratabilecek sıcaklıklara ulaşamaz (Tan vd., 1986; Alcañiz vd., 2016; Alcañiz vd., 2018). Isı eşiği düşük olan kilin, yangınlardan az da olsa etkilendiğini belirleyen bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, 2-5 cm toprak derinliğindeki kilde bir miktar azalma olduğu (kil minerallerinin yaprakçık yapısının çökmesi), bu azalmanın da

kum ve toz miktarı lehinde bir artışa sebep olduğu ifade edilmiştir (Granged vd., 2011; Ihbar vd., 2014; Heydari vd., 2017). Bir diğer çalışmada, kararsız agregat oluşumları sebebiyle yangınlardan sonra topraktaki kum miktarının arttığı ancak bu etkinin geçici olduğu ve toprak tekstürünün kısa süre sonra (7 gün) yangın öncesi seviyeye döndüğü belirlenmiştir (Afif Khouri ve Oliveira Prendes, 2006). Benzer bir çalışmada, şiddetli orman yangınlarından sonra toprak tekstüründe görülen değişikliklerin, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarından (düşük şiddetli) sonra görülmediği tespit edilmiştir (Pierson vd., 2008). Dolayısıyla deneme alanları için toprak türleri, yangın öncesi toprak örneklerinde gerçekleştirilen tekstür analizi sonucunda tespit edilmiş olup, yangın sonrasında alınan toprak örneklerinde tekstür tayini yapılmamıştır. Tekstür içeriği toprak özelliklerinde meydana gelen değişiminin değerlendirilmesinde dikkate alınmıştır.

Toprak özelliklerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda toprak özellikleri arasında, toprak derinliği, örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı- işlem birimi etkileşimi bakımından farklılıklar bulunmuştur. Deneme alanları kendi dinamiklerine göre işlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyetlerden farklı şekillerde etkilenmiştir. Ayrıca işlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin etkisinin görüldüğü derinlik kademeleri de bir birinden farklıdır. Kontrol işlem birimi, herhangi bir müdahaleye tabi tutulmadığından, derinlik kademeleri itibarıyla yapısı bozulmamış toprak özelliklerinin zamansal değişimini ortaya koymaktadır. Toprak işleme işlem biriminde standart silvikültürel uygulama olarak makineli toprak işlemesi yapılmış, farklı derinlik kademelerindeki topraklar karıştırılmış ve toprak yapısı bozulmuştur. Bu sebeple toprak işleme işlem biriminde toprak özelliklerinin zamansal değişimi tüm derinlik kademeleri itibarıyla incelenmiştir. Yangın kontrol işlem birimi hem tohumlama kesimi yapılmış hem de etrafı yanmış olan alanlardaki toprak özelliklerinin zamansal değişimini göstermektedir. Bu işlem birimindeki toprak özelliklerinin zamansal değişimi daha çok üst derinlik kademeleri ile ilgilidir. Yangın işlem biriminde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları (düşük-orta şiddetli) gerçekleştirilmiştir. Yangınların toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin değerlendirildiği birçok çalışmada, mineral topraktaki yangına bağlı değişimlerin çoğunlukla 1-2 cm derinlikte gerçekleştiği, sıcaklık artışlarının ilk 5 cm için nadir olarak 150 °C'yi geçtiği ve genellikle çok şiddetli yangınlarda dahi 20-30 cm'nin altındaki derinlik kademelerinde toprak sıcaklığında herhangi bir değişimin olmadığı belirtilmiştir (DeBano, 2000; Certini, 2005; Neary vd., 2005). Dolayısıyla yangın işlem biriminde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesinde ilk

derinlik kademesi oldukça önemlidir. Tüm bu değerlendirmeler ışığında toprak özelliklerindeki zamansal değişim, her bir deneme alanı için işlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyete ve faaliyetin etkili olduğu derinlik kademesine göre değerlendirilmiştir.

Deneme alanlarında ortalama hacim ağırlığı toprak derinliğe bağlı olarak artmıştır. İşlem birimlerindeki HA'lar örnekleme zamanına göre farklılık göstermiştir. Bu farklılık alt derinlik kademelerinde daha belirgindir. Bazı derinlik kademelerinde HA üzerinde örnekleme zamanı ile işlem biriminin birlikte etkileşimi dahi söz konusudur. HA'da derinlik kademeleri itibarıyla yangın öncesi duruma göre zamansal bir değişim görülmektedir. Fakat bu değişimler çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlılık teşkil edecek düzeyde değildir. Genel olarak standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimlerinde HA, kontrol işlem birimine göre belirgin bir farklılık göstermiştir. Yangın kontrol ve yangın işlem birimlerinde ise belirgin olmamakla birlikte kontrol işlem biriminin ilgili derinlik kademesiyle kıyaslandığında, HA'da kısa ve uzun vadede artış ve azalışlar meydana gelmiştir. Makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda farklı derinlik kademelerindeki topraklar birbirine karışmıştır. Bu durum, toprak strüktürü ve gözenek yapısının bozulmasına sebep olmuştur. Toprak işleme işlem birimlerinde görülen HA değişimlerinin bu sebeplerden kaynaklanmış olması muhtemeldir (Hille, 2006; Heydari vd., 2017; Wieting vd., 2017; Verma vd., 2019; Lucas-Borja vd., 2020). Yangınların HA üzerine olan etkilerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen birçok çalışma bulunmasına rağmen bu etkiler tam anlamıyla ortaya konulabilmiş değildir (Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Zira HA, yangın şiddeti, yanma derinliği, yanıcı madde birikimi, yanıcı madde tüketimi, toprak tesktürü, toprak nemi gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Alcañiz vd., 2018). Benzer çalışmalarda olduğu gibi yakma uygulamalarından sonra HA'da yangın öncesi duruma göre dalgalanmalar görülmektedir (Fonseca vd., 2017; Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Bu dalgalanmalar, HA'nın zamana bağlı artması (Kennard ve Gholz, 2001; Granged vd., 2011), azalması (Brye, 2006; Chief vd., 2012) ya da değişmemesi (Agee, 1973; Meira-Castro vd., 2014) şeklinde gerçekleşmiştir. Topraktaki organik madde miktarı ile hacim ağırlığı arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır ve bu ilişki ters orantılıdır (Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Yangınlardan sonra topraktaki organik madde miktarının azalması, toprak agregatlarının parçalanmasına ve hacim ağırlığının artmasına sebep olmaktadır (Hubbert vd., 2006). Ayrıca kül ve yapısı çökmüş kil parçacıklarının toprak gözeneklerini doldurması, kısmen ayrılmış olan organik maddenin toprağa eklenmesi,

topraktaki su buharının genleşmesi ve toprak altı kök biyokütlesinin artması da hacim ağırlığını artıran sebeplerdendir (Chief vd., 2012; Downing vd., 2017; Alcañiz vd., 2018; Verma vd., 2019; Agbeshie vd., 2022). Yangın kontrol işlem birimlerinde meydana gelen dalgalanmaların ise komşu alanlardan taşınan kül ve kesimler sonrasında organik maddenin artan oranlarda ayrışması sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir.

Deneme alanlarında ortalama toprak pH'ı alt derinlik kademelerine doğru inildikçe artış göstermiştir. Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin pH değerleri arasında örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi bakımından farklılık bulunmuştur. pH'da derinlik kademeleri itibariyle yangın öncesi duruma göre zamansal bir değişim görülmektedir. Fakat bu değişimler çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı değildir. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde, kontrol işlem biriminin ilgili derinlik kademesiyle kıyaslandığında pH'da artış ve azalışlar gözlenmiştir. Yangın kontrol işlem birimlerinde kısmen artışlar olmakla beraber genel itibariyle pH değişmemiştir. Yangın işlem birimlerinde ise toprak pH'ı yangın öncesi duruma göre artmıştır. Bu artışlar kısa ve uzun vadeli olarak gerçekleşmiştir. Makineli toprak işlemlerinden, toprağın gözenek hacmi ve boyutu, kırıntı büyüklüğü, hacim ağırlığı, organik madde ayrışma süreci, toprak canlılarının yaşamı gibi birçok faktör etkilenmektedir (Çepel, 1985). Dolayısıyla bu değişimler topraktaki süreçleri (besin ekonomisi, hidrolojik süreçler, sıcaklık vb.) olumlu ya da olumsuz şekilde etkilemektedir. Özellikle pH bakımından farklılık gösteren toprak katmanlarının sürme sonucunda birbirine karıştırılması pH'ı değiştirmiştir. Yangınların topraktaki pH üzerine olan etkilerini belirlemeye yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Úbeda vd., 2005; Valkó vd., 2016; Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Organik maddenin yanarak inorganik forma geçmesi, toprak yüzeyinin bitki besin maddesi bakımından zengin kül tabakası ile kaplanması, hidroksil (OH^-) iyonunun artması, katyon salınımı gibi sebepler yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde mineral üst toprakta pH'ı artırmaktadır (Certini, 2005; Dzwonko vd., 2015; Akburak vd., 2018; Alcañiz vd., 2018; Francos vd., 2019; Hinojosa vd., 2021; Agbeshie vd., 2022). pH'daki artış, yangın şiddetine, yanma derinliğine, başlangıç pH değerine, organik maddenin besin maddesi içeriğine, biriken kül miktarına ve çevresel koşullara bağlı olarak farklılık göstermektedir (Neary vd., 2005; Alcañiz vd., 2016; Valkó vd., 2016). Deneme alanlarında pH'daki artışın belirgin bir şekilde ortaya çıkmaması, genel olarak toprakların işlem öncesi aşırı asidik ya da bazik olmamasıyla ilgilidir (Neary vd., 2005). Yangın kontrol işlem birimlerinde görülen kısmi değişimlerin yanan alan ile olan

etkileşim ve artan ayrışma faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülebilir. Toprak pH'ı bitki besin maddelerinin alınabilirliğini etkileyerek ekolojik bakımdan bitki beslenmesi üzerinde etkili olmaktadır (Neary vd., 2005; Roques vd., 2013; Bilgili, 2014). Deneme alanlarındaki toprak pH değerleri, bitki gelişimi açısından problem oluşturacak derecede asidik ($<3,5$ H₂O) değildir (Eruz, 1979).

Deneme alanlarında ortalama elektriksel iletkenlik değerleri toprak derinliği ile birlikte artmıştır. Toprak örnekleri arasında derinlik kademeleri itibariyle örnekleme zamanı ve işlem birimi bakımından farklılık görülmektedir. Derinlik kademelerinin bazılarında örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi de söz konusudur. Toprak işleme işlem birimlerinde kısmen artışlar olmasına rağmen, genel olarak EC yangın öncesi duruma göre azalmıştır. Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ise dalgalanmalar görülmekle birlikte, genel itibariyle EC'de yangın öncesi duruma göre bir artış gerçekleşmiştir. İşlem birimlerinde meydana gelen değişimler çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı değildir. Makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda farklı derinlik kademelerinde bulunan topraklar birbirine karıştırılmıştır. Bu sebeple standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde EC, derinlik kademeleri itibariyle zamana bağlı değişim göstermiştir. Benzer çalışmalarda da ortaya konulduğu üzere, organik maddenin yanması sonucu inorganik iyonların salınması ve toprak yüzeyini kaplayan külün toprağa karışması EC'nin artmasını sağlamaktadır (Certini, 2005; Alcañiz vd., 2016; Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Yangınların EC üzerine olan uzun vadeli etkileri tam anlamıyla ortaya konulabilmiş değildir. Ancak bazı çalışmalarda besin maddesi kaybına bağlı olarak EC'nin yangınlardan sonra azaldığı belirlenmiştir (Brye, 2006). Yangın işlem birimleri içerisinde yanmadan kalan kısmi alanlar da EC bakımından yanan alanlar ile yaklaşık aynı şekilde değişime uğramıştır. Topraklara ait EC değerleri incelendiğinde, deneme alanlarındaki topraklarda tuz oranı bitki gelişimi açısından problem oluşturacak derecede (>2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) yüksek değildir (Eruz, 1979; Dölarslan ve Gül, 2012).

Deneme alanlarında ortalama organik karbon miktarı toprak derinliğe bağlı olarak azalmıştır. Farklı derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinin C miktarları arasında örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından farklılık bulunmuştur. C miktarında derinlik kademeleri itibariyle yangın öncesi duruma göre zamansal bir değişim görülmektedir. Fakat bu değişimler çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı değildir. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği toprak işleme işlem birimlerinde derinlik kademeleri itibariyle C miktarında yangın öncesi duruma göre

dalgalanmalar görülmektedir. Yangın kontrol işlem birimlerinde kısmen azalışlar olmakla beraber, genel itibariyle C miktarı yangın öncesi duruma göre artmıştır. Kontrollü ve amaçlı yakmaların uygulandığı işlem birimlerinde C miktarı, yangın öncesi duruma göre ya kısa vadeli bir azalışın ardından artmış ya da kısa vadeli bir artışın ardından azalmıştır. Toprak, karasal ekosistemlerdeki en büyük karbon havuzlarıdır (Alcañiz vd., 2018). C miktarı toprak kalitesinin bir göstergesi olup, araştırmalara en çok konu edilen toprak özelliklerindendir (Hobley vd., 2017; Aaltonen vd., 2019). Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda, farklı derinlik kademelerinde bulunan organik maddece zengin ve fakir topraklar birbirine karıştırılmıştır. Bu sebeple özellikle alt derinlik kademelerinde ortalama C miktarı artmıştır. İşlenen topraklarda artan ayrışma hızına bağlı olarak C miktarında azalma meydana gelmektedir (Çepel, 1985). Yangınların C miktarı üzerine olan etkileri, yangın türü, yangın süresi, yangın sıklığı, yangın şiddeti, yanma derinliği, mevcut biyokütle miktarı, nem içeriği, ekosistemin durumu ve topografyaya göre değişmektedir (Reyes vd., 2015; Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Yangın şiddeti ve yanma derinliğinin yüksek olduğu yangınlardan sonra C miktarı azalmaktadır (Certini, 2005). Organik madde kaybına bağlı olarak 1-3 cm toprak derinliğinde %30-41 arasında C miktarında artışlar tespit edilmiştir (Brye, 2006; Armas-Herrera vd., 2016). Yangın şiddeti ve yanma derinliğinin düşük olduğu yangınlardan sonra ise topraktaki C miktarı artmakta ya da değişmemektedir (Bannett vd., 2014; Dzwonko vd., 2015; Agbeshie vd., 2022). Yanmamış veya kısmen yanmış (kömürleşmiş) olan parçalar ile yanmış olan biyokütleden çıkan külün toprağa karışması, düşük sıcaklık nedeniyle organik maddenin tamamen tüketilememesi gibi sebepler C miktarını artırmaktadır (Scharenbroch vd., 2012; Santín vd., 2017). Bazı çalışmalarda düşük şiddetli yangınlardan sonra C miktarında hiçbir değişikliğin olmadığı ya da istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişikliklerin meydana geldiği ortaya konulmuştur (Roaldson vd., 2014). Yangın kontrol işlem birimlerinde gerek etrafındaki yanan alan ile olan etkileşim sonucunda (rüzgâr ve yağış ile külün taşınması gibi) gerekse de tohumla kesimi sonrası artan ışık ve sıcaklığa bağlı ayrışma faaliyetleri sonucunda C miktarında dalgalanmalar gerçekleştiği düşünülmektedir.

Bitkilerin ideal bir büyüme ve gelişim gösterebilmesi için en az 17 adet bitki besin maddesine ihtiyacı vardır. Söz konusu bitki besin maddelerinin 14 adedi doğrudan toprakta bulunmaktadır. Kuşkusuz bitkilerin makro besin elementlerine olan ihtiyacı daha fazladır (Kaçar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017). Bu sebeple toprakta gerçekleştirilen

faaliyetlerin bitki besin maddesi dinamikleri ve dolayısıyla fidan büyüme ve gelişimi üzerine bir etkisi vardır. İşlem birimlerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin topraktaki bitki besin maddesi dinamikleri üzerine olan etkisi çalışma kapsamında değerlendirilmemiş olsa da bu konuda yapılmış farklı çalışmalar bulunmaktadır. Makineli toprak işleminde amaç, fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin iyileştirilmesi, tohumun başarılı bir şekilde çimlenerek fidan haline gelmesi ve daha sonrasında iyi bir büyüme ve gelişim göstermesi için ideal tohum yatağı koşullarının oluşturulmasıdır (Çepel, 1985; OGM, 2014b). Arzu edilen amaçlara ulaşılması, toprak işleminin tekniğine uygun olarak yapılmasına bağlıdır. Toprak işleminin uygun yapılmaması durumunda önemli olumsuzluklar yaşanabilir (Çepel, 1985). Yangınların toprak bitki besin maddesi dinamikleri üzerine olan etkisi birçok çalışmada ele alınmıştır (Certini, 2005; Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Yangın sonrasında organik maddenin yanmasıyla oluşan kül, faydalanılabilir formda olan bitki besin maddesi bakımından oldukça zengindir (Alcañiz vd., 2016). Mineral üst toprakta bulunan bitki besin maddelerinin külün toprağa karışmasıyla yangın sonrasında arttığı; yıkanma, bitkiler tarafından kullanım, külün erozyonla kaybı, buharlaşma (buharlaşma eşiği düşük olanlar) gibi nedenlerle ise azalarak belirli bir süre sonra yangın öncesi duruma döndüğü yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Certini, 2005; Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2022). Yangınların bitki besin maddesi dinamikleri üzerine olan etkileri değerlendirildiğinde en çok gündeme gelen konu azottur (Neyişçi, 1989). Çünkü azot, ekosistemlerdeki en sınırlayıcı bitki besin maddesidir (Agbeshie vd., 2020). Yangınların topraktaki toplam azot miktarı üzerine olan etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda farklı sonuçlar bulunmuştur (Agbeshie vd., 2022). Buharlaşma eşiğinin düşük olması ($>200\text{ }^{\circ}\text{C}$) sebebiyle genel olarak yangınlardan sonra toplam azot miktarında bir azalma söz konusu olabilir (Alcañiz vd., 2018; Agbeshie vd., 2020). Buharlaşmanın yanında külün erozyonu ve yıkanma da toplam azotu azaltmaktadır (Agbeshie vd., 2022) Ancak yangınlarda, toprağın 2-3 cm'lik kısmı dışında toprak sıcaklığında önemli bir artış meydana gelmemektedir (Alcañiz vd., 2018). Bu sebeple düşük şiddetli yangınlardan sonra çoğunlukla mineral topraktaki toplam azot miktarı ya değişmemekte ya da külün toprağa karışması sonucu artmaktadır (Úbeda vd., 2005). Toplam azotun aksine, topraktaki inorganik azot (amonyum ve nitrat) miktarı yangınlardan sonra artmaktadır (Neyişçi, 1986, 2009; Agbeshie vd., 2022).

4.2. Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi

Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi üzerine olan etkisi yıllık fidan ölçümleri ile ortaya konulmuştur. Gerçekleştirilen ölçüm ve gözlemler sonucunda, işlem birimleri arasında gençlik başarı yüzdesi ve fidan hayatta kalma oranları ile gelen gençliğin büyüme ve gelişimi bakımından farklılıklar bulunmuştur.

Arpaalan deneme alanında gençlik başarı yüzdeleri yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde daha yüksek olmasına karşın, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanları ile kıyaslandığında oldukça düşük kaldığı söylenebilir. Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ilk yıl daha fazla gençlik gözlemlenmiştir. Bu durum, Göktepe deneme alanında ikinci yılın sonunda ortadan kalkmıştır. Arpaalan deneme alanı dışında genel olarak makineli toprak işlemenin gerçekleştirildiği işlem birimlerinde, kontrollü ve amaçlı yakmaların gerçekleştirildiği işlem birimlerine oranla daha fazla fidan hayatiniyetini devam ettirmiştir. Genel itibariyle birim alandaki birey sayısı en fazla yangın işlem birimlerinde, en az yangın kontrol işlem birimlerinde tespit edilmiştir. Benzer birçok çalışmada da ortaya konulduğu üzere, karaçam ve sarıçam meşcerelerinde tohumun çimlenerek fidan haline gelmesini ve çimlenen fidanın hayatiniyetini devam ettirmesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır (Hille ve Den Ouden, 2004; Hancock M. H. vd., 2009; Lucas-Borja vd., 2016; Sagra vd., 2019). Dolayısıyla elde edilen sonuçlar değerlendirilirken her bir deneme alanı ve işlem biriminin kendine özgü dinamiklerinin dikkate alınması önemlidir.

