Karaçam



Editörler
Prof. Dr. Orhan SEVGİ
Prof .Dr. H. Barış TECİMEN
Doç. Dr. Taner OKAN

TÜRKİYE ORMANCILAR DERNEĞİ
1924

Türkiye Ormancılar Derneği
(The Foresters' Association of Turkey)
Tuna Caddesi No: 5/8 Kızılay-Ankara
Tel-Faks: 0312 4338413 - 4332664
e-posta:tod1924@ ormancilardernegi.org
www.ormancilardernegi.org

Karaçam
Ankara, 2022

TOD Yayın No: E/22/62

ISBN: 978-605-71791-2-8

© Bütün hakları saklıdır. Türkiye Ormancılar Derneği'nin ve yazarın yazılı izni olmaksızın kitabın tümünün ya da bir kısmının elektronik, mekanik veya fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz. Bilimsel kurallar çerçevesinde kaynak gösterilmek suretiyle atıf yapılabilir.



KARAÇAM

Editörler
Prof. Dr. Orhan SEVGİ
Prof. Dr. H. Barış TECİMEN
Doç. Dr. Taner OKAN

2022

12. Karaçam Ormanlarında Toprak Solunumu ..... 236 - 250
Serdar AKBURAK

13. Karaçam Ekosistemlerinde Orman Yangınlarının Ekolojik Rolü ..... 252 - 272
Yetkin USTA, Ertuğrul BİLGİLİ, Kadir Alperen COŞKUNER

KARAÇAMIN SİLVİKÜLTÜRÜ

14. Karaçamda Doğal Gençleştirme ..... 276 - 304
Metin KARADAĞ

15. Karaçam Ormanlarında Bakım Çalışmaları ..... 306 - 320
Aytekin ERTAŞ ve Adil ÇALIŞKAN

16. Karaçam Üzerine Yapılan Genetik Islah Çalışmaları:
Orijin Denemeleri ve Tohum Bahçeleri..... 322 - 338
Murat ALAN

17. Karaçam Fidan Üretimi ..... 340 - 364
Ayşe DELİGÖZ

18. Karaçamda Tohum Oluşumu ve Gelişim Süreci ..... 366 - 380
Adil ÇALIŞKAN

KARAÇAMIN BÜYÜMESİ ve GELİŞMESİ

19. Türkiye'de Karaçamın Yıllık Halka Gelişimi ve
Dendrokronolojik Potansiyeli ..... 384 - 398
Nesibe KÖSE, Ünal AKKEMİK, H. Tuncay GÜNER

20. Doğal Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Meşcerelerinde Tek
Ağaç Çap Artım Modeli: Alaçam Dağları Örneği ..... 400 - 416
Serdar CARUS, Orhan SEVGİ, O. Yalçın YILMAZ,
H. Barış TECİMEN, Serdar AKBURAK

21. Karaçam Ağaçlandırmalarının Hasılatı ..... 418 - 442
Mehmet MISIR, Nuray MISIR, Hakkı YAVUZ

22. Doğal, Aynı Yaşlı ve Saf Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Ormanlarında
Büyüme Özellikleri: Alaçam Dağları Örneği ..... 444 - 466
Serdar Carus, Orhan SEVGİ, H. Barış TECİMEN,
O. Yalçın YILMAZ

23. Karaçam Ağaçlandırmalarının Verimliliğini Etkileyen Etmenler ..... 468 - 482
Şükrü Teoman GÜNER, Aydın ÇÖMEZ, Kürşad ÖZKAN

Yetkin USTA[1]
Ertuğrul BİLGİLİ[2]
Kadir Alperen COŞKUNER[3]

KARAÇAM EKOSİSTEMLERİNDE ORMAN YANGINLARININ EKOLOJİK RÖLÜ

1. Giriş

Orman yangınları birçok ekosistemde yer alan, sistem dinamiklerini ve verimliliğini etkileyen ve aynı zamanda da sistemin sürekliliğinde önemli rol oynayan doğal bir bileşendir (Dafis, 1987; Agee, 1993; Pausas ve Keeley, 2019). Yangınların ekosistemlerdeki rolü ve yangın-ekosistem ilişkisi oldukça karmaşık bir yapıda olup, bu etkileşimden ekosistemler farklı şekillerde etkilenir (Harper ve ark., 2018). Yangına bağımlı ve yangından etkilenen ekosistemlerde, vejetasyonun yapı, kompozisyon ve sürekliliği, yangının mevsimi, sıklığı ve şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak şekillenir (Çanakçıoğlu, 1985; Jhariya ve Raj, 2014). Birçok bitki formasyonları yangına hassas olmakla birlikte yapılarını devam ettirebilmeleri için belirli aralıklarla çıkan yangınlara ihtiyaç duyarlar (Kayll, 1968; Swan, 1970; Trabaud, 1980; Bilgili, 2014). Yangıların nerede, ne sıklıkta, ne zaman ve nasıl gerçekleştiği, yangınların ekosistemler üzerindeki etkilerinin derecesini belirler (Hardesty ve ark., 2005). Dolayısıyla, yangınların orman ekosistemlerindeki ekolojik rollerinin ortaya konulması ve yapılacak planlamalara dahil edilmesi, ormanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından oldukça önemlidir (Baysal ve ark., 2016).