Çam meşcerelerinde gençliğin başarılı bir şekilde alana getirilmesi, ideal tohum yatağı koşullarının oluşturulması ile mümkün olmaktadır (Haase, 1986). Bu koşulların oluşması, toprak yüzeyindeki tabakanın kaldırılarak mineral toprağın açığa çıkarılmasına bağlıdır (Burns ve Honkala, 1990; Genç, 2013; OGM, 2014b). Mineral toprağın açığa çıkarılmasında, farklı makinelerin kullanıldığı mekanik yöntem, çeşitli ilaçların kullanıldığı kimyasal yöntem ve yangın kullanımına dayalı alternatif yöntemler kullanılmaktadır. Kimyasal yöntemler yüksek maliyetleri ve çevreye olan olumsuz etkileri sebebiyle çoğunlukla tercih edilmemektedir. Makineli toprak işleme yaygın bir kullanım alanına sahip olup, gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı safhasında sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemde toprak işlemenin tekniğine uygun olarak yapılması oldukça önemlidir. Tekniğine uygun olarak yapılmayan toprak işleme yarardan ziyade zararlı bir etkiye sahip olmaktadır

(Çepel, 1985). Arpaalan deneme alanında görüldüğü üzere, tekniğine uygun olarak yapılmayan toprak işlemede ideal tohum yatağı koşulları oluşmamakta ve yeterli miktarda tohumda çimlenme gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla bu alanlarda gençlik başarı yüzdeleri düşük kalmıştır. Ayrıca bu şekilde gerçekleştirilen bir toprak işlemenin, ilerleyen yıllarda gençliği olumsuz yönde etkilediği ve fidan hayatta kalma oranlarının düşük kalmasına sebep olduğu düşünülmektedir (Çepel, 1985). Toprak işlemenin tekniğine uygun şekilde yapıldığı Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında, gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranlarının yüksek olması bu olasılığı destekler niteliktedir.

Gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı safhasında kullanılan bir diğer yöntem de kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarıdır. Deneme alanları için yanıcı madde tüketimleri ve yanma derinlikleri dikkate alındığında, yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde mineral toprağın açığa çıkarıldığı ve çimlenme koşullarının oluştuğu görülmektedir. Ancak yakma uygulamalarından sonra deneme alanlarında gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları farklılık göstermiştir. Söz konusu durumun ortaya çıkmasında yangın şiddetine bağlı yanıcı madde tüketimi, toprak özellikleri, tohum miktarı, kül, koruma gibi deneme alanı koşullarının etkili olduğu düşünülmektedir (Hancock M. H. vd., 2009; Lucas-Borja vd., 2016; Sagra vd., 2019). Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yanıcı madde tüketiminin tohum çimlenme ve fidan hayatta kalma oranları üzerinde etkili olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Reyes ve Casal, 2004; Hancock M. H. vd., 2009; Lucas-Borja vd., 2016; Sagra vd., 2019). Bu durum, deneme alanlarından elde edilen sonuçlar ile de uyumludur. Yanıcı madde tüketiminin az olduğu yakma uygulamaları sonrasında, alanda organik madde birikimi devam ettiğinden tohum çimlenme ve fidan hayatta kalma oranları düşmektedir. Ancak bu durumun kısa süreli olduğu, uzun vadede yanmış alanlarda gençlik başarı yüzdelerinin yükseldiği bilinmektedir (Hancock M. H. vd., 2009). Yanıcı madde tüketiminin artmasına bağlı olarak topraktaki besin maddesi artışı sebebiyle çimlenen fidanların hayatta kalma oranları artmaktadır (Tapias vd., 2001; Eugenio vd., 2006; Sagra vd., 2019). Fidan hayatta kalma oranları ile yangın şiddeti, yanıcı madde tüketimi ve toprak yüzeyinde biriken kül miktarı arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır (Izaki vd., 2000). Yangına bağlı toprak yüzeyindeki organik tabakanın yanması, fidanlar açısından faydalanılabilir su miktarını etkileyebilmektedir. Topraktaki suyun varlığı ile fidan büyüme ve gelişimi arasında pozitif bir ilişki vardır (Lucas-Borja vd., 2012). Yangın şiddetinin yüksek olduğu Arpaalan deneme alanı ile yangın şiddetinin nispeten düşük olduğu Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında bu durumu destekler nitelikte sonuçlar elde edilmiştir.

Gençlik başarı yüzdesi, Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları tebliği çerçevesinde uygulanan fidan sayım yöntemi esas alınarak belirlenmiştir (OGM, 2014b). Yöntem kapsamında bir önceki yıl çimlenen ve hayatiyetini devam ettiren fidanlar ile sayım yılı içerisinde çimlenen fidanlar birlikte değerlendirilmiştir. Dolayısıyla gençlik başarı yüzdesi bakımından çimlenmelerin başladığı ilk yıldan sonraki dönemler için tohum miktarları önem arz etmektedir. Deneme alanları için tohum kaynakları, tohum ağaçlarından dökülen, tohum takviyesinde kullanılan ve çevredeki ağaçlardan uçarak gelen tohumlardır. Özellikle tohum niteliğinin düşük ve çevreden gelen tohumların sınırlı olduğu durumlarda, tohum ağaçlarının önemi daha da artmaktadır. Yangın şiddetinin tohum ağaçlarının çevresinde artması ağaçların ölümüne ya da zarar görmesine sebep olmaktadır. Arpaalan deneme alanında yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde bulunan ağaçların tamamına yakını ölmüştür. Bu durumun Arpaalan deneme alanı için devam eden süreçte tohum miktarı üzerinde etkili olduğu ve gençlik başarı yüzdesini etkilediği düşünülmektedir.

Yanan alanlarda, yangın sonrası vejetasyon yoğunluğunun hızlı bir şekilde arttığı bilinmektedir (Tavşanoğlu, 2009). Beklenildiği şekilde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde, yangın sonrası tek yıllık otsu bitki yoğunluğu artmıştır. Bu durum, özellikle yerleşim birimine yakın olan Arpaalan deneme alanında otlatma baskısının artmasına sebep olmuştur. Hayvan zararının gençlik başarı yüzdesini etkilemesi muhtemeldir. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem biriminde tek yıllık otsu bitki yoğunluğu yok denenecek kadar az olduğundan, işlem biriminde önemli düzeyde bir hayvan zararı söz konusu değildir. Koruma probleminin olmadığı Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında, gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranlarının kabul edilebilir seviyede yüksek olması bu olasılığı desteklemektedir.

Birçok çalışmada yakma uygulamalarından sonra alanda tohum ve fidan zararlılarının yanmayan alanlara göre artış gösterdiği, bunun da ilk yıllarda çam türlerinin gençlik başarı yüzdesini etkilediğine dikkat çekilmiştir (Ordóñez J. L. ve Retena, 2004). Ancak çalışmalarda bu durumun kısa süreli olduğu ve uzun vadede (1-5 yıl) yanan alanlardaki fidan yoğunluğunun yanmayan alanlara göre arttığı belirtilmektedir (Lucas-Borja vd., 2012; Lucas-Borja vd., 2016; Sagra vd., 2019). Yangın kontrol işlem biriminde hem organik maddenin yanmaması hem de saha hazırlığına yönelik herhangi bir faaliyetin yapılmaması, toprağın çimlenme için ideal koşullara gelmesini engellemiştir. İşlem biriminde toprakta

taşınan külün etkisi ile bir iyileşme olsa da bu durum çimlenmeden ziyade fidan büyüme ve gelişimi üzerinde bir etki yapmıştır. Ayrıca ışık ve sıcaklık artışına bağlı ayrışma faaliyetlerinin kısa sürede gerçekleşmemesi de birim alandaki birey sayısının az olmasına sebep olmuştur.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında işlem birimlerinde yapılan faaliyetlerin etkisini ortaya koyma noktasında, gençlik başarı yüzdesi ve fidan hayatta kalma oranlarından ziyade birim alandaki birey sayısının dikkate alınması daha uygun olacaktır. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları tebliğine göre karaçam ve sarıçam için hektarda 2220-3100 adet fidan dikiminin yeterli olduğu düşünüldüğünde, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları ile yeterli fidan yoğunluğunun yakalandığı görülmektedir (OGM, 2014b). Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yakma uygulamalarının meşcere yapı ve toprak dinamiklerinde meydana getirdiği değişimlerin fidan büyüme ve gelişimi üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu bilinmektedir (Hille ve Den Ouden, 2004; Hancock M. H. vd., 2009). Dolayısıyla birçok çalışmada da ortaya konulduğu üzere, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları saha hazırlığı safhasında kullanılan ideal bir ön işlemdir (Weber ve Taylor, 1992; Drews ve Fredericksen, 2013; Fernandes vd., 2013).

Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu işlem birimlerine oranla kök boğazı kalın, boylu, tepe altı yerden yüksek, tepe boyu uzun ve tepe çapı geniş olan bireyler bulunmaktadır. Gürbüzlük indeksi değerleri dikkate alındığında fidanların genel olarak aynı kalite sınıfında (<50: kaliteli fidan, 50-60: orta kaliteli fidan, >60: kaliteli fidan (Aphalo ve Rikala, 2003; Gedik, 2019; Ayan, Civek, vd., 2020; Ayan, Gedik, vd., 2020)) yer aldığı görülmektedir. Yanmadan kalan kısmi alanlar, ilk yıl yangın işlem birimlerine yakın büyüme ve gelişim gösterirken, sonraki yıllarda ise ilk yıl elde ettiği avantajı kaybederek toprak işleme işlem birimlerine yakın büyüme ve gelişim göstermiştir. Bu bulgular literatür tarafından desteklenmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlarla uyumlu olarak, birçok çalışmada kontrollü ve amaçlı yakmalar sonrasında da genellikle daha iyi kök ve gövde gelişimi yapan başarılı bir gençlik geldiği tespit edilmiştir (Neyişçi, 1986, 1989; Hille ve Den Ouden, 2004; Hancock M. vd., 2005; Hancock M. H. vd., 2009). Yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde fidanların büyüme ve gelişiminin iyi olması, yangın sonrası tohum yatağı koşulları ile ilgilidir. Standart silvikültürel uygulamalar kapsamında yapılan makineli toprak işlemenin fidan büyüme ve gelişimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır (Nilsson vd., 2002; Hille ve Den Ouden, 2004; Hille, 2006). Ancak

makinelili toprak işleme ile karşılaştırıldığında yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde ilk yıllarda fidanlar hızlı bir büyüme ve gelişim göstermektedir (Skre vd., 1998; Hille ve Den Ouden, 2004). Bu durumun üst toprak katmanındaki alınabilir bitki besin maddesi yoğunluğu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Orman ağaçlarının çoğu, özellikle kozalaklı türler, en iyi çimlenmeyi mineral toprakta yapmaktadır (Atay, 1975). Kontrollü ve amaçlı yakamalar sonrasında meşçere kapalılığı kırılır ve organik madde ayrıştırılır. Bu durum toprağın bitki besin maddeleri açısından zengin hale gelmesine katkıda bulunur (Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüzer, 1988; Tufekcioglu vd., 2010; Tavşanoğlu ve Gürkan, 2014a; Alca niz vd., 2018; Kaptanoğlu vd., 2018;  beda vd., 2018). Yakma uygulamalarından sonra alanda bol tohum ve iğne yaprak dökümü görülür. Gözenekli iğne yaprak örtüsü ile kaplı k l tabakası ve mineral toprak, oldukça uygun bir çimlenme ortamı oluşturur (Neyişçi, 1986, 1989). Bu etkinin ortaya çıkmasında küldeki karbonun su tutucu etkisinin, koyu renkli yüzeyin termal etkisinin ve çimlenme yastığının fiziksel, kimyasal ( zellikle pH ve bitki besin maddeleri) ve biyolojik özelliklerindeki değişimin payı bulunmaktadır (Boydak vd., 1996; şirin ve Sarıbaşak, 1997; Alca niz vd., 2018). Yakma uygulamaları esnasında, fidanlarla rekabet içerisinde olabilecek diğer türler ve tohumları da çoğunlukla yanmaktadır (Drews ve Fredericksen, 2013). Tüm bu değişimler yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde fidan büyüme ve gelişimini olumlu yönde etkilediği düşülmektedir. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları hem tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişiminde hem de uygulamada kolaylık ve ekonomikliğin sağlanmasıda önemli katkılar sağlayabilmektedir.

4.3. Maliyet ve Ekonomik Analiz

Çalışmada, standart silvikültürel uygulamalar ile kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları fayda maliyet açısından karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca yangın kullanımını dikkate alan yaklaşım ve uygulamada kullanılan silvikültürel metot üzerinden, gençleştirme s reine ilişkin genel bir değerlendirme yapılmıştır. Saha hazırlığı safhasında kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının kullanılmasının, standart silvikültürel ve mekanik uygulamalara göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Gençleştirme çalışmalarına yakma uygulamalarının entgre edilmesi, gençleştirme süresini kısaltma ve elde edilmesi muhtemel geliri yükseltme olanağı sunmaktadır.

Karaçam ve sarıçam meşcerelerinin doğal gençleştirme çalışmalarında standart silvikültürel uygulama olarak büyük alan siper metodu kullanılmaktadır (Burns ve Honkala, 1990; OGM, 2014b). Bu metotta, toprağın tav hale getirilmesi, eşit siper durumunun sağlanması, ağaçların tohum tutmaya tahrik edilmesi ve zararlılara karşı korunması gibi amaçlarla hazırlık kesimleri uygulanmaktadır. Hazırlık kesimlerini takip eden ilk bol tohum yılında tohumlama kesimleri yapılmaktadır. Tohumlama kesimlerinin yapıldığı yılda bol tohum dökümü başlamadan önce tohumun, mineral toprakla buluşması, çimlenmesi ve köklenerek gençlik oluşturabilmesi için alanda saha hazırlığı çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Saatçioğlu, 1976; Genç, 2013; OGM, 2014b). Standart silvikültürel uygulamalarda saha hazırlığı safhası iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, toprak üzerindeki ölü ve canlı örtünün uzaklaştırılmasıyla mineral toprağın açığa çıkarılmasıdır. İkinci aşama ise mineral toprağın tohum çimlenme ve daha sonrasında fidan büyüme ve gelişimi için işlenmesidir (Genç, 2013). Toprak işleme çoğunlukla eğimin uygun olduğu alanlarda makineli toprak işleme (riper, pulluk, ekskavatör gibi) şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu durum çalışmada da ortaya konulduğu üzere, standart silvikültürel uygulamaların maliyetini artırmaktadır. Saha hazırlığı safhasında yapılan ortalama masrafın, makine, kimyasal veya her ikisinin birlikte kullanılması durumunda yangın kullanımına göre 20 kata kadar arttığı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Cleaves vd., 2002; Harrell ve Zedaker, 2010). Ülkemiz ekonomik koşulları dikkate alındığında, mekanik ve kimyasal uygulamaların maliyetli olacağı açıktır. Çalışma kapsamında yapılan ekonomik analizde de mekanik işlemler yakma uygulamalarına göre yaklaşık 4 kat daha maliyetli bulunmuştur. Ayrıca ekonomik maliyetin yanında, mekanik uygulamalar sonucunda yapılan tahribatın etkileri de son derece önemlidir. Saha hazırlığı safhasında dozer, ekskavatör gibi ağır ekipmanların kullanımının, kısa vadede toprak özelliklerini, uzun vadede toprak verimliliği olumsuz etkilediği bilinmektedir (Miller R. E. vd., 2004). Kimyasal uygulamalar ise genellikle hem çevreye olan etkisi hem de ekonomik olmayışı sebebiyle saha hazırlığı safhasında tercih edilmemektedir.

Çalışma ile karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yangın kullanımını dikkate alan ülkemiz ormanlığı için yeni bir gençleştirme yaklaşımı da gündeme getirilmiştir. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının kullanımında, yangınların meşcere yapı ve ekosistem dinamiklerinde meydana getirdiği olumlu etkiden yararlanılması amaçlanmaktadır. Bu durum, gençleştirme süresinin kısaltılması, maliyetin azaltılması ve elde edilecek toplam faydanın artırılması açısından önem arz etmektedir. Yangın kullanımını dikkate alan

yaklaşım, silvikültürel uygulamalarda ülkemiz için yeni bir bakış açısı ortaya koymaktadır. Gençleştirme çalışmalarında yangın kullanımı, uygulamada kullanılan büyük alan siper metoduna göre gençleştirme süresini kısaltması ve kesim nevilerini azaltması bakımından daha avantajlı görülmektedir. Gençleştirme süresinin kısalması meşcere büyüme ve gelişimini etkileyecektir. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği gençleştirme düzeninde saha henüz boşaltılmadan, muhtemelen yakma uygulamalarının kullanımı ile gençleştirilen meşcereler sıklık çağına gelmiş olacaktır. Meşcere gelişim sürecinde bu durum ekonomik açıdan önemli bir kazanım sağlayacaktır. Aynı şekilde kesim nevilerinin azaltılması da her bir kesim için alana gidilmesi gerekliliğini ve oluşacak olan maliyetleri ortadan kaldıracaktır. Kaldı ki kullanılan silvikültürel metotlar arasında maddi fayda bakımından önemli bir farklılık bulunmamakta, hatta yangın kullanımının dikkate alındığı durumda elde edilecek gelir daha yüksek olmaktadır. OGM'nin 2023 yılındaki bütçesinde 32000,40 ha'ı tabii tensil, 9344,90 ha'ı suni tensil olmak üzere toplam 41345,30 ha tensil sahası bulunmaktadır. Tabii tensil alanları için yaklaşık maliyet 253 709 400,00 TL, suni tensil için ise 107 813 280,00 TL'dir (URL-13, 2021). Bu alanların yaklaşık yarısının çam ekosistemlerinde olduğu düşünülürse, sağlanacak faydanın oldukça yüksek olacağı öngörülebilir. Ayrıca yangın kullanımındaki para ile ifade edilemeyen faydalarda (çevre, toprak, tohum, fidan büyüme ve gelişimi üzerine olan etkiler gibi) göz ardı edilmemelidir.

4.4. Kontrollü ve Amaçlı Yakma Uygulama Prensipleri

Mevcut çalışma ile yangınları daha iyi anlama ve analiz etme becerisinin kazandırılması ve bir yönetim aracı olarak yangın kullanım potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmada, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları yangın öncesi, yangın esnası ve yangın sonrası yapılan ölçüm ve gözlemler ile detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu bağlamda, yakma uygulamalarında karşılaşılan problemler, bulunan çözümler ve edinilen tecrübe tüm yönleri ile kontrollü ve amaçlı yakma prensipleri olarak sunulmuştur.

Başarılı bir yakma uygulaması için ilk yapılması gereken şey, yakmanın gerçekleştirileceği alanın önceden detaylı olarak analiz edilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasıdır. Zira deneme alanında yapılan çalışmalar, yakma uygulamasından beklenen amaçtan uygulamanın sağlıklı ve tehlikesiz bir şekilde tamamlanmasına dek geniş bir yelpazede süreci etkilemektedir (Wade ve Lunsford, 1989; Waldrop ve Goodrick, 2012;

Rizza vd., 2022). Her ne kadar yakmalar risk oluşturacak alanlarda planlanmasa da yangın emniyeti ile ilgili gerekli tüm tedbirlerin alınması gereklidir. Çoğunlukla yakma uygulamalarının gerçekleştirileceği parsellerin etrafında mineral toprağın açığa çıkarıldığı bir yangın emniyet yolunun tesis edilmesi yeterli olmaktadır. Yangın emniyet yolları mümkün olduğunca kıvrımların olmadığı düz hatlar şeklinde açılmalıdır. Aksi takdirde kıvrım noktaları yangının güvenlik şeridini aşma riskini artırmaktadır. Bu yollardan hem yanıcı madde sürekliliğinin kırılmasında hem de ulaşımda faydalanılmaktadır. Yolların genişliği gerek yangın emniyeti gerekse de yakma tekniği gereği (karşı ateş uygulamasında baş yangınına müdahale etmek gibi) alanda bulunması gereken arazöz ve ilk müdahale ekiplerinin girebileceği kadar (~3 m) olmalıdır. Yangın işlem birimlerindeki parsellerin etrafına derinliği ve genişliği fazla olan yol ve şeritlerin tesis edilmesine ihtiyaç yoktur. Aynı şekilde yangın emniyet yollarının üzerinde el aletleri ile donatılmış bir yangın ekibinin bekletilmesi yangının takibi (parsellerin dışına atan yangının nokta yangını şeklinde yanması ya da tütmesi gibi) bakımından önemlidir. Özellikle herhangi bir olumsuzluğun yaşanmaması için Acil Çağrı Merkezi, Orman Yangın İhbar Hattı, itfaiye, jandarma, emniyet, adli makamlar ve civardaki köy muhtarlıklarına yakma zamanı, mevkisi ve süresi hakkında gerekli bilgilendirmeler yapılmalıdır. Bu durum eşgüdüm açısından oldukça önemlidir.

Yakma uygulamalarından sonra deneme alanlarında herhangi bir olumsuzluk yaşanmamıştır. Ancak Arpaalan deneme alanında bulunan (önceki bakım müdahaleleri ve kaçak kesimlerden kalan) kuru dip kütükler yakma uygulamalarından sonra içten içe yanmaya devam etmiştir. Bu tip yaşlı meşcerelerde yakma uygulamalarından sonra alan belirli aralıklarla kontrol edilmeli ve müdahale gerektiren yerlerde soğutma çalışması yapılmalıdır. Aksi takdirde yangın kökleri içerisinde toprak altından ilerleyerek başka alanların yanmasına sebep olabilir.

Yakma zamanı ulaşılmak istenen amaca göre belirlenmektedir. Çalışma kapsamında kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının fidan büyüme ve gelişimi üzerine olan etkisi araştırıldığından alanda takip edilecek kadar fidanın bulunması amaçlanmıştır. Dolayısıyla alanda çimlenebilir tohum miktarını garanti etmek adına tohum ağaçlarının kalması hedeflenmiştir. Bu sebeple tohum ağaçlarının köklerinin zarar görmemesi için ölü örtü nem içeriklerinin arzu edilen yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketimini sağlayacak düzeyde (%15-25) olduğu zamanlarda yakma uygulamaları gerçekleştirilmiştir.

Yangın anındaki hava halleri yangının başlaması ve davranışını etkileyen önemli bir faktördür (Schroeder ve Buck, 1970; Turner ve Lawson, 1978). Başarılı ve güvenli bir yakmanın gerçekleştirilebilmesi için yanıcı madde neminin %15-25 arasında ve rüzgâr hızının da en fazla 15-20 km/sa olması arzu edilir. Arpaalan ve Göktepe deneme alanlarında bağıl nem %30'un altında olup, ortalama rüzgâr hızı nispeten yüksektir. Dolayısıyla bu alanlarda yangın hattının oluşturulmasında herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Ancak Şerifebacı deneme alanında yüksek bağıl nem (%36) ve düşük rüzgâr hızının (3,4 km/sa) etkisiyle yangın hattının oluşturulmasında problem yaşanmıştır. Bu alanda yangının eğim yönünde ilerlemesi sağlanarak hem ön ısıtma ile yanıcı madde nemi düşürülmüş hem de yangının kendi içerisinde oluşturduğu konveksiyon etkisinden faydalanılmıştır. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarında, bağıl nemin %30'un altında ve rüzgâr hızının da yangın hattını oluşturacak kadar (ortalama en az 5-6 km/sa) olması tutuşturmanın gerçekleşmesi bakımından oldukça önemlidir.

Yangın şiddeti birim zamanda açığa çıkan ısı enerjisi olarak tanımlanır ve yangının ekolojik etkilerini ortaya koyan önemli bir göstergedir (Alexander, 1982; Küçük, 2004; Keeley, 2009; Bilgili, 2014; Ruecker vd., 2021). Yangın Arpaalan (600 kW/m) deneme alanında orta ve yüksek şiddetli örtü yangını, Şerifebacı (300 kW/m) ve Göktepe (325 kW/m) deneme alanlarında düşük şiddetli örtü yangını şeklinde ilerlemiştir. Arpaalan deneme alanında bulunan ağaçların tamamına yakını ölmüş, Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında ağaç ölümü gözlemlenmemiştir. Ortalama alev boyu da bu durumu desteklemektedir. Yangın şiddetinin Arpaalan deneme alanında yüksek olması, kesimlerin yakma uygulamalarından önce yapılması ve kesim artıklarının zaman içerisinde yanma koşullarına gelmesi ile ilgilidir. Dolayısıyla yanma koşullarının iyi olması yanıcı madde tüketimini artırmış ve yangını şiddetli ilerletmiştir. Şerifebacı ve Göktepe deneme alanlarında ise kesimler yakma uygulamalarından hemen önce tamamlanmıştır. Deneme alanlarında yanma koşullarının iyi olmamasına bağlı olarak yangın şiddeti düşük olmuştur. Alanda bulunan ağaçların ölmesi özellikle devam eden süreçte tohum miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Yeterli tohumun mevcut ağaçlardan gelmemesi durumunda, tohum takviyesi veya çevredeki meşcerelerdeki ağaçlardan gelecek tohumlar önem arz etmektedir. Ancak toplanan tohumlarla gençlik başarı yüzdesinde problemler ile karşılaşmıştır. Tohum toplama işlemleri, birim fiyat usulü ile yeterli bilgi birikimine ve ekipmana sahip olmayan orman köylüsüne yaptırılmaktadır. Toplanan tohumlar ağaçların kolay ulaşılabilen alt kısımlarından elde edilmesi gençlik başarı yüzdesini düşürmekte ve maliyeti artırmaktadır.

Tohum toplayanlar kısıtlı imkânlar ile alt tabakadaki ulaşılabilen ağaçlardan tohum toplamaktadır. Bu durum tohum kalitesini düşürmektedir. Tohum takviyesinde kullanılan tohumların çimlenme enerjisi ve yüzdesinin düşük olması, gençlik başarı yüzdesini yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği meşcerelerde daha da aşağıya çekmektedir. Dolayısıyla yakma uygulamaları planlanırken alan üzerindeki ağaçların hayatiyeti dikkate alınmalıdır. Tüm bu değerlendirmeler yakma uygulamalarının kesim zamanı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Tohum takviyesinde kullanılacak olan tohumların eğitimli ve tecrübeli işçiler tarafından, fenotipik olarak iyi nitelikli bireylerin uygun yerlerinden toplanmasına gayret edilmelidir.



5. SONUÇ

Çalışma kapsamında, saf Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının, tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışma doğal gençleştirme çalışmalarında kullanılan standart silvikültürel uygulamalar ile kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının ekonomik analizlerini de içermektedir. Bu bölümde, i) toprak özellikleri, ii) tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile iii) maliyet ve ekonomik analize ilişkin elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

5.1. Toprak Özellikleri

Farklı uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerindeki topraklar arasında temel toprak özellikleri bakımından derinlik kademeleri itibarıyla örnekleme zamanı, işlem birimi ve örnekleme zamanı-işlem birimi etkileşimi bakımından farklılıklar bulunmuştur. Söz konusu farklılıklar genel olarak yangın öncesi duruma göre küçük çaplı değişimler şeklinde gerçekleşmiş olup, çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık teşkil etmemiştir. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde makineli toprak işleme faaliyeti sonucunda, farklı derinlik kademelerindeki topraklar birbirine karışmış ve toprak yapısı bozulmuştur. Buna bağlı olarak da toprak özelliklerinde zamansal bir değişim ortaya çıkmıştır. Kontrollü ve amaçlı yakmaların gerçekleştirildiği yangın işlem birimlerinde, mineral üst toprak (0-5 cm) özellikleri yanma koşullarına bağlı olarak zamansal bir değişim göstermiştir. Genel olarak şiddetli ve geniş çaplı yangınlar sonrasında toprak özelliklerinde görülen olumsuzluklar, kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde görülmemiştir. Uygun yanma koşulları (yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin düşük, toprak sıcaklığının az, toprak neminin uygun olması vb.) toprak özelliklerini olumlu yönde etkilemiş ve uygun çimlenme ortamı oluşmasına katkıda bulunmuştur. Bu etkinin ortaya çıkmasında organik maddenin yanması sonucu oluşan ve toprak yüzeyini kaplayan külün önemli bir etkisi vardır. Yangın işlem birimleri içerisinde yanmadan kalan kısmi alanlarda, etrafındaki yanan alan ile olan etkileşim ve artan ayrışma faaliyetleri sonucunda toprak özelliklerinde zamana bağlı olumlu bir değişim meydana gelmiştir.

5.2. Tohum Çimlenme, Fidan Büyüme ve Gelişimi

Çalışma kapsamında kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi üzerine olan etkileri ortaya konulmuştur. Farklı uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimleri arasında gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları ile gelen gençliğin büyüme ve gelişimi bakımından farklılıklar bulunmuştur. Standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirildiği işlem birimlerinde, toprak işlemenin niteliği istenilen amaçlara ulaşılması noktasında oldukça önemli olmuştur. Makineli toprak işlemenin tekniğine uygun olarak yapıldığı alanlarda daha yüksek gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları gözlemlenmiştir. Tekniğine uygun olarak yapılmayan toprak işleme faaliyetinde, ideal tohum yatağı koşulları oluşmamakta ve yeterli miktarda tohumda çimlenme gerçekleşmemektedir. Bu durum, ilerleyen süreçte gençliği olumsuz yönde etkilemiş ve fidan hayatta kalma oranlarının düşük kalmasına sebep olmuştur. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirildiği işlem birimlerinde deneme alanı koşulları gençlik başarı yüzdelerini ve fidan hayatta kalma oranlarını etkilemiştir. Yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin yüksek olduğu deneme alanlarında gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları yükselmiş; yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketiminin düşük olduğu deneme alanlarında ise gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları düşmüştür. Ancak bu etkinin kısa süreli olabileceğine yönelik tespitler de yapılmıştır. Yangın işlem birimlerinde tohum niteliğinin düşük ve çevreden gelen tohumların da sınırlı olduğu durumlarda, tohum ağaçlarının hayatiyeti gençlik başarı yüzdesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları dış faktörlerden de etkilenmiştir. Yakma uygulamaları sonrasında artan vejetasyon yoğunluğuna bağlı olarak yerleşim birimlerine yakın olan alanlarda otlatma baskısı artmıştır. Dolayısıyla bu alanlarda gençlik başarı yüzdeleri ve fidan hayatta kalma oranları düşmüştür. Genel itibariyle kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının gerçekleştirilmiş olduğu yangın işlem birimlerinde bulunan fidanlar, standart silvikültürel uygulamaların gerçekleştirilmiş olduğu işlem birimlerinde bulunan fidanlara oranla daha iyi büyüme ve gelişim göstermiştir. Yanmadan kalan kısmi alanlarda saha hazırlığına yönelik herhangi bir faaliyetin yapılmaması, toprağın çimlenme için ideal koşullara gelmesinde yetersiz kalmıştır. Yangın kontrol işlem biriminde taşınan külün etkisi ile toprakta bir iyileşme olsa da, bu durum çimlenmeden ziyade fidan büyüme ve gelişimi üzerinde bir etki yapmıştır.

5.3. Maliyet ve Ekonomik Analiz

Çalışmada, standart silvikültürel ve mekanik uygulamalar ile kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarına ilişkin F-M analizleri yapılmıştır. Yapılan maliyet analizleri sonucunda, saha hazırlığı safhasında yangın kullanımının makineli toprak işlemeye göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yangın kullanımını dikkate alan ülkemiz için yeni bir gençleştirme yaklaşımı da gündeme getirilmiştir. Yaklaşımında gençleştirme süresinin kısaltılması öngörülmektedir. Bu durumun, üretim çalışmalarında katlanılan maliyetleri azaltırken, meşcere büyüme ve gelişimini de olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Yangın kullanımını dikkate alan yaklaşım ile uygulamada kullanılan gençleştirme metodu arasında elde edilecek ürüne bağlı maddi fayda bakımından önemli bir farklılık bulunamamıştır. Ancak yangın kullanımının maddi faydalarının yanında para ile ifade edilemeyen birçok faydasının da olduğu göz ardı edilmemelidir. Sonuç olarak, kontrollü ve amaçlı yakmalar ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde çevre dostu, uygulaması kolay ve düşük maliyetli araçlar olarak düşünülebilir.

6. ÖNERİLER

Çalışmada, saf Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının, tohum çimlenme, fidan büyüme ve gelişimi ile toprak özellikleri üzerine olan etkileri belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada farklı silvikültürel uygulamalara ilişkin ekonomik analizler de gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, elde edilen sonuçlara bağlı olarak yapılan öneriler sunulmuştur.

- Orman yangınlarının ekosistemin yapı, kompozisyon ve süreçleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Ancak çoğunlukla yangın etkilerinin ekosistem için zararlı olduğu düşüncesi hâkimdir. Bu etkinin boyutu yangın şiddeti, yanma koşulları gibi yangın özelliklerine göre değişmektedir. Dolayısıyla yanma koşulları uygun olmak kaydıyla yangınların ekosistemlerdeki olumsuz etkilerini en aza indirmek mümkündür. Kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları buna zemin teşkil etmektedir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere kontrollü ve amaçlı yakmalar, zamanı ve zemini iyi seçilmek koşuluyla problemsiz şekilde icra edilebilir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, çıkmış olan bir orman yangını ile kıyaslandığında, kontrollü ve amaçlı yakmaların ekosisteme hemen hemen hiçbir zararlı etkisinin olmayacağı ifade edilebilir. Hatta yakma uygulamalarından sonra toprak çimlenme için ideal koşullarda olmakta ve çimlenen tohumlar daha iyi büyüme ve gelişim göstermektedir. Çalışmada, yangınların karaçam ve sarıçam ekosistemleri üzerine olan etkileri ile yangın kullanımı kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar sadece bilimsel veriler olarak kalmamalı, uygulama açısından yangınların kullanım potansiyeli ortaya konulmalı ve uygulamaya aktarılmalıdır.

- Yakma uygulamaları esnasında yangın şiddetinin artması tohum ağaçlarının ölmesine sebep olabilmektedir. Bu durumda, ağaçlar tohum dökümünden sonra alandan çıkarılmalıdır. Tohum miktarının yetersiz kalması durumunda tohum takviyesi düşünülmelidir. Tohum ağaçlarının ölmediği düşünüldüğünde tohum takviyesi yapılmaksızın, mevcut ağaçlar bir sonraki yıl tohum dökümünün ardından alandan çıkartılabilir. Eğer uygulama alanın etrafında alanı tohumlayacak miktarda yeterli ağaç var ise bir sonraki yıl beklenilmeden tohum dökümünün ardından alan boşaltma kesimine konu edilebilir.

- Yeterli tohum kaynağının bulunmadığı ya da tohum kaynağı bulunsa dahi tohum miktar ve kalitesinin yetersiz kaldığı durumlarda, gençlik gelme oranı istenilen seviyede olmamaktadır. Çalışma sonuçlarından da görüleceği üzere, tohum miktar ve kalitesinin

düşük olması gençlik başarı yüzdesini düşürmektedir. Dolayısıyla yakma uygulamalarında tohum miktar ve niteliğini artıracak yönde önlemler alınmalıdır. Yanıcı maddenin (özellikle kesim artıklarının) tohum ağaçlarının çevresinden belli bir mesafeye kadar uzaklaştırılması ve şiddeti artıracak şekilde belli alanlarda yığılmaması yangınların tohum ağaçlarını daha az etkilemesini sağlayacaktır. Ayrıca yakma uygulamalarının tohum dökümünden önce ilk sonbahar yağışlarının ardından yapılması, toprak neminin artmasını sağlayacak ve tohum ağaçları üzerinde oluşabilecek etkiyi azaltacaktır. Tohumun uygun orijinli, fenotipik olarak iyi nitelikli bireylerden teminini, tohum toplama işini yapanların eğitilmesi ve gerekli ekipman ile donatılması tohum kalitesini artıracak önlemlerden birkaç tanesidir.

- Gençleştirme sürecinin başarılı ve amacına uygun olarak tamamlanması, tohum-toprak-koruma üçgeninin en ideal şekilde oluşturulması ile mümkün olmaktadır. Çalışma kapsamında da ortaya konulduğu üzere, yangın sonrası artan vejetasyon yoğunluğuna bağlı olarak yerleşim yerlerine yakın olan alanlarda otlatma zararı meydana gelebilmektedir. Bu sebeple yerleşim yerlerine yakın olan alanlarda kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının kullanılması durumunda, koruma önlemleri (tel ihata ile alanın çevrilmesi, otlatmanın yasaklanması gibi) artırılmalı ve çalışmalar köylüler ile eşgüdüm halinde gerçekleştirilmelidir.

- Ulusal ve uluslararası alanda yapılan birçok çalışmanın ortaya koyduğu tespitlere rağmen yangınların orman ekosistemlerindeki anahtar rolü gerektiği şekilde anlaşılamamış ve planlamalara konu edilmemiştir. Bu durumun önemli sebeplerinden birisi, yeterli bilgi birikimi ve deneyime sahip teknik personel eksikliğidir. Kontrollü ve amaçlı yakmaların planlanması ve uygulanması yangın uzmanı bir ekibinin çalışmasını gerektirmektedir. Çalışma kapsamında elde edilen deneyim ve materyaller ile teknik personele hizmet içi eğitimler verilebilir.

- Çalışmada, karaçam ve sarıçam ekosistemlerinde doğal olarak var olan yangınların ekosistem süreçlerinde oynadığı rolü temel alan bir gençleştirme yaklaşımı gündeme getirmiştir. Uygulamada kullanılan standart silvikültürel metot, sadece pahalı olmakla kalmayıp, çoğu kez de zaman alıcı bir işlemdir. Doğal süreçlerin öneminin iyice kavranmaya başlandığı günümüzde, verimi yüksek, çevreye olan etkisi az, doğaya uygun, uygulaması kolay ve düşük maliyetli olan bu yaklaşım gençleştirme çalışmalarında alternatif olarak değerlendirilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Aaltonen, H., Köster, K., Köster, E., Berninger, F., Zhou, X. Q., Karhu, K., Biasi, C., Bruckman, V., Palviainen, M. ve Pumpanen, J., 2019. Forest fires in Canadian permafrost region: the combined effects of fire and permafrost dynamics on soil organic matter quality, Biogeochemistry, 143, 257-274.
- Afif Khouri, E. ve Oliveira Prendes, J. A., 2006. Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo, Invest Agrar: Sist Recur For, 15, 3, 262-270.
- Agbeshie, A. A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T. ve Awuah, R., 2022. A review of the effects of forest fire on soil properties, Geoderma, 33, 1419-1441.
- Agbeshie, A. A., Logah, V., Opoku, A., Tuffour, H. O., Abubakari, A. ve Quansah, C., 2020. Mineral nitrogen dynamics in compacted soil under organic amendment, Scientific African, 9, e00488, 1-11.
- Agee, J. K., 1973. Prescribed Fire Effects on Physical and Hydrologic Properties of Mixed-conifer Forest Floor and Soil, Water Resources Center, University of California, Davis, California, 57 s.
- Agee, J. K., 1993. Fire Ecology of Pacific Northwest Forests, Island Press, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, Washington D. C., Covelo, California, 505 s.
- Ahlgren, C. E., 1974. Effects of Fires on Temperate Forests: North Central United States, Fire and Ecosystems, T. T. and Ahlgren In: Kozlowski, C. E. (Ed.), Academic Press, New York, 195-223.
- Akburak, S., Son, Y., Makineci, E. ve Çakir, M., 2018. Impacts of low-intensity prescribed fire on microbial and chemical soil properties in a *Quercus frainetto* forest, Journal of Forestry Research, 29, 687-696.
- Aktan, C. C. ve Sakal, M., 1999. Kamu Yatırım Projelerinde Karar Alma ve Fayda-Maliyet Analizi, Yeni Türkiye, 26, 103-119.
- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Farguell, J. ve Úbeda, X., 2016. Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain), Science of the Total Environment, 572, 1329-1335.
- Alcaniz, M., Outeiro, L., Francos, M. ve Ubeda, X., 2018. Effects of prescribed fires on soil properties: A review, Science of the Total Environment, 613-614, 944-957.
- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M. ve Úbeda, X., 2018. Effects of prescribed fires on soil properties: A review, Science of the Total Environment, 613-614, 944-957.
- Alexander, M. E., 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities, Canadian Journal of Botany, 60, 349-357.

- Alexander, M. E., Mutch, R. W., Davis, K. M. ve Buscks, C. M., 2012. Wildland fires: Dangers and Survival. In Wilderness Medicine, Elsevier, 6 th edition, Ed. PS Auerbach, Philadelphia, PA, USA, 240-280 s.
- Alim, E. ve Kavgaci, A., 2017. The effects of cultivation density on morphological characteristics of prickly juniper (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*) seedlings in Eğirdir Forest Nursery, Turkish Journal of Forestry Research, 45, 1, 01-11.
- Alves, M. V. G., Batista, A. C., Soares, R. V., Ottaviano, M. ve Marchetti, M., 2009. Fuel moisture sampling and modeling in *Pinus elliottii* Engelm. plantations based on weather conditions in Parana - Brazil, Iforest-Biogeosciences and Forestry, 2, 99-103.
- Anderson, H. E., 1985. Moisture and fine forest fuel response, Conference on Fire and Forest Meteorology, Bethesda, MD, 192-199.
- Aphalo, P. ve Rikala, R., 2003. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume, New Forests, 25, 93-108.
- Archibald, S., Lehmann, C. E. R., Belcher, C. M., Bond, W. J., Bradstock, R. A., Daniau, a. L., Dexter, K. G., Forrestel, E. J., Greve, M., He, T., Higgins, S. I., Hoffmann, W. A., Lamont, B. B., McGlinn, D. J., Moncrieff, G. R., Osborne, C. P., Pausas, J. G., Price, O. F., Ripley, B. S., Rogers, B. M., Schwilk, D. W., Simon, M. F., Turetsky, M. R., Van der Werf, F. R. ve Zanne, A. E., 2018. A review of the effects of forest fire on soil Biological and geophysical feedbacks with fire in the Earth system, Environmental Research Letters, 13, 1-18.
- Arianoutsou, M., 1998. Aspects of demography in post-fire Mediterranean plant communities of Greece, Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-type Ecosystems, P. W. In: Rundel, Montenegro, G. and Jacsic, F. M. (Ed.), Springer, Berlin, 273-295.
- Armas-Herrera, C. M., Martí, C., Badía, D., Ortiz-Perpiñá, O., Girona-García, A. ve Porta, J., 2016. Immediate effects of prescribed burning in the Central Pyrenees on the amount and stability of topsoil organic matter, Catena, 147, 238-244.
- Atay, İ., 1975. Silvikültürde Yangın Kültürü, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 25, 1, 62-70.
- AUTODESK. (2023). AutoCAD 2023. California, USA: Autodesk, Inc.
- Ayan, S., Civek, E., Yer Çelik, E. N., Gülseven, O., H. B., Eshaibi, A. H., Akın, Ş. S. ve Yılmaz, E., 2020. Farklı Yaşlardaki Tüplü Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Fidanlarının Morfolojik Kalite Özellikleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22, 2, 633-641.
- Ayan, S., Gedik, F., Yer Çelik, E. N., Gülseven, O., Yılmaz, E., Akın, Ş. S. ve Özel, H. B., 2020. Bazı Geniş Yapraklı Orman Ağacı Fidanlarının Morfolojik Özellikleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22, 1, 245-255.