Yangınların orman ekosistemleri içerisindeki rolü, yangınların zamansal ve mekânsal durumu, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile vejetasyon yapısında meydana getirdiği değişiklikleri dikkate alan yangın rejimi kavramıyla açıklanmaktadır (Lloret ve Zedler, 2009). Yangınlar, fiziksel ve kimyasal bir süreç olarak değerlendirildiğinde, hava halleri, topoğrafya ve yanıcı maddenin tipi, miktarı ve durumuna bağlı olarak değişen şiddeti, sıklığı, mevsimi ve büyüklüğüne bağlı olarak orman ekosistemini etkilemektedir. Etkinin derecesi, yangın rejimi özellikleri ve ekosistemlerin esneklik ve dayanıklılığına bağlı olarak değişmektedir (Robichaud ve ark., 2000). Bu sebeple, yangınların orman ekosistemleri üzerin-

[1] Orman Genel Müdürlüğü, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Giresun
[2] Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma, Trabzon, Elmek: bilgili@ktu.edu.tr
[3] Dr. Öğretim Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma, Trabzon, Elmek: kacoskuner@ktu.edu.tr

deki etkisi, orman ekosistemlerinin yapı, kompozisyon ve süreç dinamikleri ile yangın rejimi özelliklerinin birlikte değerlendirilmesiyle ortaya konulabilir.

Yangınların ekosistemler üzerindeki rollerinin ortaya konulması amacıyla, dünya üzerindeki ekosistemler ekolojik bölgelere ayrılmıştır (Hardesty ve ark., 2005). Her bir ekolojik bölge kendine özgü bir yangın rejimine sahiptir (Shlisky ve ark., 2007). Bu ekolojik bölgelerde bulunan türler, yangınlara karşı geliştirdikleri adaptasyonlarla koşullara uyum sağlamışlardır. Kuzey yarım kürenin en zengin iğne yapraklı türleri olan çamlar (Scaltsoyiannes ve ark., 2009; Christopoulou ve ark., 2014) da bu ekolojik bölgeler içerisinde geniş bir yayılış alanına sahip olup, yangınlarla etkileşim halindedir.

Çamlar bitkiler âleminin en eski cinslerinden biridir. Günümüzde çam cinsine ait 100'den fazla tür vardır (Farjon, 2003; Christopoulou ve ark., 2014; López ve Flores, 2020). Sadece Akdeniz havzası boyunca, 13 milyon hektardan fazla alanı kaplayan 9 çam türü bulunmaktadır (Barbéro ve ark., 1974; Christopoulou ve ark., 2014). Yangınlar, çam türlerinin hakim olduğu ekosistemlerde de önemli bir ekolojik faktördür. Yangın rejimi farklılıklarına bağlı olarak, yangınların değişik çam ekosistemlerinde farklı etkileri olmaktadır (Agee, 1998).

Çam türlerinin en önemlilerinden biri karaçam (*Pinus nigra* ssp.)'dır. Karaçam dünyada ve ülkemizde oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir (Burns ve Honkala, 1990; Turna ve Bilgili, 2006). Ancak, karaçamın yangın ekolojisi hakkında diğer çam türlerine oranla daha az bilgi bulunmaktadır (Camarero ve Gutierrez, 2002; Fule ve ark., 2008). Bu sebeple, karaçamın egemen tür olduğu orman ekosistemlerinde yangınlarının ekolojik rollerinin anlaşılması, karaçam ekosistemlerinin yönetimi ve sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

Bu bölümde, yangın etkileşimlerine bağlı olarak karasal ekosistemler içerisinde karaçamın yeri ve karaçamın yayılış alanı içerisindeki alanlarda karaçam-yangın ilişkileri ile kontrollü ve amaçlı yakma uygulamalarının karaçam ormanlarında kullanımı ve önemi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda dünya genelinde yapılmış çalışma sonuçları ile yapılan uygulamalar değerlendirilerek, ülkemiz karaçam orman alanlarında yapılabilecek uygulamalar konusunda öneriler sunulmuştur.

2. Yangınla Etkileşimlerine Bağlı Olarak Karasal Ekosistemler

Dünya üzerindeki karasal ekosistemler, yangınla etkileşimlerine ve üzerinde yaşayan bitki topluluklarının yapı, kompozisyon ve ekolojik süreçler açısından yangınlara karşı vermiş oldukları tepkiye bağlı olarak yangına duyarlı, yangına bağımlı ve yangından bağımsız olmak üzere üç farklı ekolojik bölgeye ayrılmaktadır (Hardesty ve ark., 2005). Her bir ekolojik bölge kendine özgü bir yangın rejimine sahiptir. Türler geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla içerisinde

yaşadıkları ekolojik bölgenin şartlarına uyum sağlamışlardır. Bu durum, bitki topluluklarının farklı ekolojik bölgelerde yangınlara karşı olan tepkilerini ve etkilenme şekillerini değiştirmiştir (Shlisky ve ark., 2007; Heikkilä ve ark., 2010).

Orman yangınları, yangınların ekosistemin bir bileşeni olmadığı ve yangından bağımsız ekosistemlerde önemli problemler oluşturur. Bu ekosistemlerde türler yangının olumsuz etkilerini ortadan kaldıracak adaptasyonlardan yoksundur ve düşük şiddetli yangınlarda bile zarar görebilirler (Meyers, 2006). Ekvator kuşağı ekosistemleri ile ülkemizdeki sürekli orman formundaki karışık, farklı yaşlı ve çok tabakalı seçme işletmeleri bu özellikte alanlardır. Ancak, yangına bağımlı ekosistemlerde, ekosistemi oluşturan türler yangınlara adapte olmuşlardır, ve süreklilikleri için periyodik yangınlara ihtiyaç duyarlar (Kruger, 1983; Trabaud, 1987; Neyişçi, 1989; Naveh, 1991; Arianoutsou, 1998). Çoğu Akdeniz ekosistemleri, Afrika ve Güney Amerika savanları ile Boreal kuşak (sibirya ladin) ormanları bu gruba örnek teşkil eder. Yangınlara bağımlı ekosistemlerden yangınların uzaklaştırılması ya da hakim yangın rejiminin insan eliyle değiştirilmesi, bu ekosistemlerde geri dönülmesi zor yapısal hasarlara neden olabilir (Bilgili ve ark., 2001; Meyers, 2006; Shlisky ve ark., 2007; Heikkilä ve ark., 2010; Tavşanoğlu ve ark., 2017; Usta ve ark., 2019). Yangına bağımlı ekosistemlerde, yangınlar tahribat değil, yenilenmenin bir gereği olmaktadır (Rowe ve Scotter, 1973; Pickett ve White, 1985; Barnes ve ark., 1998). Yangından bağımsız ekosistemler ise, yangınların çok az ya da hiç rol oynamadığı ekosistemlerdir. Bu ekosistemler yanma olayının gerçekleşemeyeceği kadar çok nemli, soğuk ya da kuru ekosistemlerdir (ör., çöl, tundra, tropikal yağmur ormanları). Yangınlar, bu tip ekosistemlerde sadece arazi kullanım faaliyetleri, yabancı tür istilaları ve iklim değişikliği gibi ekosistemin yapısında farklılaşamaya neden olan değişikliklerin olması durumunda bir tehdit haline gelebilmektedir (Meyers, 2006; Heikkilä ve ark., 2010).

Karasal ekosistemlerin ekolojik bölgelere ayrılmasında ekosistemi oluşturan türlerin yangına karşı verdiği genel tepki dikkate alınmıştır. Ancak, farklı tepkilerin ortaya çıkabileceği, ekolojik bölgeler arasındaki geçiş zonunda yer alan, yangınlarla iç içe olan ve planlamalara dahil edilmesi gereken ekosistemler de vardır. Bu ekosistemler dördüncü bir kategoride yangından etkilenmiş ekolojik bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Yangından etkilenmiş ekolojik bölgeler yangına bağımlı, yangına duyarlı veya yangından bağımsız olan ekosistemler arasındaki geçiş bölgelerinde yer alan bitki türlerini içermektedir. Bu bölgeler, genellikle ya yangına duyarlı olan ve yangını tolere edebilen, ya da yangını tolere edemeyen türleri ihtiva eden ekosistemlerdir (Meyers, 2006; Heikkilä ve ark., 2010). Bu tür ekosistemlerde yangınlarla ekosistem ilişkisinin ortaya konulması, ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilir yönetimlerinin sağlanmasında önemlidir (Heikkilä ve ark., 2010).

Yangına bağımlı olmayan ancak yangınlarla iç içe olan birçok ekosistem,

yangınlardan önemli derecede etkilenmektedir. Bu etkilenme çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlarda olumsuz sonuçlar doğururken, özellikle aynı yaşlı, tek tabakalı ve saf meşcere oluşturan bazı türlerin çimlenme, büyüme ve gelişiminde yangınların önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir (Neyişçi, 1986, 1989; Hanley ve Fenner, 1997; Hancock ve ark., 2005; Hille, 2006; Daskalakou ve Thanos, 2010; van Wilgen ve ark., 2012; González-De Vega ve ark., 2018). Bazı çam türlerinin hâkim olduğu doğal ekosistemler (Christopoulou ve ark., 2014) ile ülkemizde aynı yaşlı, saf karaçam ve sarıçam meşçereleri de bu özelliktedir.

3. Yangınlarla Etkileşimlerine Bağlı Olarak Çam Ekosistemleri

Çamlar, çoğunluğu kuzey yarım kürede olmak üzere dünya üzerinde oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir (Keeley, 2012). Bu yayılış alanı farklı ekolojik bölgeleri ve yangınla etkileşimleri kapsamaktadır. Yangının, çam türlerinin hakim olduğu orman ekosistemleriyle ilişkili önemli bir ekolojik faktör olduğu bilinse de, bu ekosistemler aynı yangın rejimine sahip değildir. Çamlar yangın rejimine bağlı olarak geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla, bulundukları ekolojik bölgenin şartlarına uyum sağlamışlardır. Bu durum, çam türlerinin farklı ekolojik bölgelerde yangınlara karşı olan tepki ve etkilenme şekillerini değiştirmiştir. Dolayısıyla, yangınların çam ekosistemlerinde meydana getirmiş olduğu etki, içerisinde yaşadığı ekolojik bölgenin sahip olduğu yangın rejimine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Agee, 1998).