- Bannett, L. T., Aponte, C., Baker, T. G. ve Tolhurst, K. G., 2014. Evaluating long-term effects of prescribed fire regimes on carbon stocks in a temperate eucalypt forest, Forest Ecology and Management, 328, 219-228.
- Başıbüyük, A., 2004. Mesudiye (Ordu) Köykent Projesi, Atatürk Üniversitesi Doğu Coğrafya Dergisi, 9, 11, 301-326.
- Bilgili, E., 2014. Orman Koruma Dersi Geçici Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon, 155 s.
- Bilgili, E., Coskuner, K. A., Usta, Y. ve Goltas, M., 2019. Modeling surface fuels moisture content in *Pinus brutia* stands, Journal of Forestry Research, 30, 2, 577-587.
- Bilgili, E., Coskuner, K. A., Usta, Y., Sağlam, B., Kucuk, O., Berber, T. ve Goltas, M., 2019. Diurnal surface fuel moisture prediction model for Calabrian pine stands in Turkey, Iforest-Biogeosciences and Forestry, 12, 262-271.
- Blackmarr, W. H., 1972. Moisture Content Influences Ignitability of Slash Pine Litter, Note SE-173, USDA Forest Service, 7 s.
- Bolat, İ. ve Kara, Ö., 2017. Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19, 1, 218-228.
- Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils, Agronomy Journal, 54, 464-465.
- Boydak, M., Eler, Ü. ve Pehlivan, N., 1996. Antalya-Elmalı Yöresi Sedirlerinin (*Cedrus libani* Rich.) Gençleştirilmesinde Denetimli Yakma ve Diğer Bazı Faktörlerin Başarı Üzerine Etkileri, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Rapor No: 2, Antalya, 42 s.
- Brye, K. R., 2006. Soil physiochemical changes following 12 years of annual burning in a humid-subtropical tallgrass prairie: a hypothesis, Acta Oecologica, 30, 407-413.
- Burns, R. M. ve Honkala, B. H., 1990. Silvics of North America Volume 1. Conifers, Agricultural handbook 654, U.S. Department of Agriculture Forest Service, Washington, DC, 675 s.
- Byram, G. M., 1959. Combustion of forest fuels, In Forest Fire: Control and Use, K.P. Davis (Ed.), McGraw-Hill, New York, 61-89.
- Castillo, C. S., Alvaro, P. V. ve Roberto, G. S., 2020. A recent review of fire behavior and fire effects on native vegetation in Central Chile, Global Ecology and Conservation, 24, e01210, 1-12.
- Catalanotti, A. E., 2009. Effects of prescribed burning on soil and vegetation, PhD Thesis, University of Naples Federico II, Department of Structural and Functional Biology, Naples.

- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review, Oecologia, 143, 1, 1-10.
- Cetinkaya, D. ve Deligoz, A., 2012. The Effects of Root Pruning on Morphological Characteristics Of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Seedlings, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14, Special Issue: 1, 49-58.
- Chen, Z., 2006. Effects of fire on major forest ecosystem processes: An overview, Chinese Journal of Applied Ecology, 17, 9, 1726-1732.
- Chief, K., Young, M. H. ve Shafer, D. S., 2012. Changes in Soil Structure and Hydraulic Properties in a Wooded-Shrubland Ecosystem following a Prescribed Fire, Soil Science Society of America Journal, 76, 1965-1977.
- Christopoulou, A., Fule, P. Z., Andriopoulos, P., Sarris, D. ve Arianoutsou, M., 2013. Dendrochronology-based fire history of *Pinus nigra* forests in Mount Taygetos, Southern Greece, Forest Ecology and Management, 293, 132-139.
- Christopoulou, A., Fyllas, N. M., Andriopoulos, P., Koutsias, N., Dimitrakopoulos, P. G. ve Arianoutsou, M., 2014. Post-fire regeneration patterns of *Pinus nigra* in a recently burned area in Mount Taygetos, Southern Greece: The role of unburned forest patches, Forest Ecology and Management, 327, 148-156.
- Cleaves, D. A., Martinez, j. ve Haines, T. K., 2002. Effects of prescribed burning, mechanical, and chemical treatments to curtail rhododendron dominance and reduce wildfire fuel loads, General Technical Report SRS-37, Forest Service Department of Agriculture, Southern Research Station, Asheville, NC, U.S., 44.
- Coban, S., Colak, A. H. ve Rotherham, I. D., 2016. Interactions between canopy cover density and regeneration cores of older saplings in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands, Forest Systems, 25, 3, 1-14.
- Cooper, C. F., 1960. The Ecology of Fire, Scientific American, 204, 4, 150-163.
- Çepel, N., 1985. Ağaçlandırma Çalışmalarında Uygulanan Arazi Hazırlığına İlişkin Mekanizasyonun Ekolojik Sonuçları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 35, 1, 1-13.
- Çepel, N., 1988. Toprak İlmî, İ Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ Ü Yayın No: 3416, O F Yayın No: 389, İstanbul, 288 s.
- Dafis, S. A., 1987. Ecology of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forests (in Greek), 1st Scientific Conference on *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* forest, 30 September-2 October, Halkida, Greece, In: Proceedings of the Hellenic Society of Forestry, 17-25.
- Daskalakou, E. N. ve Thanos, C. A., 2010. Postfire seedling dynamics and performance in *Pinus halepensis* Mill. populations, Acta Oecologica-International Journal of Ecology, 36, 5, 446-453.

- DeBano, L. F., 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review, Journal of Hydrology, 231, 232, 195-206.
- DeBano, L. F. ve Neary, D. G., 1987. Part A—The Soil Resource: Its Importance, Characteristics, and General Responses to Fire, Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water, D. G. In: Neary, Rayn, K. C. and DeBano, L. F. (Ed.), U. S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, Ogden, Utah, 21-92.
- Dinç Durmaz, B., 2014. Aralama Görmüş Genç Kızılçam Ağaçlandırma Alanlarında Yangın Davranışı, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Doğan, A., 1996. Thornthwaite metoduna göre Türkiye'de iklim bölgeleri, Yüksek Lisans Tezi, İÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Downing, T. A., Imo, M., Kimanzi, J. ve Otinga, A. N., 2017. Effects of wildland fire on the tropical alpine moorlands of Mount Kenya, Catena, 149, 300-308.
- Dölarslan, M. ve Gül, E., 2012. Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 5, 2, 56-59.
- Drews, M. J. ve Fredericksen, T. S., 2013. The Effect of Experimental Prescribed Fire on White Pine Regeneration, The Open Forest Science Journal, 6, 31-35.
- Dzwonko, Z., Loster, S. ve Gawroński, S., 2015. Impact of fire severity on soil properties and the development of tree and shrub species in a Scots pine moist forest site in southern Poland, Forest Ecology and Management, 307342, 56-63.
- Engle, D. M., Bidwell, T. G., Ewing, A. L. ve Williams, J. R., 1989. The Technique for Quantifying Fire Behavior in Grassland Fire Ecology Studies, The Southwestern Naturalist, 2234, 1, 79-84.
- Eron, Z., 1977. Heating Effects on Forest Soil Physical Properties and Subsequent Seedling Growth, PhD Thesis, University of Montana, School of Forestry, Missoula, Montana, USA.
- Eron, Z. ve Gürbüz, E., 1988. Marmaris 1979 Yılı Orman Yangını ile Toprak Özelliklerinin Değişimi ve Kızılçam Gençliğinin Gelişimi Arasındaki İlişkiler, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 195, Ankara, 50 s.
- Eruz, E., 1979. Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkiler, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 29, 2, 112-120.
- ESRI. (2018). ArcGIS Desktop 10.5. Redlands, CA.: Environmental Systems Research Institute (ESRI).
- Eugenio, M., Lloret, F. ve Alcañiz, M. J., 2006. Regional patterns of fire recurrence effects on calcareous soils of Mediterranean *Pinus halepensis* communities, Forest Ecology and Management, 221, 313-318.

- Fernandes, P. M. ve Botelho, H., 2004. Analysis of the prescribed burning practice in the pine forest of northwestern Portugal, Journal of Environmental Management, 70, 15-26.
- Fernandes, P. M., Davies, G. M., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F., Rigolot, E., Stoof, C. R., Vega, J. A. ve Molina, D., 2013. Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape, Frontiers in Ecology and the Environment, 11, E4-E14.
- Fernandes, P. M., Fernandes, M. M. ve Loureiro, C., 2012. Survival to prescribed fire of plantation-grown Corsican black pine in northern Portugal, Annals of Forest Science, 69, 7, 813-820.
- Fernandes, P. M. ve Rigolot, E., 2007. The fire ecology and management of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.), Forest Ecology and Management, 241, 1-13.
- Fernandes, P. M., Vega, J. A., Jiménez, E. ve Rigolot, E., 2008. Fire resistance of European pines, Forest Ecology and Management, 256, 3, 246-255.
- Florec, V., 2016. Economic analysis of prescribed burning in the south-west of Western Australia, PhD Thesis, The University of Western Australia, Australia.
- Fonseca, F., de Figueiredo, T., Nogueira, C. ve Queirós, A., 2017. Effect of prescribed fire on soil properties and soil erosion in a Mediterranean mountain area, Geoderma, 307, 172-180.
- Fonseca, F., Leite, M. ve de Figueiredo, T., 2011. Soil properties in burned and unburned Mediterranean shrublands of Montesinho Natural Park, Northeast Portugal, 3rd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties, 15-19 March, Guimarães, Portugal, Proceedings Book, 144-147.
- Francos, M., Pereira, P. ve Úbeda, X., 2019. Effect of pre- and post-wildfire management practices on plant recovery after a wildfire in Northeast Iberian Peninsula, Journal of Forestry Research, <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00936-7>, Accepted: 19 December 2018, 1-15.
- Fule', P. Z., Ribas, M., Gutierrez, E., Vallejo, R. ve Kaye, M. W., 2008. Forest structure and fire history in an old *Pinus nigra* forest, eastern Spain, Forest Ecology and Management, 255, 3-4, 1234-1242.
- Gedik, F., 2019. Ordu Orman Fidanlığı Ekolojik Koşullarında Bazı Geniş Yapraklı Orman Ağacı Fidanlarının Morfolojik Karakterleri ve TSE'ye Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Genç, M., 2013. Sivikültür Tekniği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 46, Isparta, 400 s.

- Giorgis, M. A., Zeballos, S. R., Carbone, L., Zimmermann, H., von Wehrden, H., Aguilar, R., Ferreras, A. E., Tecco, P. A., Kowaljow, E., Barri, F., Gurvich, D. E., Villagra, P. ve Jaureguiberry, P., 2021. A review of fire effects across South American ecosystems: the role of climate and time since fire, Fire Ecology, 17, 11, 1-20.
- Goldammer, G. J., 1991. Tropical Wild-land Fires and Global Changes: Prehistoric Evidence, Present Fire Regimes, and Future Trends, Global biomass burning: Atmospheric, climatic and biospheric implications, J. S. Levine (Ed.), The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 45-62.
- Goldammer, G. J. ve Peñafiel, S. R., 1990. Fire in the Pine-Grassland Biomes of Tropical and Subtropical Asia, Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges, Ecological Studies, 84, G. J. Goldammer (Ed.), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 45-62.
- González-De Vega, S. G., de las Heras, J. ve Moya, D., 2018. Post-Fire Regeneration and Diversity Response to Burn Severity in *Pinus halepensis* Mill. Forests, Forests, 9, 299, 1-15.
- Gould, J. S., McCaw, W. L. ve Cheney, N. P., 2011. Quantifying fine fuel dynamics and structure in dry eucalypt forest (*Eucalyptus marginata*) in Western Australia for fire management, Forest Ecology and Management, 262, 531-546.
- Granged, A. J. P., Jordán, A., Zavala, L. M., Muñoz-Rojas, M. ve Mataix-Solera, J., 2011. Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia), Science of the Total Environment, 167, 168, 125-134.
- Grenberg, C. H. ve Collins, B., 2021. Fire Ecology and Management: Past, Present, and Future of US Forested Ecosystems, Springer, 1st Edition, ISBN: 978-3-030-73266-0, Cham, Switzerland, 502 s.
- Guner, S. T., Guner, D. ve Sahin, U., 2018. The effects of seedling density on morphological properties and nutritional status of Taurus cedar seedlings, Turkish Journal of Forestry Research, 5, 1, 44-55.
- Gül, M., 2013. Daday ilçe analizi, T. C. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, Kastamonu, 38.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İ Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ Ü Yayın No: 1970, O F Yayın No: 201, İstanbul, 225 s.
- Haase, S. M., 1986. Effect of Prescribed Burning on Soil Moisture and Germination of Southwestern Ponderosa Pine Seed on Basaltic Soils, Research Note RM-462, USDA Forest Service Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, USA, 6.
- Habrouk, A., Retana, J. ve Espelta, J. M., 1999. Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires, Plant Ecology, 145, 1, 91-99.

- Haines, T. K., Busby, R. L. ve Cleaves, D. A., 2001. Prescribed Burning in the South: Trends, Purpose, and Barriers, Southern Journal of Applied Forestry, 25, 4, 149-153.
- Hancock, M., Egan, S., Summers, R., Cowie, N., Amphlett, A., Rao, S. ve Hamilton, A., 2005. The effect of experimental prescribed fire on the establishment of Scots pine *Pinus sylvestris* seedlings on heather *Calluna vulgaris* moorland, Forest Ecology and Management, 212, 1-3, 199-213.
- Hancock, M. H., Summers, R. W., Amphlett, A. ve Willi, J., 2009. Testing prescribed fire as a tool to promote Scots pine *Pinus sylvestris* regeneration, European Journal of Forest Research, 128, 4, 319-333.
- Hardesty, J., Myers, R. ve Fulks, W., 2005. Fire, Ecosystems and People: A Preliminary Assessment of Fire as a Global Conservation Issue, The George Wright Forum, 22, 78-87.
- Harper, A. R., Doerr, S. H., Santin, C., Froyd, C. A. ve Sinnadurai, P., 2018. Prescribed fire and its impacts on ecosystem services in the UK, Science of the Total Environment, 624, 691-703.
- Harrell, C. ve Zedaker, S., 2010. Effects of prescribed burning, mechanical, and chemical treatments to curtail rhododendron dominance and reduce wildfire fuel loads, General Technical Report SRS-121, Forest Service Department of Agriculture, Southern Research Station, Asheville, NC, U.S., 545.
- Hesseln, H., 2000. The Economics of Prescribed Burning: A Research Review, Forest Science, 5246, 3, 322-334.
- Heydari, M., Rostamy, A., Najafi, F. ve Dey, D. C., 2017. Effect of fire severity on physical and biochemical soil properties in Zagros oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests in Iran, Journal of Forestry Research, 28, 1, 95-104.
- Hille, M., 2006. Fire Ecology of Scots Pine in Northwest Europe, PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Hille, M. ve Den Ouden, J., 2004. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L) seedlings after fire and soil scarification, European Journal of Forest Research, 123, 213-218.
- Hinojosa, M. B., Albert-Belda, E., Gómez-Muñoz, B. ve Moreno, J. M., 2021. High fire frequency reduces soil fertility underneath woody plant canopies of Mediterranean ecosystems, Science of the Total Environment, 752, 141877, 1-14.
- Hobley, E. U., Le Gay Brereton, J. ve Wilson, B., 2017. Forest burning affects quality and quantity of soil organic matter, Science of the Total Environment, 575, 1, 41-49.
- Hubbert, K. R., Preisler, H. K., Wohlgemuth, P. M., Graham, R. C. ve Narog, M. G., 2006. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA, Geoderma, 130, 284-298.

- Huss, J. ve Burschel, H. P., 1972. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L) seedlings after fire and soil scarification, European Journal of Forest Research, 123, 213-218.
- Ihbar, A., Lado, M., Sternberg, M., Tenau, H. ve Ben-Hur, M., 2014. Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region, Geoderma, 221, 222, 131-138.
- IMF, 2022. World Economic Outlook Countering the Cost-of-Living Crisis, October, International Monetary Fund, Washington, DC, USA, 766.
- Irmak, A., 1954. Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları, İ Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ Ü Yayın No: 559, O F Yayın No: 27, İstanbul, 150 s.
- Ivanova, G. A., Ivanov, V. A., Kukavskaya, E. A. ve Soja, A. J., 2010. The frequency of forest fires in Scots pine stands of Tuva, Russia, Environmental Research Letters, 5, 1, 1-7.
- Ivanova, G. A., Kukavskaya, E. A., Ivanov, V. A., Conard, S. G. ve Mc Rae, D. I., 2019. Fuel characteristics, loads and consumption in Scots pine forests of central Siberia, Journal of Forestry Research, 31, 2507-2524.
- Ivars, T. V., 2018. The effects of prescribed fire burning on the vigour of Mediterranean pine species, PhD Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC), Barcelona.
- Izaki, I., Henig-Sever, N. ve Ne'eman, G., 2000. Soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests: the effect of heat, cover and ash on seedling emergence, Journal of Ecology, 88, 667-675.
- Kaçar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Yayın No: 3, Ankara, 705 s.
- Kaçar, B. ve Katkat, A. V., 2010. Bitki Besleme, Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 9786053201212, Kızılay, Ankara, 678 s.
- Kakouros, P. ve Dafis, S., 2012. Guidelines for restoration of *Pinus nigra* forests affected by fires through a structured approach, Version 2, Grek Biotope-Wetland Centre, Thermi, 27.
- Kantarıcı, M. D., 2000. Toprak İlmi, İ Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ Ü Yayın No: 4261, O F Yayın No: 462, İstanbul, 420 s.
- Kantarıcı, M. D., Parlakdağ, S. ve Pehlivan, N., 1986. Sedir Ormanlarının Gençleştirilmesinde Yangın Kültürü ve Ekolojik Yorumu, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 36, 2, 20-43.

- Kaptanoğlu, A. S., Tavşanoğlu, Ç. ve Turgay, O. C., 2018. Soil chemistry and microbial activity after a surface fire in a mixed temperate forest, Eurasian Journal of Forest Science, 6, 4, 1-13.
- Kara, O. ve Bolat, I., 2009. Short-term effects of wildfire on microbial biomass and abundance in black pine plantation soils in Turkey, Ecological Indicators, 9, 6, 1151-1155.
- Karaöz, M. Ö., 1989. Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, Karbonat, Tuzluluk, Organik Madde, Total Azot, Yararlanılabilir Fosfor) Analiz Yöntemleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 39, 3, 64-82.
- Karayılmazlar, K. ve İşler, İ., 2019. Kamu Yatırım Projelerinde Fayda Maliyet Analizi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 35, 65-82.
- Kavgacı, A., Čarni, A., Başaran, S., Başaran, M. A., Košir, P., Marinšek, A. ve Šilc, U., 2010. Long-term post-fire succession of *Pinus brutia* forest in the east Mediterranean, International Journal of Wildland Fire, 19, 599-605.
- Kavgacı, A., Šilc, u., Basaran, S., Marinšek, A., Basaran, M. A., Košir, P., Balpınar, N., Arslan, M., Denli, O. ve Čarni, A., 2017a. Classification of plant communities along postfire succession in *Pinus brutia* (Turkish red pine) stands in Antalya (Turkey), Turkish Journal of Botany, 41, 299-307.
- Kavgacı, A., Šilc, u., Basaran, S., Marinšek, A., Basaran, M. A., Košir, P., Balpınar, N., Arslan, M., Denli, O. ve Čarni, A., 2017b. Nomenclatural remarks to the classification of plant communities along post-fire succession, Hacquetia, 16, 2, 293-295.
- Kayll, A. J., 1974. Use of Fire in Land Management, Fire and Ecosystems, (Ed.), Academic press, New York, 483-511.
- Keeley, J. E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage, International Journal of Wildland Fire, 18, 116-126.
- Keeley, J. E., 2012. Ecology and evolution of pine life histories, Annals of Forest Science, 69, 445-453.
- Keeley, J. E., Brennan, T. ve Pfaff, A. N., 2008. fire Severity and Ecosystem Responses Following Crown Fires in California Shrublands, Ecological Applications, 18, 6, 1530-1546.
- Kennard, D. K. ve Gholz, H. L., 2001. Effects of high- and low-intensity fires on soil properties and plant growth in a Bolivian dry forest, Plant and Soil, 234, 119-129.
- Kerr, G., Gosling, P., Morgan, G., Stokes, V., Cunningham, V. ve Parratt, M., 2008. Seed production and seedling survival in a 50-year-old stand of Corsican pine (*Pinus nigra* subsp *laricio*) in southern Britain, Forestry, 81, 4, 525-541.

- Koonce, A. L. ve González-Cabán, A., 1990. Social and Ecological Aspects of Fire in Central America, Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Challenges, Ecological Studies, 84, G. J. Goldammer (Ed.), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 135-158.
- Kucuk, O., Bilgili, E., Bulut, S. ve Fernandes, P. M., 2012. Rates of surface fire spread in a young calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantation, Environmental Engineering and Management Journal, 11, 8, 1475-1480.
- Kucuk, O., Saglam, B. ve Bilgili, E., 2007. Canopy Fuel Characteristics and Fuel Load in Young Black Pine Trees, Biotechnology and Biotechnological Equipment, 21, 2, 235-240.
- Kunkel, K. E., 2001. Surface Energy Budget and Fuel Moisture, Forest Fires Behavior and Ecological Effects, E. A. Johnson ve K. Miyanishi (Ed.), Academic Press., San Diego, 303-350.
- Küçük, Ö., 2004. Yanıcı Madde Tipleri ve Yangın Davranışına Bağlı Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi ve Haritalanması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Leys, B., Finsinger, W. ve Carcaillet, C., 2014. Historical range of fire frequency is not the Achilles'heel of the Corsican black pine ecosystem, Journal of Ecology, 102, 381-395.
- Lucas-Borja, M. E., Fonseca, T. F., Lousada, J. L., Silva-Santos, P., Garcia, E. M. ve Abellán, M. A., 2012. Natural regeneration of Spanish black pine [*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco] at contrasting altitudes in a Mediterranean mountain area, Ecological Research, 27, 913-921.
- Lucas-Borja, M. E., Madrigal, J., Candel-Pérez, D., Jiménez, E., Moya, D., de las Heras, J., Guijarro, M., Vega, J. A., Fernández, C. ve Hernando, C., 2016. Effects of prescribed burning, vegetation treatment and seed predation on natural regeneration of Spanish black pine (*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*) in pure and mixed forest stands, Forest Ecology and Management, 378, 24-30.
- Lucas-Borja, M. E., Ortega, R., Miralles, I., Plaza-Álvarez, P. A., González-Romero, J., Peña-Molina, E., Moya, D., Zema, D. A., Wagenbrenner, J. W. ve de las Heras, J., 2020. Effects of wildfire and logging on soil functionality in the short-term in *Pinus halepensis* M. forests, European Journal of Forest Research, 1-11.
- Mann, D. P., Wiedenbeck, J. K., Dey, D. C. ve Saunders, M. R., 2020. Evaluating Economic Impacts of Prescribed Fire in the Central Hardwood Region, Journal of Forestry, 118, 3, 275-288.
- Matthews, S., 2006. A process-based model of fine fuel moisture, International Journal of Wildland Fire, 15, 2, 155-168.

- Mc Rae, D. I., Alexander, M. E. ve Stocks, B. J., 1979. Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: a handbook, Information Report O-X-287, Great Lakes Forest Research Centre Canadian Forestry Service, Sault Ste. Marie, Ontario, 44.
- McCAW, W. L., 2013. Managing forest fuels using prescribed fire – A perspective from southern Australia, Forest Ecology and Management, 294, 217-224.
- Meira-Castro, A., Shakesby, R. A., Espinha Marques, J., Doerr, S. H., Meixedo, J. P., Teixeira, J. ve Chaminé, H. I., 2014. Effects of prescribed fire on surface soil in a *Pinus pinaster* plantation, northern Portugal, Environmental Earth Sciences, 73, 3011-3018.
- Meyers, R. L., 2006. Living with Fire—Sustaining Ecosystems and Livelihoods Through Integrated Fire Management, The Nature Conservancy, Tallahassee, U.S.A., 28 s.
- Miller, R. E., Colbert, S. R. ve Morris, L. A., 2004. Effects of heavy equipment on physical properties of soils and on long-term productivity: A review of literature and current research, Technical Bulletin No: 887, Inc. (NCASI) National Council for Air and Stream Improvement, Corvallis, USA, 76.
- Miller, R. F., Chambers, J. C., Pyke, D. A., Pierson, F. B. ve Williams, C. J., 2013. A Review of Fire Effects on Vegetation and Soils in the Great Basin Region: Response and Ecological Site Characteristics, General Technical Report RMRS-GTR-308, U. S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 126.
- Moya, D., González-De Vega, S., Lozano, E., García-Orenes, F., Mataix-Solera, J., Lucas-Borja, M. E. ve de las Heras, J., 2019. The burn severity and plant recovery relationship affect the biological and chemical soil properties of *Pinus halepensis* Mill. stands in the short and midterms after wildfire Journal of Environmental Management, 235, 250-256.
- Munro, N., 1966. The Fire Ecology of Caribbean Pine in Nicaragua 5th Tall Timbers Fire Ecology Conference, 24-25 March Tallahassee, Florida, Tall Timbers Research Station, Proceedings, 67-84.
- Neary, D. G., Rayn, K. C. ve DeBano, L. F., 2005. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water, General Technical Report RMRS-GTR-42-vol.4, U. S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, Ogden, Utah, 250.
- Nelson, R. M., 2001. Water relations of forest fuels, Forest Fires Behavior and Ecological Effects, E. A. Johnson ve K. Miyanishi (Ed.), Academic Press., San Diego, 79-149.
- Neyişçi, T., 1986. Antalya Bölgesi Kızılcım Orman Alanlarında Kontrollü Yangınların Toprak Besin Maddesi Üzerine Yaptığı Etkiler ve Bu Etkiler ile Kızılcım Gençliğinin Gelmesi ve Gelişmesi Arasındaki İlişkiler, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Neyişçi, T., 1989. Kızılçam Orman Ekosistemlerinde Denetimli Yakmanın Toprak Kimyasal Özellikleri ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 205*, Ankara, 56 s.
- Neyişçi, T., 2009. Ezber Bozmak ya da Yangın Aforizmaları, *Orman ve Av Dergisi*, 3, 3-6.
- Nilsson, U., Gemmel, P., Johansson, U., Karlsson, M. ve Welander, T., 2002. Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden, *Forest Ecology and Management*, 161, 133-145.
- OGM, 1995. Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları, Tebliğ No: 285, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Daire Başkanlığı, Ankara, 64.
- OGM, 2009. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Mesudiye Orman İşletme Müdürlüğü, Arpaalan Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 64 s.
- OGM, 2014a. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Araç Orman İşletme Müdürlüğü, Şerifebacı Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 424 s.
- OGM, 2014b. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları, Tebliğ No: 298, Orman Genel Müdürlüğü Orman Silvikültür Başkanlığı, Ankara, 142.
- OGM, 2020a. Orman Amenajman Planlarının Uygulanmasına Ait Usul ve Esaslar, Tebliğ No: 295, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 50.
- OGM, 2020b. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 56 s.
- Ordóñez, J. L., Molowny-Horas, R. ve Retana, J., 2006. A model of the recruitment of *Pinus nigra* from unburned edges after large wildfires, *Ecological Modelling*, 197, 3-4, 405-417.
- Ordóñez, J. L., Retana, J. ve Espelta, J. M., 2005. Effects of tree size, crown damage, and tree location on post-fire survival and cone production of *Pinus nigra* trees, *Forest Ecology and Management*, 206, 1-3, 109-117.
- Ordóñez, J. L. ve Retana, J., 2004. Early reduction of post-fire recruitment of *Pinus nigra* by post-dispersal seed predation in different time-since-fire habitats, *Ecography*, 27, 4, 449-458.
- Ordóñez, J. S., Franco, S. ve Retana, J., 2004. Limitation of the recruitment of *Pinus nigra* in a gradient of post-fire environmental conditions, *Ecoscience*, 11, 3, 296-304.
- Pausas, J. G. ve Keeley, J. E., 2019. Wildfires as an ecosystem service, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17, 5, 289-295.

- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A. ve Vallejo, R., 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? A review, International Journal of Wildland Fire, 17, 6, 713-723.
- Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Úbeda, X. ve Bogunovic, I., 2018. Post-fire soil management, Current Opinion in Environmental Science and Health, 10.1016/j.coesh.2018.04.002, Accepted: 2 April 2018, 1-18.
- Pierson, F. B., Robichaud, P. R., Moffet, C. A., Spaeth, K. E., Williams, C. J., Hardegree, S. P. ve Clark, P. E., 2008. Soil water repellency and infiltration in coarse-textured soils of burned and unburned sagebrush ecosystems, Catena, 74, 98-108.
- Prichard, S. J., Kennedy, M. C., Wright, C. S., Cronan, J. B. ve Ottniar, R. D., 2017. Predicting forest floor and woody fuel consumption from prescribed burns in southern and western pine ecosystems of the United States, Forest Ecology and Management, 405, 328-338.
- Retana, J., Arnan, X., Arianoutsou, M., Barbati, A., Kazanis, D. ve Rodrigo, A., 2012. Post-Fire Management of Non-Serotinous Pine Forests, Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests, M. In: Moreira, Arianoutsou, M., Corona, P. and De las Heras, J. (Ed.), Springer, Series Managing Forest Ecosystems, vol. 24, Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 151-170.
- Retana, J., Espelta, J. M., Habrouk, A., Ordóñez, L. J. ve de Solà-Morales, F., 2002. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain, Ecoscience, 9, 1, 89-97.
- Reyes, O. ve Casal, M., 2004. Effects of forest fire ash on germination and early growth of four pinus species, Plant Ecology, 175, 81-89.
- Reyes, O., García-Duro, J. ve Salgado, J., 2015. Fire affects soil organic matter and the emergence of *Pinus radiata* seedlings, Annals of Forest Science, 72, 267-275.
- Riley, L. E., Dumroese, R. K. ve Landis, T. D., 2002. s. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations, Preceedings RMRS-P-28, U. S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, USA, 187.
- Rizza, J., Adlam, C., Leavell, D., Putney, J. ve Berger, C., 2022. Prescribed Fire Basics: Planning a Prescribed Burn, Science Update SRS-054, Oregon State University, Corvallis, USA, 6.
- Roaldson, L. M., Johnson, D. W., Miller, W. W., Murphy, J. D., Walker, R. F., Stein, C. M. ve Glass, D. W., 2014. Prescribed Fire and Timber Harvesting Effects on Soil Carbon and Nitrogen in a Pine Forest, Soil Science Society of America Journal, 78, 48-57.
- Rodrigo, A., Retana, J. ve Picó, F. X., 2004. Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires, Ecology, 85, 3, 716-729.

- Roques, S., Kendall, S., Smith, K., Newell Price, P. ve Berry, P., 2013. A review of the non-NPKS nutrient requirements of UK cereals and oilseed rape, Research review No. 78, HGCA, Kenilworth, 109.
- Rothermel, R. C., 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels, USDA Forest Service Research Paper INT-115, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, USA, 40 s.
- Rothermel, R. C., 1983. How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires, USDA Forest Service Research Paper INT-143, Intermountain Research Station, Ogden, Utah, USA, 168 s.
- Rowell, D. L., 1994. Soil Science Methods and Applications, Routledge, 1st Edition, ISSN: 9781315844855, London, 368 s.
- Ruecker, G., Leimv-bach, D. ve Tiedemann, J., 2021. Estimation of Byram's Fire Intensity and Rate of Spread from Spaceborne Remote Sensing Data in a Savanna Landscape, Fire, 4, 65, 1-14.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür II (Silvikültür Tekniği), İ Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ Ü Yayın No: 2490, O F Yayın No: 268, İstanbul, 556 s.
- Saglam, B., Bilgili, E., Kucuk, O. ve Durmaz, B. D., 2008. Fire behavior in Mediterranean shrub species (Maquis), African Journal of Biotechnology, 7, 22, 4122-4129.
- Sagra, J., Moya, D., Plaza-Álvarez, P. A., Lucas-Borja, M. E., González-Romero, J., De las Heras, J., Alfaro-Sánchez, R. ve Ferrandis, P., 2019. Prescribed fire effects on early recruitment of Mediterranean pine species depend on fire exposure and seed provenance, Forest Ecology and Management, 441, 253-261.
- Santín, C., Otero, X. L., Doerr, S. H. ve Chafer, C. J., 2017. Impact of a moderate/high-severity prescribed eucalypt forest fire on soil phosphorous stocks and partitioning, Science of the Total Environment, 621, 1103-1114.
- Scharenbroch, B. C., Nix, B., Jacobs, K. A. ve Bowles, M. L., 2012. Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in a Midwestern, USA oak (*Quercus*) forest, Geoderma, 183, 184, 80-91.
- Schroeder, M. J. ve Buck, C. C., 1970. Fire Weather: A Guide for Application of Meteorological Information to Forest Fire Control Operations, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Idaho, 229 s.
- Shlisky, A., Meyer, R., Waugh, J. ve Blankenship, K., 2008. Fire, Nature, and Humans: Global Challenges for Conservation, Fire Management Today, 68, 4, 36-42.
- Sieg, C. H., McMillin, J. D., Fowler, J. F., Allen, K. K., Negron, J. F., Wadleigh, L. L., Anhold, J. A. ve Gibson, K. E., 2006. Best Predictors for Postfire Mortality of Ponderosa Pine Trees in the Intermountain West, Forest Science, 52, 6, 718-728.

- Skordilis, A. ve Thanos, C. A., 1997. Comparative Ecophysiology of Seed Germination Strategies in the Seven Pine Species Naturally Growing in Greece, Basic and Applied Aspects of Seed Biology, R. H. In: Ellis, Black, M., Murdoch, A. J. and Hong, T. D. (Ed.), Springer Science+Business Media, B. V., UK, 623-632.
- Skre, O., Wielgolaski, F. E. ve Moe, B., 1998. Biomass and chemical composition of common forest plants in response to fire in western Norway, Journal of Vegetation Science, 9, 501-510.
- Škvarenina, J., Mind'aš, J., Holécy, J. ve Tuček, J., 2004. An analysis of the meteorological conditions during two largest forest fire events in the slovak paradise national park, Meteorologický časopis, 7, 167-171.
- Slijepcevic, A., Anderson, W. R. ve Matthews, S., 2013. Testing existing models for predicting hourly variation in fine fuel moisture in eucalypt forests, Forest Ecology and Management, 306, 202-215.
- Spanos, I. A., Daskalo ve Thanos, C. A., 2000. Postfire, natural regeneration of *Pinus brutia* forests in Thasos island, Greece, Acta Oecologica, 21, 1, 13-20.
- SPSS, I. C. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Stinson, K. J. ve Wright, H. A., 1969. Temperatures of headfires in the southern mixed prairie of Texas, J. Range Mgmt., 22, 169-174.
- Şirin, G. ve Sarıbaşak, H., 1997. Yangın Yönetimi ve Denetimli Yakma, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 3, 57-75.
- Tan, K. H., Hakjek, B. F. ve Barshad, I., 1986. Thermal Analysis Techniques, Methods of Soil Analysis: Part 1, Physical and Mineralogical Methods, A. In: Klute (Ed.), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, 151-183.
- Tapias, R., Climent, J., Pardos, J. A. ve Gil, L., 2004. Life histories of Mediterranean pines, Plant Ecology, 171, 1-2, 53-68.
- Tapias, R., Gil, L., Fuentes-Utrilla, P. ve Pardos, J. A., 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of south-eastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L., Journal of Ecology, 89, 4, 629-638.
- Tavsanoglu, C., 2010. Seed production and fruit parasitism in *Cistus salviifolius* L. (Cistaceae) along a post-fire successional gradient, Journal of Animal and Veterinary Advances, 9, 7, 1120-1127.
- Tavşanoğlu, Ç., 2009. Akdeniz Havzası ormanlarında yangın sonrası kendiliğinden gençleşme, Orman Yangınları ile Mücadele Sempozyumu, 7-10 Ocak, Antalya, Proceedings Book, 310-317.

- Tavşanoğlu, Ç. ve Gürkan, B., 2014a. Long-term post-fire dynamics of co-occurring woody species in *Pinus brutia* forests: the role of regeneration mode, Plant Ecology & Diversity, 215, 3, 355-365.
- Tavşanoğlu, Ç. ve Gürkan, B., 2014b. Postfire changes in soil properties of *Pinus brutia* Ten. forests in Marmaris National Park, Turkey, Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 31, 95-105.
- Thorntwaite, C. W., 1948. An Approach toward a Rational Classification of Climate, Geographical Review, 38, 1, 55-94.
- Touchan, R., Baisan, C., Mitsopoulos, I. D. ve Dimitrakopoulos, A. P., 2012. Fire History in European Black Pine (*Pinus Nigra* Arn.) Forests of the Valia Kalda, Pindus Mountains, Greece, Tree-Ring Research, 68, 1, 45-50.
- TOVAG, 2011. Türkiye Ulusal Yangın Tehlike Oranları Sistemi (TUYTOS)'ne Doğru. Bölüm I: Yangın Davranışı Tahmin Sistemi, Proje No: 108O327, TÜBİTAK, Trabzon, 74.
- Trabaud, L. ve Campant, C., 1991. Difficulté de recolonisation naturelle du Pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco Après Incendie, Biological Conservation, 58, 3, 329-343.
- Tsitsoni, T., 1997. Conditions determining natural regeneration after wildfires in the *Pinus halepensis* (Miller, 1768) forests of Kassandra Peninsula (North Greece), Forest Ecology and Management, 92, 199-208.
- Tsitsoni, T., Ganatsas, P., Zagas, T. ve Tsakalidimi, M., 2004. Estimation of dead fuel moisture content from meteorological data in Mediterranean areas. Applications in fire danger assessment, Plant Ecology, 171, No: 1/2, 165-174.
- Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Saglam, B., Bilgili, E. ve Altun, L., 2010. Soil properties and root biomass responses to prescribed burning in young corsican pine (*Pinus nigra* Arn.) stands, Journal of Environmental Biology, 31, 3, 369-373.
- Turna, I. ve Bilgili, E., 2006. Effect of heat on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp *pallasiana*, International Journal of Wildland Fire, 15, 2, 283-286.
- Turner, J. A. ve Lawson, B. D., 1978. Weather in the Canadian forest fire danger rating system. A user guide to national standards and practices, Information Report BC-X-177, Canadian Forest Service Fisheries and Environment Canada, Pacific Forest Research Centre, Victoria, British Columbia, 40.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., Sağlam, B., Bilgili, E. ve Altun, L., 2006. Influence of fire on root biomass dynamics and soil respiration rates in young corsican pine (*Pinus nigra*) stands in Turkey, V International Conference on Forest Fire Research (ICFFR 2006), 27-30 November, Coimbra, Portugal, Proceedings Book, 1-12.

- Türker, M. F., 2013. Ormancılık İşletme Ekonomisi, Güncellenmiş ve Genişletilmiş 2. Baskı, Celepler Matbaacılık, ISBN: 978-605-85748-0-9, Trabzon, 287 s.
- Türkmen, E. ve Hayli, S., 2015. Mesudiye Şehrinin (Ordu) Kuruluş, Gelişme ve Fonksiyonel Özellikleri, Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi, 21-23 Mayıs, Ankara, Bildiriler Kitabı, 1-10.
- Úbeda, X., Lorca, M., Outerio, L. R., Bernia, S. ve Castellnou, M., 2005. Effects of prescribed fire on soil quality in Mediterranean grassland (Prades Mountains, north-east Spain), International Journal of Wildland Fire, 14, 379-384.
- Úbeda, X., Pereira, P. ve Badía, D., 2018. Prescribed fires, Science of the Total Environment, 637-638, 385-388.
- URL-1, <https://www.dpaw.wa.gov.au/management/fire/prescribed-burning>. Department of Biodiversity, Conservation and Attractions, 28/10/2019.
- URL-2, <https://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/p2823.pdf>. Mississippi State University Extension Service, 29/10/2019.
- URL-3, <http://www.mesudiye.bel.tr/icerik/kunye>. Mesudiye Belediyesi, 11/02/2020.
- URL-4, <http://www.mesudiye.bel.tr/icerik/iklim>. Mesudiye Belediyesi, 11/02/2020.
- URL-5, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Mesudiye>. Wikipedia, Özgür Ansiklopedi, 11/02/2020.
- URL-6, <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 13/02/2020.
- URL-7, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m>. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 17/02/2022.
- URL-9, <http://www.arac.bel.tr/content/cografiya-107#:~:text=Ara%C3%A7%20Karadeniz%20b%C3%B6lgesinin%20batı%20Karadeniz,iline%20bagli%20bir%20il%C3%A7e%20merkezidir.&text=İl%C3%A7enin%20y%C3%BCz%C3%B6l%C3%A7e%20BCm%C3%BC%201880%20km2%20C%20kasaba,dogrusu%20ge%C3%A7is%20iklim%20b%C3%B6lgesine%20girmektedir>. Araç Belediyesi, 03/07/2020.
- URL-10, <https://kastamonu.ktb.gov.tr/TR-63815/daday.html>. Kastamonu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 03/07/2020.
- URL-11, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KASTAMONU>. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 09/07/2022.
- URL-12, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ORDU>. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 09/07/2022.
- URL-13, <https://orbis.ogm.gov.tr/orbis/>. Orman Genel Müdürlüğü, 27/01/2021.