Yangınla etkileşimlerine göre, çam ekosistemleri iki ana gruba ayrılmaktadır (Keeley, 2012). İlk grupta yer alan ekosistemler, yangının normal bir sistem bileşeni olmadığı ve yangına karşı dayanıklı olmayan türlerden oluşan ekosistemlerdir. Bu türler yangının olumsuz etkilerini hafifletebilecek adaptasyonlara sahip olmayıp, yangına uyum olarak yorumlanabilecek sadece sınırlı özelliklere sahiptirler. Bu grupta yer alan çam türleri düşük şiddetli yangınlarda bile zarar görebilmektedir (Meyers, 2006; Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Yangına karşı hassas ya da yangını tolere edemeyen türler olarak değerlendirilen bu gruptaki çam türlerini yüksek dağ (*Pinus cembra*, *Pinus sibirica*, *Pinus albicaulis*, *Pinus aristata*) ve çöl (*Pinus cembroides*, *Pinus edullis*, *Pinus monophylla*, *Pinus quadrifolia*) ekosistemlerinde yer alan çam türleri oluşturmaktadır. Türlerin iğne yapraklarının kısa ve yoğun, kabuklarının ise ince ve tüm gövdede eşit kalınlıkta olması yangına hassas olduklarını göstermektedir (Keeley, 2012).

İkinci ve en büyük grubu oluşturan ekosistemler ise, yangına adapte olmuş ya da yangını tolere edebildiği düşünülen türlerden oluşan ekosistemlerdir (Keeley, 2012). Çam türlerinin hiçbiri tamamen yangına adapte olmuş değildir. Buna karşılık, türler içerisinde yaşadıkları ekosistemde hüküm süren yangın

rejimi koşullarına adapte olmuşlardır (Christopoulou ve ark., 2014). Bu durum, çam türlerinin yangına karşı geliştirdikleri dayanıklılık mekanizmaları ve alana gelme istekleri ile açıklanabilir. Yangına adapte olmuş ekosistemler kendi içerisinde yangına dayanıklı, yangına bağımlı, yangından sakınan ve yangın etkilerinin bölgelere göre değişiklik gösterdiği ekosistemler olarak dört ayrı gruba ayrılmaktadır.

Yangına dayanıklı ekosistemlerde türler, yangınlarla iç içedir ve belirli aralıklarla farklı şiddetlerde meydana gelen yangınlara maruz kalırlar. Bu ekosistemlerdeki türler çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan olumsuz etkilenirken, düşük şiddetli yangınlardan geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla kurtulmakta hatta yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden (çimlenme, büyüme ve gelişimleri için) olumlu yönde etkilenirler (Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Yangına dayanıklı ekosistemleri oluşturan çam türlerinden bazıları *Pinus pine*a, *Pinus pinaster*, *Pinus ponderosa*, *Pinus sylvestris* ve *Pinus nigra*'dır (Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Yangına dayanıklı ekosistemlerde yaşayan çam türleri, ekosistemde hüküm süren yangın rejimine bağlı olarak yangınlara karşı geliştirdikleri bir takım adaptasyonlara sahiptir. Bu türler, şiddetli tepe yangınlarından olumsuz etkilenirler. Bu sebeple, bu türlerin genelde sahip olduğu doğal dal budanması iyi, gövde üzerinde kuru dalların fazla olmadığı ve tepe altı yüksekliğinin fazla olduğu meşcereler yapıları yangınlara karşı iyi bir adaptasyondur (Keeley, 2012). Kalın kabuklar, kambiyum dokusunu yangın esnasında ortaya çıkan yüksek ısıdan koruyarak ağaçların hayatiyetini devam ettirmesini sağlamaktadır (van Mantgem ve Schwartz, 2003; Bova ve Dickinson, 2005). Yapılan çalışmalar, bu tip ekosistemlerdeki türlerin yangından etkilenme oranı ile boy, tepe altı yüksekliği ve kabuk kalınlığı arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır (Schwilk ve Ackerly, 2001). Ayrıca, bu grupta yer alan türler uzun iğne yapraklara sahip olup (Fonda ve ark., 1998), fidanlar ilk yıllarında hızlı bir büyüme gerçekleştirerek tepe altı yüksekliklerini örtü yangınlarının etkileyemeyeceği bir seviyeye çıkarırlar (Keeley ve Stephenson, 2002). Yangına dayanıklı ekosistemlerde türler sadece yangının olumsuz etkilerini ortadan kaldırmakla kalmayıp, aynı zamanda geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden de olumlu yönde etkilenmektedir.

Yangına dayanıklı ekosistemlerde yer alan bazı çam türleri gölgeye dayanıklı olmayan türlerden olup, genelde ışıklı meşcere kuruluşları oluştururlar. Meşcere içerisinde ışık alan boşluklarda, ara ve alt tabakada gençlik bulunabilir. Ancak, yangına dayanıklı ekosistemlerde dayanıklılık ve hayatiyeti devam ettirme kavramları üst tabakada yer alan ağaçlar için geçerli bir tanımlamadır (Agee, 2002). Bu ekosistemlerde orta ve alt tabakada yer alan genç bireyler için düşük şiddetli örtü yangınları dahi çoğu zaman ölümcül sonuçlar doğurur. Dikey yanıcı madde sürekliliğinin sağlandığı bu boşluklarda örtüde devam eden

yangın pasif tepe yangını oluşturabilir ve örtü yangınlarını pasif tepe yangınları ile birleştiren karışık bir yangın rejiminin ortaya çıkmasına sebep olabilir (Keeley, 2012). Yangın sonucunda oluşan boşluklu yapı ekosistemi oluşturan türlerin başarılı bir şekilde gelişmesi için uygun alan koşullarını sağlar. Bu koşullar; *i)* tohum ağaçları için tohumlama mesafesindeki boşluklara tohumlarını ulaştırma imkânı, *ii)* tohumun çimlenmesi için mineral toprağın açığa çıkarıldığı tohum yatağının oluşturulması, *iii)* büyüme için gerekli olan ışık ve yaşam alanın sağlanması ve *iv)* fidanların yangın etkilerini tolere edebilecekleri boya ulaşıncaya kadar yangın riskini artıran yanıcı madde miktarının azaltılmasıdır (Keeley ve Stephenson, 2002).

Yangına bağımlı ekosistemlerde türler, geliştirdikleri adaptasyonlarla yangınların yıkıcı etkilerini kolaylıkla bertaraf etmekle kalmayıp, çoğu zaman periyodik olarak gerçekleşen yangınlara ihtiyaç duyarlar. Bu tip ekosistemlerdeki çam türleri, yangın oluşumunu ve yangının ilerlemesini kolaylaştıran bir takım adaptasyonlara sahiptir. Türlerin geliştirmiş olduğu adaptasyonlar yangını tolere edebilme ve sürekliliğini sağlamaya yöneliktir. Bu grupta yer alan çam türlerinden bazıları; *Pinus halepensis*, *Pinus brutia*, *Pinus contorta*, *Pinus banksiana* ve *Pinus attenuata*'dır (Keeley, 2012). Bu çam türlerinin bulunduğu ekosistemlerde yangınların çoğunlukla şiddetli örtü yangını ve tepe yangını şeklinde ilerlemesi, kozalakların yangın esnasında oluşan ısı ile açılması ve tohumların etrafa yayılması (serotiny), iğne yaprakların yangına dayanıklı olan ekosistemlerdeki türlere oranla daha ince ve gövde kabuğunun daha kalın olması, yangınlara karşı geliştirilmiş olan adaptasyonlar arasındadır (Anderson ve Romme, 1991; Fonda ve ark., 1998; Ne'eman ve Izhaki, 2006).

Yangına adapte olmuş ekosistemlerde bazı çam türleri (*Pinus sabiniana* gibi) yangına dayanıklı ve yangına bağımlı ekosistemlerin özelliklerini tam anlamıyla yansıtmayabilir. Bu türler yayılış alanlarında tepe yangınlarından olumsuz etkilenirken, tohumlarını yangın esnasında oluşan ısı sonucunda etrafa yayamaz (serotiny) ve yangın sonrasında hayatiyetini devam ettiremezler. Ancak, türler kayalık alanlar, sulak alan kenarları veya yanıcı madde miktarının az olduğu sığınak bölgelerde yangın sonrasında hayatta kalabilmektedir. Sonraki süreçte bu sığınak bölgelerden etrafa yayılarak ekosistemdeki varlıklarını sürdürebilirler. Yangına adapte olmuş ekosistemler içerisindeki gruplarla belirgin şekilde tezatlıklar içeren çam türlerinin hâkim olduğu bu tip ekosistemler, yangından sakınan ekosistemler olarak farklı bir grupta değerlendirilmektedir (Schwilk ve Keeley, 2006; Harvey ve ark., 2011; Keeley, 2012).

Benzer şekilde, aynı çam türünün hâkim olduğu ekosistemler farklı yangın rejimi altında varlığını sürdürebilmektedir. Yangın rejimindeki farklılıklara göre türün sahip olduğu adaptasyonlar da değişmektedir. Bu da aynı türün yangınla etkileşimine bağlı olarak ekosistem temelinde farklı gruplarda yer almasına neden olmaktadır. Örneğin, *Pinus coulteri*, sürekli tepe yangınlarıyla

karşı karşıya olduğu ekosistemlerde sınırlı da olsa doğal dal budanması yaparak örtü yangınının tepe yangınına dönüşmesini engellemeye yönelik adaptasyonlar göstermektedir. Yangın esnasında kozalaklarını açarak tohumlarının etrafa yayılmasını sağlamaktadır. Fakat örtü yangınlarının hâkim olduğu ekosistemlerde serotiny adaptasyonuna sahip değildir (Keeley, 2012). Benzer şekilde *Pinus canarensis* ve *Pinus contorta* ekosistemde hüküm süren yangın rejimine göre farklı ekosistemlerde yangına dayanıklı ya da yangına bağımlı ekosistemlerde yer alabilmektedir (Critchfield, 1957; Climent ve ark., 2004). Yangın rejimindeki farklılıklara bağlı olarak ekolojik bölgelere göre değişiklik gösteren türlerin hakim olduğu ekosistemler yangın etkilerinin bölgelere göre değişkenlik gösterdiği ekosistemler olarak farklı bir grupta değerlendirilmektedir (Keeley, 2012).