- URL-16, <https://www.bugwood.org/pfire/weather.cfm>. Center for Invasive Species and Ecosystem Health University of Georgia, 07/08/2022.
- URL-17, <https://pnlbonus.wixsite.com/irpresearch/prescribed-burn>. Peat Fire, 07/08/2022.
- URL-22, <https://esatis.ogm.gov.tr/>. Orman Genel Müdürlüğü, 01/01/2023.
- Usta, Y., 2018. Normal Kapalı Kızılçam Meşcerelerinde Ölü Örtü Nem Dinamikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Usta, Y., Bilgili, E., Coskuner, K. A. ve Balcioglu, K., 2019. The Use of Fire as A Management Tool in Anatolian Black Pine and Scots Pine Stands, III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium (IMFES 2019), 3-5 October, Kahramanmaraş, Proceedings Book, 134-138.
- Usta, Y., Bilgili, E. ve Coşkun, K. A., 2022. Karaçam Ekosistemlerinde Orman Yangınlarının Ekolojik Rolü, Karaçam, O. In: Sevgi, Tecimen, H. B., Okan, T. (Ed.), Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara, 252-272.
- Ürgenç, S., 1998. Ağaçlandırma Tekniği, İ Ü Orman Fakültesi Yayınları, İ Ü Yayın No: 3994, O F Yayın No: 441, İstanbul, 600 s.
- Valkó, O., Deák, B., Magura, T., Török, P., Kelemen, A., Tóth, K., Horváth, R., Nagy, D. D., Debnár, Z., Zsigrai, G., Kapocsi, I. ve Tóthmérész, B., 2016. Supporting biodiversity by prescribed burning in grasslands-A multi-taxa approach, Science of the Total Environment, 572, 1, 1377-1384.
- Valor, T., González-Olabarria, J. R. ve Piqué, M., 2015. Assessing the impact of prescribed burning on the growth of European pines, Forest Ecology and Management, 343, 101-109.
- Van Wagner, C. E., 1969. Drying rates of some fine forest fuels, Fire Control Notes (Reprint), (Ed.), 1-4.
- Van Wagner, C. E., 1979. A laboratory study of weather effects on the drying rate of jack pine litter, Canadian Journal of Forest Research, 9, 2, 267-275.
- Vega, J. A., Fernández, C., Pérez-Gorostiaga, P. ve Fonturbel, T., 2008. The influence of fire severity, serotiny, and post-fire management on Pinus pinaster Ait. recruitment in three burnt areas in Galicia (NW Spain), Forest Ecology and Management, 256, 1596-1603.
- Verma, S., Singh, D., Singh, A. K. ve Jayakumar, S., 2019. Post-fire soil nutrient dynamics in a tropical dry deciduous forest of Western Ghats, India, Forest Ecosystems, 6, 6, 1-9.
- Viney, N. R., 1991. A Review of Fine Moisture Modelling, International Journal of Wildland Fire, 1, 4, 215-234.

- Wade, D. D. ve Lunsford, J. D., 1989. A guide for prescribed fire in southern forests, Technical Publication R8-TP 11, U. S. Department of Agriculture Forest Service Southern Region, Atlanta, Georgia, 63.
- Waldrop, T. A. ve Goodrick, S. L., 2012. Introduction to prescribed fires in Southern ecosystems, Science Update SRS-054, U. S. Department of Agriculture Forest Service Southern Research Station, Asheville, North Carolina, 80.
- Weber, M. G. ve Taylor, S. W., 1992. The use of prescribed fire in the management of Canada's forested lands, The Forestry Chronicle, 68, 3, 324-334.
- Wieting, C., Ebel, B. A. ve Singha, K., 2017. Quantifying the effects of wildfire on changes in soil properties by surface burning of soils from the Boulder Creek Critical Zone, Journal of Hydrology: Regional Studies, 13, 43-57.
- Yıldız, T., 2013. Araç ilçe analizi, T. C. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, Kastamonu, 39.
- Zavala, L. M., De Celis, R. ve Jordán, A., 2014. How Wildfires Affect Soil Properties. Bried Review, Geographical Research Letters, 40, 2, 311-331.

8. EKLER

Ek 1. Arpaalan deneme alanı yangın öncesi (YÖ) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	1.08	1.14	1.25	1.30	5.61	5.75	5.82	5.99	51.85	33.74	28.64	24.45	6.19	3.37	2.22	1.52
	SS	0.10	0.08	0.04	0.02	0.09	0.03	0.04	0.02	5.35	10.76	4.67	4.42	1.21	1.23	0.08	0.16
Tİ	ORT	1.11	1.18	1.10	1.36	6.20	5.99	6.07	6.47	57.73	67.87	57.95	54.81	5.90	4.92	5.02	2.54
	SS	0.19	0.33	0.01	0.00	0.18	0.19	0.22	0.61	17.74	42.14	0.85	49.58	3.03	3.06	0.90	1.06
YK	ORT	1.10	1.26	1.31	1.39	5.61	6.03	6.12	6.37	56.17	44.87	22.67	37.48	6.40	1.60	1.12	1.06
	SS	0.08	0.09	0.08	0.03	0.40	0.33	0.45	0.88	21.75	33.92	5.84	28.22	1.50	0.53	0.55	0.09
Y	ORT	1.10	1.26	1.31	1.39	5.61	6.03	6.12	6.37	56.17	44.87	22.67	37.48	6.40	1.60	1.12	1.06
	SS	0.08	0.09	0.08	0.03	0.40	0.33	0.45	0.88	21.75	33.92	5.84	28.22	1.50	0.53	0.55	0.09

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 2. Arpaalan deneme alanı yangın sonrası (YS) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	1.15	1.25	1.28	1.28	5.51	5.70	5.88	6.00	60.00	35.10	31.95	31.11	5.84	2.02	1.62	1.54
	SS	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.13	0.04	0.07	6.30	0.00	1.05	4.90	0.24	0.24	0.16	0.32
Tİ	ORT	0.94	1.15	1.48	1.32	5.68	5.83	5.73	5.94	56.73	41.33	42.57	27.19	6.44	2.61	1.95	0.99
	SS	0.18	0.06	0.18	0.00	0.28	0.20	0.09	0.00	43.76	8.77	24.55	0.00	1.04	1.30	0.75	0.00
YK	ORT	1.33	1.44	1.50	1.51	5.35	5.49	5.68	5.71	26.75	18.36	17.10	18.88	6.43	1.07	0.802	0.76
	SS	0.00	0.04	0.00	0.01	0.11	0.05	0.11	0.11	2.86	2.96	3.15	2.91	1.62	0.16	0.12	0.16
Y	ORT	1.18	1.25	1.27	1.36	5.79	5.84	5.93	6.45	104.53	41.28	32.34	25.99	5.45	1.49	1.49	1.07
	SS	0.04	0.07	0.06	0.07	0.36	0.33	0.37	0.36	16.50	17.12	20.33	15.76	1.72	0.43	0.76	0.78

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 3. Arpaalan deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi ortası (VDO) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.69	0.89	0.97	1.14	5.69	5.87	5.96	6.09	66.25	49.70	26.47	23.24	8.90	3.93	1.68	1.44
	SS	0.06	0.06	0.02	0.14	0.24	0.09	0.05	0.05	15.05	16.70	1.29	0.28	0.56	0.36	0.16	0.24
Tİ	ORT	0.79	1.17	1.32	1.12	6.00	5.83	5.89	5.86	63.27	37.25	23.84	20.70	8.12	5.78	1.47	0.99
	SS	0.17	0.11	0.09	0.07	0.10	0.12	0.05	0.16	5.95	11.77	5.75	4.06	1.31	0.93	1.08	0.46
YK	ORT	0.73	0.85	1.12	1.20	5.63	5.76	5.93	6.11	134.35	64.10	26.96	26.82	9.46	3.40	2.24	1.48
	SS	0.09	0.14	0.06	0.08	0.01	0.08	0.12	0.11	8.25	34.40	7.44	3.19	0.65	2.42	1.13	0.12
Y	ORT	0.80	1.12	1.25	1.33	5.64	5.78	5.98	6.19	72.33	57.17	20.57	19.39	7.90	4.36	1.07	0.69
	SS	0.16	0.07	0.04	0.07	0.44	0.30	0.13	0.12	38.70	30.70	5.64	3.65	1.15	2.05	0.17	0.26

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 4. Arpaalan deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS1) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.90	0.94	0.98	1.09	5.25	5.12	5.17	5.06	115.10	54.00	52.40	37.40	8.69	3.83	1.37	1.45
	SS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tİ	ORT	0.71	1.03	1.13	1.25	5.84	5.69	5.57	5.75	96.40	62.30	38.70	35.50	8.10	4.33	2.55	1.01
	SS	0.10	0.15	0.10	0.11	0.39	0.39	0.41	0.43	51.30	15.91	3.14	3.76	1.89	0.64	0.48	0.24
YK	ORT	0.81	1.07	1.11	1.35	5.55	5.74	5.86	6.00	83.25	33.80	33.45	26.38	7.28	3.12	1.61	1.26
	SS	0.16	0.04	0.04	0.16	0.05	0.03	0.13	0.20	25.35	0.80	1.15	5.42	2.02	0.71	0.00	0.12
Y	ORT	0.82	1.02	1.11	1.28	5.49	5.59	5.72	5.98	98.27	40.52	25.41	23.77	8.95	4.12	1.61	1.17
	SS	0.09	0.10	0.11	0.18	0.16	0.21	0.13	0.24	42.42	27.32	8.43	7.42	0.85	1.07	0.55	0.43

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 5. Arpaalan deneme alanı ikinci yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS2) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.73	0.85	0.98	1.06	5.29	5.52	5.60	5.78	81.70	41.95	28.93	21.29	9.27	4.42	1.35	0.91
	SS	0.07	0.03	0.04	0.04	0.22	0.13	0.12	0.12	0.40	0.65	6.18	1.72	1.98	0.94	0.20	0.04
Tİ	ORT	0.73	0.78	1.15	1.10	5.73	5.61	5.70	5.69	64.20	49.50	22.23	20.42	8.48	6.91	3.01	1.64
	SS	0.16	0.10	0.06	0.09	0.48	0.21	0.12	0.10	34.63	18.97	2.81	1.75	2.52	3.80	2.26	0.60
YK	ORT	0.67	0.91	1.08	1.14	5.36	5.46	5.56	5.57	95.05	49.50	29.75	24.36	7.92	5.23	1.90	1.45
	SS	0.03	0.21	0.10	0.12	0.00	0.10	0.15	0.16	8.65	13.00	9.35	11.55	1.15	1.32	0.29	0.15
Y	ORT	0.56	0.97	1.08	1.21	5.61	5.71	5.85	6.14	87.60	33.55	19.18	18.20	8.27	5.20	1.54	1.09
	SS	0.03	0.09	0.04	0.06	0.32	0.39	0.32	0.49	56.90	6.84	2.41	3.70	0.53	1.30	0.22	0.10

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 6. Arpaalan deneme alanı üçüncü yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS3) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.64	1.06	1.09	1.15	5.01	5.08	5.22	5.31	36.60	27.60	17.80	14.13	9.03	2.52	086	059
	SS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tİ	ORT	0.69	0.94	1.12	1.08	5.59	5.52	5.46	5.68	58.50	41.50	21.09	18.43	8.63	6.92	1.81	1.48
	SS	0.08	0.14	0.17	0.12	0.13	0.27	0.19	0.22	34.45	15.02	2.86	4.23	1.09	2.40	0.82	0.51
YK	ORT	0.64	0.96	1.13	1.23	5.23	5.55	5.57	5.66	57.60	30.53	19.52	18.01	8.65	3.85	1.59	1.23
	SS	0.02	0.06	0.01	0.02	0.28	0.04	0.05	0.03	11.40	1.98	0.63	1.09	1.78	1.56	0.03	0.04
Y	ORT	0.65	1.15	1.18	1.26	5.37	5.53	5.59	5.76	55.42	23.64	21.66	18.01	7.94	2.35	1.39	1.05
	SS	0.23	0.02	0.03	0.07	0.42	0.23	0.20	0.25	48.63	11.17	11.82	7.89	1.45	0.38	0.60	0.21

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 7. Arpaalan deneme alanı HA değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDO	VDS1	VDS2	VDS3
HA	g/cm ³	0-5	YÖ		-0.053	0.346	0.285	0.426	0.440
			YS	0.053		0.399	0.338	0.479	0.493
			VDO	-0.346	-0.399		-0.061	0.080	0.094
			VDS1	-0.285	-0.338	0.061		0.141	0.155
			VDS2	-0.426	-0.479	-0.080	-0.141		0.014
			VDS3	-0.440	-0.493	-0.094	-0.155	-0.014	
		5-15	YÖ		-0.060	0.203	0.197	0.332	0.183
			YS	0.060		0.263	0.257	0.392	0.243
			VDO	-0.203	-0.263		-0.006	0.128	-0.020
			VDS1	-0.197	-0.257	0.006		0.134	-0.014
			VDS2	-0.332	0.392	-0.128	-0.134		-0.148
			VDS3	-0.183	-0.243	0.020	0.014	0.148	
		15-30	YÖ		-0.142	0.075	0.155	0.168	0.109
			YS	0.142		0.217	0.297	0.311	0.252
			VDO	-0.075	-0.217		0.080	0.093	0.034
			VDS1	-0.155	-0.297	-0.080		0.013	-0.046
			VDS2	-0.168	-0.311	-0.093	-0.013		-0.059
			VDS3	-0.109	-0.252	-0.034	0.046	0.059	
		30-50	YÖ		-0.008	0.164	0.117	0.232	0.178
			YS	0.008		0.172	0.124	0.239	0.185
			VDO	-0.164	-0.172		-0.048	0.067	0.013
			VDS1	-0.117	-0.124	0.048		0.115	0.061
			VDS2	-0.232	-0.239	-0.067	-0.115		-0.054
			VDS3	-0.178	-0.185	-0.013	-0.061	0.054	

*HA: Hacim Ağırlığı, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS3: Üçüncü Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 8. Arpaalan deneme alanı pH değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDO	VDS1	VDS2	VDS3
pH	H ₂ O	0-5	YÖ		0.177	0.018	0.226	0.262	0.459
			YS	-0.177		-0.159	0.049	0.085	0.282
			VDO	-0.018	0.159		0.208	0.244	0.442
			VDS1	-0.226	-0.049	-0.208		0.036	0.233
			VDS2	-0.262	-0.085	-0.244	-0.036		0.197
			VDS3	-0.459	-0.282	-0.442	-0.233	-0.197	
		5-15	YÖ		0.236	0.138	0.413	0.375	0.527
			YS	-0.236		-0.098	0.178	0.139	0.292
			VDO	-0.138	0.098		0.275	0.237	0.389
			VDS1	-0.413	-0.178	-0.275		-0.038	0.114
			VDS2	-0.375	-0.139	-0.237	0.038		0.152
			VDS3	-0.527	-0.292	-0.389	-0.114	-0.152	
		15-30	YÖ		0.225	0.091	0.452	0.353	0.569
			YS	-0.225		-0.134	0.227	0.128	0.344
			VDO	-0.091	0.134		0.361	0.262	0.478
			VDS1	-0.452	-0.227	-0.361		-0.099	0.118
			VDS2	-0.353	-0.128	-0.262	0.099		0.217
			VDS3	-0.569	-0.344	-0.478	-0.118	-0.217	
		30-50	YÖ		0.273	0.237	0.601	0.503	0.697
			YS	-0.273		-0.037	0.328	0.230	0.423
			VDO	-0.237	0.037		0.364	0.267	0.460
			VDS1	-0.601	-0.328	-0.364		-0.098	0.096
			VDS2	-0.503	-0.230	-0.267	0.098		0.193
			VDS3	-0.697	-0.423	-0.460	-0.096	-0.193	

* pH: Toprak Reaksiyonu, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS3: Üçüncü Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 9. Arpaalan deneme alanı EC değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDO	VDS1	VDS2	VDS3
EC	µs/cm	0-5	YÖ		-6.525	-28.572	-42.776	-26.659	3.447
			YS	6.525		-22.047	-36.251	-20.134	9.973
			VDO	28.572	22.047		-14.204	1.912	32.019
			VDS1	42.776	36.251	14.204		16.117	46.223
			VDS2	26.659	20.134	-1.912	-16.117		30.107
			VDS3	-3.447	-9.973	-32.019	-46.223	-30.107	
		5-15	YÖ		13.819	-4.216	0.182	4.213	17.022
			YS	-13.819		-18.035	-13.637	-9.606	3.203
			VDO	4.216	18.035		4.398	8.429	21.238
			VDS1	-0.182	13.637	-4.398		4.031	16.839
			VDS2	-4.213	9.606	-8.429	-4.031		12.808
			VDS3	-17.022	-3.203	-21.238	-16.839	-12.808	
		15-30	YÖ		1.993	8.523	-4.509	7.961	12.966
			YS	-1.993		6.531	-6.502	5.968	10.973
			VDO	-8.523	-6.531		-13.032	-0.562	4.442
			VDS1	4.509	6.502	13.032		12.470	17.475
			VDS2	-7.961	5.968	0.562	-12.470		5.005
			VDS3	-12.966	-10.973	-4.442	-17.475	-5.005	
		30-50	YÖ		12.763	16.017	7.792	17.488	21.409
			YS	-12.763		3.254	-4.971	4.725	8.647
			VDO	-16.017	-3.254		-8.225	1.471	5.393
			VDS1	-7.792	4.971	8.225		9.696	13.618
			VDS2	-17.488	-4.725	-1.471	-9.696		3.922
			VDS3	-21.409	-8.647	-5.393	-13.618	-3.922	

*EC: Elektriksel İletkenlik, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS3: Üçüncü Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 10. Arpaalan deneme alanı C değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDO	VDS1	VDS2	VDS3
C	%	0-5	YÖ		0.181	-2.375	-2.034	-2.264	-2.345
			YS	-0.181		-2.556	-2.215	-2.445	-2.526
			VDO	2.375	2.556		0.341	0.111	0.030
			VDS1	2.034	2.215	-0.341		-0.230	-0.310
			VDS2	2.264	2.445	-0.111	0.230		-0.081
			VDS3	2.345	2.526	-0.030	0.311	0.081	
		5-15	YÖ		0.652	-0.681	-0.527	-1.036	-0.494
			YS	-0.652		-1.333	-1.179	-1.688	-1.145
			VDO	0.681	1.333		0.154	-0.356	0.187
			VDS1	0.527	1.179	-0.154		-0.510	0.033
			VDS2	1.036	1.688	0.356	0.510		0.543
			VDS3	0.494	1.145	-0.187	-0.033	-0.543	
		15-30	YÖ		0.900	0.753	0.582	0.417	0.953
			YS	-0.900		-0.147	-0.318	-0.483	0.053
			VDO	-0.753	0.147		-0.172	-0.337	0.200
			VDS1	-0.582	0.318	0.172		-0.165	0.372
			VDS2	-0.417	0.483	0.337	0.165		0.537
			VDS3	-0.953	-0.053	-0.200	-0.372	-0.537	
		30-50	YÖ		0.452	0.393	0.322	0.271	0.455
			YS	-0.452		-0.058	-0.129	-0.181	0.003
			VDO	-0.393	0.053		-0.071	-0.123	0.062
			VDS1	-0.322	0.129	0.071		-0.052	0.133
			VDS2	-0.271	0.181	0.123	0.052		0.184
			VDS3	-0.455	-0.003	-0.062	-0.133	-0.184	

*C: Organik Karbon, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS3: Üçüncü Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p < 0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 11. Arpaalan deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin işlem birimi bazında yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Derinliği (cm)	İşlem Birimi	HA (g/cm ³)			pH (H ₂ O)			EC (µs/cm)			C (%)		
		1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup
0-5	K	0.86			5.39			68.58			7.99		
	Tİ	0.83				5.84		66.14			7.61		
	YK	0.88			5.45			75.53			7.69		
	Y	0.85			5.58	5.58		79.05			7.48		
	p	0.802			0.417	0.214		0.613			0.683		
5-15	K	1.02			5.51			40.35			3.35		
	Tİ	1.04			5.75			49.96				5.24	
	YK	1.08			5.67			40.19			3.05		
	Y	1.13			5.75			40.17			3.19		
	p	0.157			0.183			0.572			0.955	1.000	
15-30	K	1.09			5.61			31.03			1.52		
	Tİ		1.22		5.74			34.39				2.63	
	YK		1.21		5.78			24.91			1.54		
	Y		1.20		5.86			23.64			1.37		
	p	1.000	0.913		0.124			0.054			0.887	1.000	
30-50	K	1.17			5.70			25.27			1.24	1.24	
	Tİ	1.21			5.90	5.90		29.51				1.44	
	YK		1.30		5.90	5.90		25.32			1.21	1.21	
	Y		1.30			6.15		23.81			1.02		
	p	0.575	1.000		0.454	0.283		0.747			0.132	1.000	

*p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon

Ek 12. Şerifebacı deneme alanı yangın öncesi (YÖ) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (µs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.65	0.94	1.26	1.38	5.37	6.77	7.10	7.55	80.46	67.85	55.10	41.80	9.49	5.36	3.66	2.06
	SS	0.01	0.07	0.19	0.00	0.30	0.36	0.80	0.00	24.09	17.35	17.10	0.00	0.16	0.06	1.42	0.00
Tİ	ORT	0.65	0.77	0.96	1.00	6.32	6.40	7.14	7.37	128.20	131.93	76.83	92.77	8.94	7.68	5.64	5.22
	SS	0.16	0.22	0.22	0.05	0.72	0.89	0.38	0.18	95.55	117.19	32.18	10.65	1.96	2.52	1.84	1.74
YK	ORT	0.73	1.05	1.18	1.30	5.98	7.03	7.19	7.21	75.37	86.27	97.20	75.60	8.52	5.88	4.22	2.95
	SS	0.05	0.10	0.04	0.07	0.47	0.36	0.49	0.13	20.35	17.21	30.12	9.00	3.93	1.37	0.56	0.16
Y	ORT	0.73	1.05	1.18	1.30	5.98	7.03	7.19	7.21	75.37	86.27	97.20	75.60	8.52	5.88	4.22	2.95
	SS	0.05	0.10	0.04	0.07	0.47	0.36	0.49	0.13	20.35	17.21	30.12	9.00	3.93	1.37	0.56	0.16