Çam türlerinin yangınlarla etkileşimleri değerlendirildiğinde, saf karaçam ekosistemleri, yangına dayanıklı türler grubunda yer almaktadır. Karaçam, şiddetli ve büyük çaplı yangınlardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Ancak, geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla düşük şiddetli yangınlardan sonra yaşamlarını sürdürmekte ve yangınların ekosistemde meydana getirmiş olduğu değişikliklerden olumlu yönde de etkilenebilmektedir (Christopoulou ve ark., 2014).

4. Karaçam Yayılış Alanı İçeresindeki Bölgelerde Karaçam-Yangın İlişkileri

Karaçamın dünya üzerindeki yayılış alanı, farklı çevresel ve ekolojik koşulları içerisinde barındırmaktadır. Karaçam; Arnavutluk, Cezayir, Andora, Avusturya, Bosna Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Fransa, Yunanistan, İtalya, Makedonya, Karadağ, Fas, Romanya, Rusya, Slovenya, İspanya, Ukrayna ve Türkiye gibi ülkelerde doğal; Avustralya, Kanada, Büyük Britanya, Yeni Zelanda, Portekiz ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde ise doğallaşmış olarak bulunmaktadır (URL-1, 2021). Tür, yayılış alanı içerisinde deniz seviyesinden 2000 m'ye kadar değişen yükselti kademelerinde bulunabilmekte (Scaltsoyiannes ve ark., 2009), geliştirmiş olduğu adaptasyonlarla -30°C'ye kadar sıcaklıklarda yaşamını devam ettirebilmektedir. Ayrıca, karaçam asidikten bazik özellikli topraklara kadar değişen farklı yetişme ortamı koşullarında yayılış göstermektedir. Karaçamın yayılış alanının geniş, içerisinde yaşadığı ekolojik ve çevresel koşulların değişken olması türe ait farklı alttürlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Yazgan, 2013). Bu alttürler *i) Pinus nigra* subsp. *nigra*, *ii) Pinus nigra* subsp. *dalmatica*, *iii) Pinus nigra* subsp. *laricio*, *iv) Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ve *v) Pinus nigra* subsp. *salzmannii*'dir (Farjon, 2010). Oldukça geniş bir yayılış alanına sahip olan ve farklı yangın rejimlerinin hüküm sürdüğü karaçam ekosistemlerinin yangınlarla olan etkileşimleri de farklı olmaktadır.

Karaçam ekosistemleri yangına adapte olmuş ekosistemler içerisinde yan-

gına dayanıklı olan türler grubunda yer almaktadır. Yangınlarla iç içe olan karaçam ekosistemleri, geliştirmiş olduğu adaptasyonlar ve içerisinde bulunduğu yangın rejimi özelliklerine bağlı olarak yangınlardan olumlu veya olumsuz yönde etkilenmektedir. Karaçam, düşük şiddetli yangınlardan geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla hayatiyetini sürdürebilmekte, bazı durumlarda yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden (çimlenme, büyüme ve gelişimleri için) olumlu yönde etkilenmektedir (Keeley, 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Ancak, özellikle yaz aylarında gerçekleşen şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan karaçam olumsuz etkilenebilmektedir. Bu durum, yangın şiddeti, sıklığı, yanıcı madde tüketimi, yanma derinliği, yanan alan büyüklüğü ve yangın mevsimi gibi yangın rejimi bileşenleri ile türün biyolojik özellikleri ve ekolojik istekleri ile açıklanabilir. Karaçam ekosistemleri şiddetli tepe yangınlarından olumsuz etkilenmekte ve tepe yangınlarından sonra karaçam meşcerelerinde yerel tohum kaynakları çoğu zaman hiç kalmamaktadır (Trabaud ve Campant, 1991; Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve ark., 2004; Pausas ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Karaçamın erken çiçeklenme ve yanmadan kalan tohum kaynakları (serotiny) gibi yangına karşı geliştirilmiş üreme adaptasyonları yoktur (Habrouk ve ark., 1999; Tapias ve ark., 2004; Fernandes ve ark., 2012; Kakouros ve Dafis, 2012). Bu sebeple, tepe yangınlarından sonra meşçerelerin doğal yollardan geri kazanımı, ya yangını canlı atlatan ağaçlardan ya da yanan alanın çevresindeki bireylerden sağlanan uzun mesafeli tohum dağılımına bağlıdır (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve Retena, 2004; Ordóñez ve ark., 2005; Ordóñez ve ark., 2006; Arianoutsou ve ark., 2010; Christopoulou ve ark., 2014). Meşçere içerisinde ya da çevresinde bulunan tohum ağaçlarının etkin tohumlama mesafesi, topografya, rüzgâr yönü ve ağacın boyuna göre değişmekle birlikte ortalama 100 m'dir (Ordóñez ve ark., 2006; Kakouros ve Dafis, 2012). Bununla birlikte yanan alana uçarak gelen tohumlar meşcerenin mutlaka geri kazanımı anlamına gelmemektedir (Retana ve ark., 2012; Christopoulou ve ark., 2014). Vejetasyon, toprak özellikleri, rekabet, kemirgenler gibi birçok biyotik ve abiyotik faktör de karaçam bireylerinin yangın sonrası alana gelmesini etkilemektedir (Trabaud ve Campant, 1991; Ordóñez ve Retena, 2004; Ordóñez ve ark., 2006; Kerr ve ark., 2008; Christopoulou ve ark., 2014). Çoğunlukla şiddetli yangınlar sonrası karaçam meşcerelerinde doğal yollardan gelen fidan yoğunluğu düşük olmaktadır (Rodrigo ve ark., 2004; Fernandes ve ark., 2012). Yangın şiddeti ve yanan alan büyüklüğünün artması, karaçamın doğal yollardan alana tekrar gelme olasılığını azaltmakla kalmayıp, yerini başka türlere bırakma olasılığını artırmaktadır (Pausas ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012; Retana ve ark., 2012). Karaçam ekosistemlerini olumsuz yönde etkileyen bir diğer yangın rejimi bileşeni yangın mevsimidir. Karaçam kozalakları kış sonundan ilkbahar başına kadar (Kasım-Mart) olgunlaşarak tohumlarını döker (Skordilis ve Thanos, 1997; OGM, 2014). Bu sebeple, ilkbahar

ve yaz aylarında meydana gelen bir yangın hem zemindeki tohumları hem de çimlenmiş olan fidanları yakar. Ayrıca, olgunlaşan tohumlar ilkbahar başında döküldüğünden özellikle yaz aylarında meydana gelen yangınlardan sonra alanda çimlenebilir olgunlukta tohum bulunmaz (Ordóñez ve ark., 2005). Bu durum, karaçam ekosistemlerinin sürekliliğini tehlikeye sokar (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve ark., 2006). Benzer şekilde, karaçam ekosistemlerindeki yangın sıklığı (frekansı) 30 ila 750 yıl arasında değişmekle birlikte, yangın sıklığının azalması meşcerede meydana gelen zararı artırmakta ve (Christopoulou ve ark., 2014; Leys ve ark., 2014) sık aralıklarla meydana gelen yangınlardan olumsuz yönde etkilenmektedir (Fernandes ve ark., 2012).

Düşük şiddetli yangın rejimi altındaki çamlar, tipik olarak yangına dayanıklı olup, düşük-orta şiddetli yangınlarda hayatta kalmayı sağlayan adaptasyonlara sahiptir. Çam türlerinin yangınlara karşı geliştirdikleri önemli adaptasyonları kalın kabuk yapıları, büyük ve korunmuş tomurcukları, nispeten kalın iğne yaprakları, kanatlı tohumları ve derin köklenme özellikleri ile örtü yangınlarının başlaması ve gelişimi ile yangınların kolaylıkla tepe yangınına dönüşmesini engelleyen doğal dal budanması, tepelerin yerden yüksek ve yanıcı madde dökümünün az olmasıdır (Fernandes ve ark., 2008). Karaçam ekosistemleri geliştirmiş oldukları adaptasyonlarla düşük şiddetli örtü yangınlarının etkilerini ortadan kaldırmakta ve hayatiyetlerini devam ettirebilmektedirler. Karaçamın yangınlardan sonra hayatiyetlerini devam ettirebilmeleri, yangınların ekosistemde meydana getirmiş olduğu olumlu değişimlerden yararlanmalarını sağlamaktadır. Bu durum, karaçamın hâkim olduğu ekosistemlerde, türün biyolojisi ve ekolojisine bağlı olarak, yangınların ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde bir yönetim aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

5. Karaçam Meşcerelerinde Yangın Kullanımı ve Önemi

Yangınlar orman ekosistemlerinde en yaygın karşılaşılan, sistem dinamiklerini ve verimliliğini etkileyen ve aynı zamanda sistemin sürekliliğinde de önemli rol oynayan doğal bir bileşendir (Dafis, 1987; Agee, 1993). Bu durum, yangınları çeşitli ormancılık amaçları doğrultusunda kullanılabilir bir araç haline getirmektedir (Weber ve Taylor, 1992). Kontrollü ve amaçlı yakma, yangın uzmanı bir ekip tarafından önceden belirlenmiş bir alanda, belirli çevresel koşullar altında, bir idare amacını gerçekleştirmek için yangının planlanması ve uygulanması işlemidir (Ivars, 2018; Usta ve ark., 2019). Kontrollü yakma uygulamaları yanıcı madde miktarının azaltılması ve kesim artıklarının temizlenmesine yönelik yapılan çalışmalardır. Amaçlı yakmalar ise, tohumlama ve dikim için alanın hazırlanması, yaban hayatı habitat koşullarının iyileştirilmesi, türler arasındaki rekabetin kontrolü, böcek ve hastalıkların kontrolü, görsel