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 13. Şerifebacı deneme alanı yangın sonrası (YS) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (µs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.79	0.92	1.07	1.19	5.37	5.82	7.14	7.47	161.35	84.25	92.60	76.30	7.62	5.36	4.19	2.04
	SS	0.11	0.08	0.08	0.00	0.06	0.08	0.20	0.00	51.25	28.45	10.50	0.00	0.92	0.64	0.95	0.00
Tİ	ORT	0.65	0.82	0.97	1.06	6.82	7.32	7.44	7.59	140.77	132.53	107.07	105.45	8.37	7.92	4.56	3.33
	SS	0.05	0.08	0.25	0.05	0.07	0.10	0.15	0.07	31.94	25.38	8.51	3.95	1.68	3.27	0.63	1.21
YK	ORT	0.61	0.80	1.19	1.35	5.59	6.35	6.97	7.02	118.85	112.40	54.30	31.73	10.03	8.02	3.82	2.38
	SS	0.00	0.18	0.06	0.04	0.52	0.66	0.21	0.22	4.05	24.30	9.90	4.78	0.80	0.45	0.19	0.34
Y	ORT	0.64	0.85	1.19	1.26	6.23	6.57	6.80	6.90	198.03	80.97	57.63	57.00	9.56	5.70	3.50	2.04
	SS	0.08	0.02	0.08	0.10	0.32	0.12	0.14	0.27	42.60	8.17	15.66	39.88	0.81	0.25	0.69	0.57

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 14. Şerifebacı deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi başı (VDB) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (µs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.73	0.84	0.99	1.35	4.78	5.56	7.01	7.38	94.00	55.95	62.75	51.40	8.56	5.56	3.65	2.27
	SS	0.07	0.13	0.11	0.00	0.13	0.11	0.09	0.00	5.30	6.25	13.85	0.00	1.32	0.87	1.06	0.00
Tİ	ORT	0.69	1.05	1.36	1.36	5.96	6.89	7.38	7.49	53.47	53.07	48.97	46.40	9.48	5.48	2.34	1.55
	SS	0.22	0.12	0.07	0.23	0.93	0.21	0.13	0.11	9.06	7.71	16.31	13.94	0.56	1.32	0.23	0.28
YK	ORT	0.65	0.85	1.10	1.36	5.56	6.57	6.99	6.99	78.24	44.14	33.80	28.27	9.59	4.85	2.57	1.21
	SS	0.06	0.21	0.09	0.00	0.08	0.55	0.33	0.00	51.43	17.61	5.76	0.00	1.10	1.03	0.38	0.00
Y	ORT	0.76	1.12	1.24	1.32	6.65	6.69	6.77	6.82	127.07	54.10	38.93	26.22	7.33	3.64	2.48	1.27
	SS	0.22	0.07	0.06	0.03	0.05	0.04	0.004	0.08	76.28	12.62	10.30	9.63	1.82	0.45	0.62	0.05

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 15. Şerifebacı deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi ortası (VDO) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (µs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.59	0.79	1.14	1.36	4.79	5.87	7.07	7.30	88.25	76.10	109.95	95.70	7.73	6.93	3.94	2.52
	SS	0.01	0.18	0.07	0.00	0.12	0.41	0.17	0.00	10.35	17.00	21.45	0.00	0.59	1.05	0.09	0.00
Tİ	ORT	0.90	1.14	1.28	1.37	6.06	7.27	7.41	7.39	93.17	110.97	109.80	93.20	9.35	4.63	3.71	1.76
	SS	0.14	0.21	0.08	0.00	0.13	0.11	0.01	0.00	25.36	4.49	2.90	0.00	0.86	0.56	1.61	0.00
YK	ORT	0.61	1.17	1.30	1.32	4.79	6.15	6.66	6.77	128.17	53.77	43.97	40.56	8.69	4.58	2.80	1.68
	SS	0.08	0.05	0.01	0.03	0.71	0.19	0.22	0.22	47.67	18.06	13.04	17.65	0.29	1.49	0.07	0.11
Y	ORT	0.69	1.19	1.32	1.37	5.87	6.39	6.53	6.68	149.10	73.20	44.17	45.80	7.98	4.35	2.98	2.16
	SS	0.14	0.08	0.06	0.08	0.53	0.17	0.04	0.11	97.29	12.01	8.11	8.73	2.00	0.23	0.81	0.67

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 16. Şerifebacı deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS1) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (µs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.73	0.83	1.20	1.32	5.18	6.24	6.70	6.80	96.25	63.10	27.75	36.10	8.72	5.94	3.08	2.69
	SS	0.13	0.13	0.00	0.00	0.37	0.56	0.00	0.00	16.85	32.60	0.00	0.00	0.51	1.17	0.00	0.00
Tİ	ORT	0.84	1.04	1.09	1.36	6.11	6.76	7.31	7.41	94.47	89.50	75.55	80.30	8.69	5.31	3.27	3.01
	SS	0.15	0.10	0.01	0.00	0.81	0.12	0.09	0.00	26.52	29.34	8.75	0.00	1.67	0.86	0.01	0.00
YK	ORT	0.72	1.15	1.31	1.48	5.62	6.50	6.75	6.67	78.03	70.17	39.35	28.72	8.79	4.96	2.64	2.05
	SS	0.19	0.06	0.06	0.00	0.46	0.72	0.38	0.00	7.18	29.11	10.70	0.00	1.17	1.09	0.20	0.00
Y	ORT	0.73	1.16	1.29	1.40	5.70	6.37	6.52	6.65	122.82	50.90	36.11	32.83	7.57	3.55	2.51	1.69
	SS	0.07	0.17	0.07	0.07	0.22	0.47	0.41	0.42	96.89	13.06	9.63	10.02	2.89	1.67	0.94	0.37

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 17. Şerifebacı deneme alanı ikinci yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS2) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (µs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.63	0.95	1.34	1.49	4.81	6.07	6.73	6.86	143.75	64.17	65.55	60.20	9.45	5.26	3.24	3.12
	SS	0.01	0.17	0.02	0.00	0.06	0.26	0.06	0.00	2.05	9.99	1.85	0.00	0.38	2.12	0.60	0.00
Tİ	ORT	0.92	0.94	1.29	1.27	5.74	6.44	6.87	7.00	56.03	67.87	60.23	67.70	9.15	5.05	3.05	2.66
	SS	0.57	0.09	0.09	0.21	0.66	0.27	0.11	0.06	2.76	7.21	6.30	10.79	2.02	0.99	0.13	0.78
YK	ORT	0.66	1.09	1.21	1.31	5.39	6.15	6.59	6.87	124.43	65.47	69.63	56.30	8.75	5.11	2.58	1.95
	SS	0.11	0.09	0.05	0.13	0.62	0.45	0.49	0.06	44.41	28.25	44.09	7.20	1.55	0.68	0.15	0.21
Y	ORT	0.82	1.17	1.32	1.40	6.43	6.49	6.59	6.58	94.33	66.70	58.43	23.70	8.60	4.96	3.73	1.50
	SS	0.06	0.06	0.04	0.02	0.15	0.06	0.19	0.04	31.48	11.57	29.88	1.35	1.37	2.15	2.91	0.09

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 18. Şerifebacı deneme alanı HA değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
HA	g/cm ³	0-5	YÖ		0.014	-0.020	-0.010	-0.065	-0.069
			YS	-0.014		-0.034	-0.024	-0.079	-0.083
			VDB	0.020	0.034		0.010	-0.045	-0.049
			VDO	0.010	0.024	-0.010		-0.055	-0.059
			VDS1	0.065	0.079	0.045	0.055		-0.004
			VDS2	0.069	0.083	0.049	0.059	0.004	
		5-15	YÖ		0.105	-0.012	-0.118	-0.092	-0.085
			YS	-0.105		-0.117	-0.223	-0.197	-0.190
			VDB	0.012	0.117		-0.106	-0.079	-0.073
			VDO	0.118	0.223	0.106		0.027	0.033
			VDS1	0.092	0.197	0.079	-0.027		0.007
			VDS2	0.085	0.190	0.073	-0.033	-0.007	
		15-30	YÖ		0.043	-0.027	-0.113	-0.077	-0.142
			YS	-0.043		-0.070	-0.157	-0.120	-0.185
			VDB	0.027	0.070		-0.087	-0.050	-0.115
			VDO	0.113	0.157	0.087		0.037	-0.028
			VDS1	0.077	0.120	0.050	-0.037		-0.065
			VDS2	0.142	0.185	0.115	0.028	0.065	
		30-50	YÖ		0.028	-0.107	-0.113	-0.148	-0.125
			YS	-0.028		-0.135	-0.142	-0.176	-0.153
			VDB	0.107	0.135		-0.007	-0.041	-0.018
			VDO	0.113	0.142	0.007		-0.034	-0.012
			VDS1	0.148	0.176	0.041	0.034		0.023
			VDS2	0.125	0.153	0.018	0.012	-0.023	

*HA: Hacim Ağırlığı, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 19. Şerifebacı deneme alanı pH değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
pH	H ₂ O	0-5	YÖ		-0.088	0.173	0.533	0.259	0.320
			YS	0.088		0.262	0.622	0.347	0.408
			VDB	-0.173	-0.262		0.360	0.086	0.147
			VDO	-0.533	-0.622	-0.360		-0.274	-0.213
			VDS1	-0.259	-0.347	-0.086	0.274		0.061
			VDS2	-0.320	-0.408	-0.147	0.213	-0.061	
		5-15	YÖ		0.293	0.381	0.389	0.340	0.521
			YS	-0.293		0.088	0.097	0.047	0.228
			VDB	-0.381	-0.088		0.008	-0.041	0.140
			VDO	-0.389	-0.097	-0.008		-0.049	0.132
			VDS1	-0.340	-0.047	0.041	0.049		0.181
			VDS2	-0.521	-0.228	-0.140	-0.132	-0.181	
		15-30	YÖ		0.066	0.117	0.238	0.336	0.460
			YS	-0.066		0.051	0.172	0.270	0.394
			VDB	-0.117	-0.051		0.121	0.219	0.343
			VDO	-0.238	0.172	-0.121		-0.098	0.222
			VDS1	-0.336	-0.270	-0.219	-0.098		0.124
			VDS2	-0.460	-0.394	-0.343	-0.222	-0.124	
		30-50	YÖ		0.091	0.166	0.301	0.453	0.507
			YS	-0.091		0.075	0.210	0.362	0.417
			VDB	-0.166	-0.075		0.135	0.287	0.342
			VDO	-0.301	-0.210	-0.135		0.152	0.207
			VDS1	-0.453	-0.362	-0.287	-0.152		0.055
			VDS2	-0.507	-0.417	-0.342	-0.207	-0.055	

*pH: Toprak Reaksiyonu, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

***İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 20. Şerifebacı deneme alanı EC değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
EC	µs/cm	0-5	YÖ		-64.901	1.656	-24.822	-8.043	-14.788
			YS	64.901		66.57	40.079	56.858	50.113
			VDB	-1.656	-66.557		-26.478	-9.699	-16.444
			VDO	24.822	-40.079	26.478		16.778	10.033
			VDS1	8.043	-56.858	9.699	-16.778		-6.745
			VDS2	14.788	-50.113	16.444	-10.033	6.745	
		5-15	YÖ		-9.458	41.266	14.571	24.662	27.029
			YS	9.458		50.724	24.029	34.121	36.488
			VDB	-41.266	-50.724		-26.695	-16.603	-14.237
			VDO	-14.571	-24.029	26.695		10.092	12.458
			VDS1	-24.662	-34.121	16.603	-10.092		2.367
			VDS2	-27.029	-36.488	14.237	-12.458	-2.367	
		15-30	YÖ		3.683	35.470	4.612	36.895	18.121
			YS	-3.683		31.787	0.929	33.212	14.438
			VDB	-35.470	-31.787		-30.857	1.425	-17.349
			VDO	-4.612	-0.929	30.857		32.283	13.508
			VDS1	-36.895	-33.212	-1.425	-32.283		-18.774
			VDS2	-18.121	-14.438	17.349	-13.508	18.774	
		30-50	YÖ		3.823	33.370	2.628	26.955	19.467
			YS	-3.823		29.547	-1.195	23.132	15.643
			VDB	-33.370	-29.547		-30.742	-6.415	-13.903
			VDO	-2.268	1.195	30.742		24.327	16.838
			VDS1	-26.955	-23.132	6.415	-24.327		-7.488
			VDS2	-19.467	-15.643	13.903	-16.838	7.488	

*EC: Elektriksel İletkenlik, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 21. Şerifebacı deneme alanı C değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
C	%	0-5	YÖ		-0.030	0.126	0.431	0.356	-0.120
			YS	0.030		0.156	0.461	0.386	-0.090
			VDB	-0.126	-0.156		0.305	0.230	-0.246
			VDO	-0.431	-0.461	-0.305		-0.075	-0.551
			VDS1	-0.356	-0.386	-0.230	0.075		-0.476
			VDS2	0.120	0.090	0.246	0.551	0.476	
		5-15	YÖ		-0.551	1.317	1.075	1.262	1.102
			YS	0.551		1.867	1.626	1.812	1.652
			VDB	-1.317	-1.867		-0.0242	-0.055	-0.215
			VDO	-1.075	-1.626	0.242		0.187	0.027
			VDS1	-1.262	-1.1812	0.055	-0.187		-0.160
			VDS2	-1.102	-1.652	0.215	-0.027	0.160	
		15-30	YÖ		0.418	1.673	1.078	1.561	1.285
			YS	-0.418		1.255	0.661	1.143	0.868
			VDB	-1.673	-1.255		-0.0594	-0.112	-0.387
			VDO	-1.078	-0.661	0.594		0.483	0.207
			VDS1	-1.561	-1.143	0.112	-0.483		-0.276
			VDS2	-1.285	-0.868	0.387	-0.207	0.276	
		30-50	YÖ		0.847	1.719	1.264	0.934	0.987
			YS	-0.847		0.872	0.418	0.087	0.140
			VDB	-1.719	-0.872		-0.455	-0.785	-0.732
			VDO	-1.264	-0.418	0.455		-0.330	-0.277
			VDS1	-0.934	-0.087	0.785	0.330		0.053
			VDS3	-0.987	-0.140	0.732	-0.277	-0.053	

*C: Organik Karbon, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p < 0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 22. Şerifebacı deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin işlem birimi bazında yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Derinliği (cm)	İşlem Birimi	HA (g/cm ³)			pH (H ₂ O)			EC (µs/cm)			C (%)		
		1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup
0-5	K	0.69			5.05			110.68			8.60		
	Tİ	0.77				6.17		94.35			9.04		
	YK	0.67			5.49	5.49		100.52			9.06		
	Y	0.73				6.14		127.79			8.26		
	p	0.185			0.269	0.060		0.069			0.662		
5-15	K	0.88			6.05			68.57			5.73	5.73	
	Tİ	0.96	0.96			6.85			97.64			6.01	
	YK		1.02	1.02	6.46	6.46		73.03	72.03		5.57	5.57	
	Y			1.09	6.59	6.59		68.69			4.68		
	p	0.177	0.395	0.263	0.093	0.268		0.976	0.067		0.076	0.629	
15-30	K	1.17			6.96	6.96		68.95	68.95		3.63		
	Tİ	1.16				7.26			79.74		3.76		
	YK	1.22	1.22		6.86	6.86		56.38			3.11		
	Y		1.26		6.73			55.41			3.24		
	p	0.139	0.420		0.521	0.124		0.225	0.386		0.233		
30-50	K		1.35			7.23			60.25		2.45	2.45	
	Tİ	1.24					7.37			80.97		2.92	
	YK		1.35		6.92			43.53			2.04		
	Y		1.34		6.81			43.52			1.94		
	p	1.000	0.981		0.112	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.063	0.091	

*p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon

Ek 23. Göktepe deneme alanı yangın öncesi (YÖ) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.76	1.07	1.20	1.26	5.37	6.77	7.10	7.55	83.95	52.70	51.10	27.71	9.41	4.85	2.91	2.08
	SS	0.17	0.12	0.14	0.00	0.30	0.36	0.80	0.00	16.35	6.50	4.20	0.00	0.43	1.34	0.59	0.00
Tİ	ORT	0.68	0.89	1.73	1.32	6.32	6.40	7.14	7.37	47.90	97.30	31.70	36.46	10.03	3.61	1.53	0.75
	SS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.89	0.38	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
YK	ORT	0.77	0.98	1.14	1.15	5.98	7.03	7.19	7.21	62.53	28.66	20.88	15.29	7.49	4.41	2.42	1.69
	SS	0.03	0.14	0.08	0.00	0.47	0.36	0.49	0.13	40.79	7.94	4.53	0.00	1.53	1.49	0.46	0.00
Y	ORT	0.77	0.98	1.14	1.15	5.98	7.03	7.19	7.21	62.53	28.66	20.88	15.29	7.49	4.41	2.42	1.69
	SS	0.03	0.14	0.08	0.00	0.47	0.36	0.49	0.13	40.79	7.94	4.53	0.00	1.53	1.49	0.46	0.00

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 24. Göktepe deneme alanı yangın sonrası (YS) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.63	0.98	1.01	1.08	5.37	5.82	7.14	7.47	102.70	72.55	50.80	48.60	8.09	6.42	2.95	2.20
	SS	0.06	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.20	0.00	0.90	7.05	7.10	6.80	2.03	0.95	0.16	0.43
Tİ	ORT	0.68	0.89	1.73	1.32	6.82	7.32	7.44	7.59	47.90	97.30	31.70	36.46	10.03	3.61	1.53	0.75
	SS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.15	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
YK	ORT	0.83	0.91	1.07	1.21	5.59	6.35	6.97	7.02	72.10	60.80	27.64	19.90	8.13	5.11	2.24	1.33
	SS	0.05	0.05	0.03	0.00	0.52	0.66	0.21	0.22	9.20	12.30	0.04	0.00	0.83	0.71	0.08	0.00
Y	ORT	0.79	0.98	1.45	1.46	6.23	6.57	6.80	6.90	111.50	53.40	32.88	24.32	7.78	3.59	2.16	1.69
	SS	0.19	0.15	0.33	0.00	0.32	0.12	0.14	0.27	69.46	4.89	7.79	0.00	0.64	0.78	0.55	0.00

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 25. Göktepe deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi başı (VDB) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.79	1.11	1.26	1.36	4.78	5.56	7.01	7.38	108.55	74.75	59.40	58.10	7.08	4.41	2.11	1.39
	SS	0.11	0.10	0.06	0.00	0.13	0.11	0.09	0.00	2.65	2.45	12.00	0.00	0.55	0.34	0.21	0.00
Tİ	ORT	0.77	1.09	1.36	1.45	5.96	6.89	7.38	7.49	65.67	26.75	27.31	13.36	9.12	2.47	1.89	1.58
	SS	0.24	0.22	0.18	0.13	0.93	0.21	0.13	0.11	25.70	7.34	10.93	2.31	1.00	0.86	0.34	0.19
YK	ORT	0.80	1.22	1.45	1.46	5.56	6.57	6.99	6.99	60.77	35.66	20.91	20.32	6.97	3.11	2.04	1.93
	SS	0.04	0.11	0.18	0.11	0.08	0.55	0.33	0.00	8.87	12.83	9.29	8.05	5.81	0.42	0.69	0.25
Y	ORT	0.79	1.09	1.34	1.44	6.65	6.69	6.77	6.82	61.43	35.98	31.93	36.61	9.43	3.74	2.44	1.76
	SS	0.16	0.06	0.21	0.10	0.05	0.004	0.04	0.08	41.89	20.22	20.22	19.90	0.13	1.55	0.37	0.94

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 26. Göktepe deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi ortası (VDO) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.64	0.95	1.18	1.21	4.79	5.87	7.07	7.30	84.30	62.95	29.47	24.09	9.46	6.96	3.38	2.15
	SS	0.00	0.10	0.00	0.00	0.12	0.41	0.17	0.00	0.00	8.95	0.00	0.00	0.50	1.56	0.00	0.00
Tİ	ORT	0.75	1.14	1.50	1.43	6.06	7.27	7.41	7.39	54.80	33.05	20.19	13.34	8.48	4.55	1.97	1.41
	SS	0.09	0.18	0.05	0.00	0.13	0.11	0.01	0.00	15.58	13.61	3.47	0.00	1.62	2.99	0.03	0.00
YK	ORT	0.65	1.05	1.22	1.37	4.79	6.15	6.66	6.77	78.23	31.60	17.40	13.21	8.99	4.55	2.46	1.89
	SS	0.04	0.09	0.09	0.00	0.71	0.19	0.22	0.22	39.26	18.23	5.28	0.00	1.50	2.02	0.50	0.00
Y	ORT	0.80	1.04	1.47	1.57	5.87	6.39	6.53	6.68	85.10	19.28	11.57	11.14	7.39	2.80	1.72	1.44
	SS	0.15	0.04	0.08	0.00	0.53	0.17	0.04	0.11	21.69	5.50	0.09	0.00	2.39	0.25	0.02	0.00