değerlerin arttırılması ve hareketin kolaylaştırılması, yangına bağımlı türlerin sürekliliğinin sağlanması gibi çeşitli ormancılık amaçlarının gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012; Lucas-Borja ve ark., 2016). Yangınların orman ekosistemleri üzerine olan etkilerinin belirlenebilmesi ile belirli bir ekolojik ve idari amacı gerçekleştirmek üzere kontrollü ve amaçlı yakmalar dünya genelinde yangına adapte olmuş ekosistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Wade ve Lunsford, 1989; Waldrop ve Goodrick, 2012).

Karaçam yangına adapte olmuş ve yangının olumsuz etkilerinden kendini koruyacak dayanıklılık mekanizmalarına sahip olan bir türdür (Kakouros ve Dafis, 2012; Christopoulou ve ark., 2013; Christopoulou ve ark., 2014). Tür, geliştirmiş olduğu adaptasyonlarla düşük şiddetli yangınlardan sonra hayatiyetini devam ettirebilmekte ve dahası yangınların ekosistemde meydana getirdiği değişikliklerden olumlu yönde yaralanabilmektedir. Bu sebeple, uygun zamanda ve düşük-orta şiddetli örtü yangınları şeklinde gerçekleştirilecek kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları, karaçam ekosistemlerinde ormancılık amaçları doğrultusunda kullanılabilmektedir.

Karaçam meşçerelerinde yangın şiddeti ve yanan alan büyüklüğünün artması, türün doğal yollardan alana tekrar gelme olasılığını azaltmakla kalmayıp, yerini başka türlere bırakma olasılığını artırmaktadır (Pausas ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012; Retana ve ark., 2012). Ayrıca, karaçam ekosistemleri şiddetli tepe yangınlarından olumsuz yönde etkilenmektedir (Kakouros ve Dafis, 2012; Christopoulou ve ark., 2013; Christopoulou ve ark., 2014). Kontrollü ve amaçlı yakmalar yangın şiddetinin azaltılması ve örtü yangınlarının tepe yangınlarına dönüşme olasılığının düşürülmesi gibi amaçlarla kullanılan etkin bir yöntemidir (González ve ark., 2007; Ivars, 2018). Genellikle karaçam, yangına karşı geliştirilmiş adaptasyonlar olarak değerlendirilebilecek, tepelerin yerden yüksek, gövde üzerinde kuru dalların olmadığı, kalın kabuklu, büyük tomurcuklu, ölü yanıcı madde miktarının az olduğu ışıklı meşcereler oluşturmaktadır (Tapias ve ark., 2004; Fule ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2012). Ancak, bu yapı tüm karaçam meşcereleri için aynı değildir (bakım ve gençleştirme müdahalelerine bağlı ölü yanıcı madde miktarının artması gibi). Özellikle, orman zeminindeki ölü yanıcı madde miktarının yüksek olduğu karaçam meşcerelerinde yanıcı madde miktarının azaltılması amacıyla kontrollü yakmalardan yararlanılabilmektedir. Yanıcı madde miktarının azaltılması, meşcere içerisinde meydana gelebilecek örtü yangının hem düşük şiddette seyretmesini hem de tepe yangınına dönüşme ve büyük alanları etkileme olasılığının düşük olmasını sağlayacaktır.

Gençleştirme çalışmalarında gençliğin alana başarılı bir şekilde getirilmesi, iyi bir saha hazırlığı ile mümkün olmaktadır. Tohum çimlenmesi ve başarılı fidan büyüme ve gelişimi için tohumun mineral toprakla buluşması ve toprağın

bitki besin maddelerince zengin olması gereklidir. Ülkemizde karaçam meşcerelerinin doğal gençleştirme çalışmalarında standart silvikültürel uygulama olarak büyük alan siper metodu kullanılmaktadır. Standart silvikültürel uygulamalarda saha hazırlığı 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 gelişimi için işlenmesidir (Genç, 2013). Amaçlı yakmalar ekim, dikim ya da doğal gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı safhasında kullanılan, çeşitli amaçlara hizmet eden, pratik ve ekonomik bir ön işlemdir (Wade ve Lunsford, 1989; Weber ve Taylor, 1992; Waldrop ve Goodrick, 2012).

Amaçlı yakmalar, tekniğine uygun bir şekilde kullanıldığında iyi bir saha hazırlama yöntemidir (Genç, 2013). Yangınların bu faydası, yangın sonrasında meşcere yapı ve toprak dinamiklerinde meydana gelen ani değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Amaçlı yakma uygulamaları sonucunda orman zeminde bulunan yanıcı maddelerin (ibre, humus, kabuk, dal ve kesim artıkları gibi) azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılmasıyla mineral toprak açığa çıkarılır (Bulkman, 1964; Weber ve Taylor, 