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 27. Göktepe deneme alanı ilk yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS1) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.76	0.92	1.09	1.20	5.18	6.24	6.70	6.80	147.95	39.15	26.97	19.44	8.57	6.81	1.84	
	SS	0.10	0.02	0.00	0.00	0.37	0.56	0.00	0.00	44.65	5.95	0.00	0.00	1.51	1.69	0.00	
Tİ	ORT	0.80	0.81	1.25	1.38	6.11	6.76	7.31	7.41	94.25	56.40	23.82	7.50	8.03	6.46	1.25	
	SS	0.31	0.27	0.19	0.00	0.81	0.12	0.09	0.00	74.07	44.97	9.33	0.00	1.37	3.11	0.00	
YK	ORT	0.80	0.97	1.21	1.27	5.62	6.50	6.75	6.67	122.00	26.29	15.69	14.92	8.28	3.96	1.79	
	SS	0.05	0.18	0.18	0.05	0.46	0.72	0.38	0.00	71.23	10.89	6.55	5.27	0.85	0.60	0.30	
Y	ORT	0.84	1.25	1.22	1.38	5.70	6.37	6.52	6.65	102.10	32.40	16.42	11.12	8.09	3.47	1.24	
	SS	0.15	0.08	0.04	0.00	0.22	0.47	0.41	0.42	90.71	12.70	2.25	0.00	1.70	0.07	0.00	

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 28. Göktepe deneme alanı ikinci yıl vejetasyon dönemi sonu (VDS2) toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		HA (g/cm ³)				pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)				C (%)			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
N		3				3				3				3			
K	ORT	0.76	0.94	1.23	1.38	4.81	6.07	6.73	6.86	69.40	56.05	43.00	23.21	7.17	4.04	2.69	1.89
	SS	0.10	0.16	0.06	0.00	0.06	0.26	0.06	0.00	9.90	0.15	11.90	0.00	1.74	0.32	0.24	0.00
Tİ	ORT	0.82	1.01	1.38	1.37	5.74	6.44	6.87	7.00	31.66	19.31	9.91	9.66	9.01	3.49	2.84	1.77
	SS	0.14	0.26	0.26	0.00	0.66	0.27	0.11	0.06	10.36	5.08	7.68	0.00	1.20	1.09	0.90	0.00
YK	ORT	0.79	0.94	1.22	1.39	5.39	6.15	6.59	6.87	42.10	20.49	10.34	7.06	8.79	4.69	2.33	1.47
	SS	0.11	0.10	0.02	0.03	0.62	0.45	0.49	0.06	5.37	5.29	1.97	1.30	0.70	1.25	0.07	0.23
Y	ORT	0.74	1.15	1.29	1.46	6.43	6.49	6.59	6.58	26.04	14.95	9.66	7.40	9.02	3.51	2.01	1.04
	SS	0.06	0.07	0.02	0.00	0.15	0.06	0.19	0.04	14.91	2.77	1.33	0.00	0.68	0.44	0.26	0.00

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, 1: 0-5 cm, 2: 5-15 cm, 3: 15-30 cm, 4: 30-50 cm, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon, K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek 29. Göktepe deneme alanı HA değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
HA	g/cm ³	0-5	YÖ		-0.003	-0.037	-0.027	-0.082	-0.086
			YS	0.003		-0.034	-0.024	-0.079	-0.083
			VDB	0.037	0.034		0.010	-0.045	-0.049
			VDO	0.027	0.024	-0.010		-0.055	-0.059
			VDS1	0.082	0.079	0.045	0.055		-0.004
			VDS2	0.086	0.083	0.049	0.059	0.004	
		5-15	YÖ		0.105	-0.012	-0.118	-0.092	-0.085
			YS	-0.105		-0.117	-0.223	-0.197	-0.190
			VDB	0.012	0.117		-0.106	-0.079	-0.073
			VDO	0.118	0.223	0.106		0.027	0.033
			VDS1	0.092	0.197	0.079	-0.027		0.007
			VDS2	0.085	0.190	0.073	-0.033	-0.007	
		15-30	YÖ		0.043	-0.027	-0.113	-0.077	-0.142
			YS	-0.043		-0.070	-0.157	-0.120	-0.185
			VDB	0.027	0.070		-0.087	-0.050	-0.115
			VDO	0.113	0.157	0.087		0.037	-0.028
			VDS1	0.077	0.120	0.050	-0.037		-0.065
			VDS2	0.142	0.185	0.115	0.028	0.065	
		30-50	YÖ		0.028	-0.107	-0.113	-0.148	-0.125
			YS	-0.028		-0.135	-0.142	-0.176	-0.153
			VDB	0.107	0.135		-0.007	-0.041	-0.018
			VDO	0.113	0.143	0.007		-0.034	-0.012
			VDS1	0.148	0.176	0.041	0.034		0.023
			VDS2	0.125	0.153	0.018	0.012	-0.023	

*HA: Hacim Ağırlığı, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 30. Göktepe deneme alanı pH değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
pH	H ₂ O	0-5	YÖ		-0.205	-0.053	0.086	0.138	-0.051
			YS	0.205		0.152	0.291	0.343	0.154
			VDB	0.053	-0.152		0.139	0.192	0.003
			VDO	-0.086	-0.291	-0.139		0.053	-0.137
			VDS1	-0.138	-0.343	-0.192	-0.053		-0.189
			VDS2	0.051	-0.154	-0.003	0.137	0.189	
		5-15	YÖ		-0.248	-0.391	-0.345	-0.294	-0.444
			YS	0.248		-0.143	-0.097	-0.047	-0.197
			VDB	0.391	0.143		0.046	0.097	-0.053
			VDO	0.345	0.097	-0.046		0.051	-0.099
			VDS1	0.294	0.047	-0.097	-0.051		-0.150
			VDS2	0.444	0.197	0.053	0.099	0.150	
		15-30	YÖ		-0.366	-0.414	-0.061	-0.117	-0.252
			YS	0.366		-0.048	0.305	0.249	0.114
			VDB	0.414	0.048		0.353	0.298	0.163
			VDO	0.061	-0.305	-0.353		-0.056	-0.191
			VDS1	0.117	-0.249	-0.298	0.056		-0.135
			VDS2	0.252	-0.114	-0.163	0.191	0.135	
		30-50	YÖ		-0.416	-0.108	0.157	-0.064	-0.038
			YS	0.416		0.307	0.573	0.352	0.378
			VDB	0.108	-0.307		0.266	0.044	0.071
			VDO	-0.157	-0.573	-0.266		-0.222	-0.195
			VDS1	0.064	-0.352	-0.044	0.222		0.027
			VDS2	0.038	-0.378	-0.071	0.195	-0.027	

*pH: Toprak Reaksiyonu, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

***İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri (p<0,05) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 31. Göktepe deneme alanı EC değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
EC	$\mu\text{s/cm}$	0-5	YÖ		-20.705	-7.875	-20.992	-52.321	21.953
			YS	20.705		12.830	-0.287	-31.616	42.658
			VDB	7.875	-12.830		-13.117	-44.446	29.828
			VDO	20.992	0.287	13.117		-31.329	42.945
			VDS1	52.321	31.616	44.416	31.329		74.274
			VDS2	-21.953	-42.658	-29.828	-42.945	-74.274	
		5-15	YÖ		-18.454	-4.493	15.839	13.778	24.858
			YS	18.454		27.947	34.293	32.232	43.312
			VDB	-9.493	-27.947		6.346	4.285	15.364
			VDO	-15.839	-34.293	-6.346		-2.061	9.018
			VDS1	-13.778	-32.232	-4.285	2.061		11.079
			VDS2	-24.858	-43.312	-15.364	-9.018	-11.079	
		15-30	YÖ		-4.901	-3.054	11.197	9.643	12.624
			YS	4.901		1.847	16.097	14.543	17.525
			VDB	3.054	-1.847		14.251	12.697	15.678
			VDO	-11.197	-16.097	-14.251		-1.554	1.427
			VDS1	-9.643	-14.543	-12.697	1.554		2.982
			VDS2	-12.624	-17.525	-15.678	-1.427	-2.982	
		30-50	YÖ		-8.465	-4.564	8.409	11.915	12.022
			YS	8.465		3.901	16.874	20.380	20.487
			VDB	4.564	-3.901		12.973	16.479	16.587
			VDO	-8.409	-16.874	-12.973		3.506	3.613
			VDS1	-11.915	-20.380	-16.479	-3.506		0.107
			VDS2	-12.022	-20.487	-16.587	-3.613	-0.107	

*EC: Elektriksel İletkenlik, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p < 0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 32. Göktepe deneme alanı C değerlerinin zamansal değişimine ilişkin yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Özelliği	Birim	Toprak Derinliği (cm)	Örnekleme Zamanı	Ortalama Fark					
				YÖ	YS	VDB	VDO	VDS1	VDS2
C	%	0-5	YÖ		0.658	0.361	0.268	0.266	0.546
			YS	-0.658		-0.297	-0.389	-0.392	0.112
			VDB	-0.361	0.297		-0.092	-0.095	0.185
			VDO	-0.268	0.389	0.092		-0.002	0.278
			VDS1	-0.266	0.392	0.095	0.002		0.280
			VDS2	-0.546	0.112	-0.185	-0.278	-0.280	
		5-15	YÖ		-0.613	0.962	-0.395	-1.050	0.387
			YS	0.613		1.574	0.218	-0.438	1.000
			VDB	-0.962	-1.574		-1.357	-2.012	-0.574
			VDO	0.395	-0.218	1.357		-0.655	0.783
			VDS1	1.050	0.438	2.012	0.655		1.438
			VDS2	-0.387	-1.000	0.574	-0.783	-1.438	
		15-30	YÖ		0.102	0.203	-0.206	-0.188	-0.629
			YS	-0.102		0.100	-0.308	-0.291	-0.732
			VDB	-0.203	-0.100		-0.408	-0.391	-0.832
			VDO	0.206	0.308	0.408		0.017	-0.423
			VDS1	0.188	0.291	0.391	-0.017		-0.441
			VDS2	0.629	0.732	0.832	0.423	0.441	
		30-50	YÖ		0.092	-0.036	-0.312	0.027	0.014
			YS	-0.092		-0.127	-0.403	-0.065	-0.077
			VDB	0.036	0.127		-0.276	0.063	0.050
			VDO	0.312	0.403	0.276		0.338	0.326
			VDS1	-0.027	0.065	-0.063	-0.338		-0.012
			VDS3	-0.014	0.077	-0.050	-0.326	0.012	

*C: Organik Karbon, YÖ: Yangın Öncesi, YS: Yangın Sonrası, VDB: Vejetasyon Dönemi Başı, VDO: Vejetasyon Dönemi Ortası, VDS1: İlk Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu, VDS2: ikinci Yıl Vejetasyon Dönemi Sonu

*** İstatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren p değerleri ($p < 0,05$) kalın ve koyu yazı karakteri ile gösterilmiştir.

Ek 33. Göktepe deneme alanı toprak özelliklerine ilişkin işlem birimi bazında yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

Toprak Derinliği (cm)	İşlem Birimi	HA (g/cm ³)			pH (H ₂ O)				EC (μs/cm)			C (%)		
		1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup
0-5	K	0.69			5.10					105.90		8.39		
	Tİ	0.75			5.06				57.05			9.33		
	YK	0.76			5.14				72.96			9.21		
	Y	0.77			5.35				74.41			8.62		
	p	0.489			0.253				0.217	1.000		0.097		
5-15	K	1.00				5.90				60.53		5.53		
	Tİ	0.97			4.78					54.67		4.33		
	YK	1.02			5.36	5.36			34.06			4.30		
	Y	1.07				5.70			30.63			3.59		
	p	0.130			0.095	0.128			0.670	0.275		0.069		
15-30	K	1.16					6.36			43.46		2.96		
	Tİ			1.41	5.04				23.91			2.39		
	YK	1.22	1.22		5.49	5.49			19.13			2.32		
	Y		1.31	1.31		5.73			19.90			2.10		
	p	0.546	0.239	0.134	0.084	0.469	1.000		0.298	1.000		0.090		
30-50	K	1.25						7.06			33.36			1.97
	Tİ		1.37	1.37	4.95					19.58		1.26		
	YK	1.31	1.31			5.63			14.41				1.67	1.67
	Y			1.43			5.94		15.19			1.48	1.48	
	p	0.088	0.082	0.143	1.000	1.000	1.000	1.000	0.881	1.000	1.000	0.199	0.301	0.059

*p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), K: Kontrol İşlemi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, HA: Hacim Ağırlığı, pH: Toprak Reaksiyonu, EC: Elektriksel İletkenlik, C: Organik Karbon

Ek 34. Arpaalan deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		KBÇ (mm)			B (cm)			TAY (cm)			TB (cm)			TÇ (cm)			Gİ (mm)		
		Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y
1. Yıl	N	107	67	130	107	67	130	107	67	130	107	67	130	107	67	130	107	67	130
	ORT	1.07	1.49	1.84	4.28	4.93	5.16	2.23	1.80	1.93	2.05	3.13	3.23	2.83	4.07	4.38	40.83	35.65	31.19
	SS	0.03	0.07	0.06	0.09	0.13	0.11	0.06	0.05	0.05	0.07	0.11	0.09	0.10	0.14	0.12	0.89	1.10	0.94
2. Yıl	N	50	39	82	50	39	82	50	39	82	50	39	82	50	39	82	50	39	82
	ORT	1.58	2.80	3.46	7.60	9.96	11.71	2.25	2.29	2.59	5.35	7.67	9.12	5.20	8.51	10.07	49.27	38.15	34.82
	SS	0.08	0.17	0.14	0.32	0.45	0.45	0.12	0.08	0.09	0.29	0.43	0.43	0.33	0.55	0.42	1.68	1.65	0.83
3. Yıl	N	17	17	45	17	17	45	17	17	45	17	17	45	17	17	45	17	17	45
	ORT	2.82	3.96	6.05	10.81	11.95	17.03	2.48	2.33	2.64	8.32	9.62	14.29	8.16	10.64	15.13	40.52	32.33	29.55
	SS	0.29	0.42	0.31	0.74	0.83	0.73	0.19	0.20	0.16	0.76	0.71	0.74	0.77	0.67	0.73	2.09	2.08	1.11

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek Tablo 35. Arpaalan deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin işlem birimi bazında yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

		KBÇ (mm)			B (cm)			TAY (cm)			TB (cm)			TÇ (cm)			Gİ (mm)		
		1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
		Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup
1. Yıl	Tİ	1.07			4.28				2.23		2.05			2.83					40.83
	YK		1.49			4.93		1.80				3.13			4.07			35.65	
	Y			1.84		5.16		1.93				3.23			4.38		31.19		
	p	1.000	1.000	1.000	1.000	0.314		0.234	1.000		1.000	0.719		1.000	0.172		1.000	1.000	1.000
2. Yıl	Tİ	1.58			7.60			2.25			5.35			5.20					49.27
	YK		2.80			9.96		2.29				7.67			8.51		38.15		
	Y			3.46			11.71	2.59				9.12			10.07		34.82		
	p	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.060			1.000	0.058		1.000	0.050		0.185	1.000	
3. Yıl	Tİ	2.82			10.81			2.48			8.32			8.16					40.52
	YK	3.96			11.95			2.33			9.62			10.64			32.33		
	Y		6.05			17.03		2.64				14.29			15.13		29.55		
	p	0.121	1.000		0.658	1.000		0.551			0.583	1.000		0.134	1.000		0.491	1.000	

*p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

Ek 36. Şerifebacı deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		KBÇ (mm)			B (cm)			TAY (cm)			TB (cm)			TÇ (cm)			Gİ (mm)		
		Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y
1. Yıl	N	157	45	193	157	45	193	157	45	193	157	45	193	157	45	193	157	45	193
	ORT	1.16	1.22	1.41	4.98	5.83	6.35	1.84	2.34	2.38	3.14	3.49	3.97	3.75	3.85	3.36	44.15	49.04	46.66
	SS	0.02	0.04	0.03	0.08	0.18	0.09	0.06	0.12	0.06	0.07	0.12	0.08	0.08	0.13	0.07	0.77	1.47	0.83
2. Yıl	N	138	38	157	138	38	157	138	38	157	138	38	157	138	38	157	138	38	157
	ORT	2.08	2.16	3.09	10.96	12.55	15.16	1.81	2.21	2.28	9.22	10.34	12.81	10.28	11.64	15.26	54.77	59.75	51.76
	SS	0.06	0.09	0.09	0.25	0.36	0.30	0.08	0.12	0.08	0.23	0.29	0.31	0.30	0.50	0.39	0.95	1.63	0.89

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek Tablo 37. Şerifebacı deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin işlem birimi bazında yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

		KBÇ (mm)			B (cm)			TAY (cm)			TB (cm)			TÇ (cm)			Gİ (mm)		
		1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
		Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup	Grup
1. Yıl	Tİ	1.16			4.98			1.84			3.14			3.75			44.15		
	YK	1.22				5.83			2.34			3.49		3.85				49.04	
	Y		1.41				6.35		2.38				3.97		4.36		46.66	46.66	
	p	0.388	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000	0.918		1.000	1.000	1.000	0.806	1.000		0.257	0.136	
2. Yıl	Tİ	2.08			10.96			1.81			9.22			10.28			54.77		
	YK	2.16				12.55			2.21		10.34			11.64				59.75	
	Y		3.09				15.16		2.28			12.81			15.26		51.76		
	p	0.863	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000	0.862		0.087	1.000		0.114	1.000		0.220	1.000	

*p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

Ek 38. Göktepe deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel veriler

		KBÇ (mm)			B (cm)			TAY (cm)			TB (cm)			TÇ (cm)			Gİ (mm)		
		Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y	Tİ	YK	Y
1. Yıl	N	172	51	181	172	51	181	172	51	181	172	51	181	172	51	181	172	51	181
	ORT	0.91	0.95	0.95	4.33	5.31	5.08	1.70	2.38	2.08	2.64	2.93	3.00	3.16	3.43	3.43	48.80	59.92	55.37
	SS	0.02	0.04	0.02	0.08	0.15	0.09	0.05	0.11	0.06	0.06	0.11	0.08	0.07	0.11	0.08	0.89	2.34	0.95
2. Yıl	N	160	40	149	160	40	149	160	40	149	160	40	149	160	40	149	160	40	149
	ORT	1.74	1.95	2.11	9.48	11.20	11.39	1.67	2.17	1.96	7.81	9.03	9.43	8.01	8.49	9.43	56.20	59.87	56.66
	SS	0.06	0.10	0.09	0.27	0.55	0.40	0.06	0.14	0.07	0.26	0.52	0.39	0.25	0.48	0.37	0.95	2.16	0.92

*N: Örnek Sayısı, ORT: Ortalama Değer, SS: Standart Sapma, KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi, Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi

Ek Tablo 39. Göktepe deneme alanı fidan özelliklerine ilişkin işlem birimi bazında yapılan çoklu karşılaştırma tablosu

		KBÇ (mm)			B (cm)			TAY (cm)			TB (cm)			TÇ (cm)			Gİ (mm)		
		1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup
1. Yıl	Tİ	0.91			4.33			1.70			2.64			3.16			48.80		
	YK	0.95				5.31			2.38		2.93	2.93		3.43					59.92
	Y	0.95				5.08				2.08		3.00		3.43				55.37	
	p	0.577			1.000	0.340		1.000	1.000	1.000	0.077	0.866		0.103			1.000	1.000	1.000
2. Yıl	Tİ	1.74			9.48			1.67			7.81			8.01			56.20		
	YK	1.95	1.95			11.20			2.17		9.03	9.03		8.49	8.49		59.87		
	Y		2.11			11.39		1.96	1.96			9.43			9.43		56.66		
	p	0.314	0.468		1.000	0.951		0.060	0.217		0.138	0.797		0.710	0.260		0.129		

*p: Anlamlılık Düzeyi (p=0.05), Tİ: Toprak İşleme İşlemi, YK: Yangın Kontrol İşlemi, Y: Yangın İşlemi, KBÇ: Kök Boğazı Çapı, B: Boy, TAY: Tepe Altı Yüksekliği, TB: Tepe Boyu, TÇ: Tepe Çapı, Gİ: Gürbüzlük İndeksi

ÖZGEÇMİŞ

Yetkin USTA, ilköğretimi Gülpınar Köyü İlkokulu, Karlıbel İlköğretim Okulu ve Ziya Okay İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini ise Görele Lisesi'nde tamamladı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünden dönem ikincisi olarak mezun oldu. Eylül 2014'de Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Kasım 2015'de Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Orman Entomolojisi ve Koruma Anabilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2018 yılı Ocak ayında "Normal Kapalı Kızılçam Meşcerelerinde ve Ölü Örtü Nem Dinamikleri" adlı yüksek lisans tezini tamamlayarak, Yüksek Mühendis unvanı almaya hak kazandı. Ocak 2018'de Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. 2020 yılı Nisan ayında Araştırma Görevlisi olarak sürdürdüğü görevinden ayrılarak Orman Genel Müdürlüğü Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Tirebolu Orman İşletme Müdürlüğü Harşit Orman İşletme Şefliği görevine atandı.

Yüksek Lisans ve Doktora öğrenimi süresince bilim dalı ile ilgili konularda ele alınmış, 6 adet makalesi, 13 adet bildirisi ve 1 adet kitap bölümü bulunan Yetkin USTA, halen Orman İşletme Şefi olarak görevine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir.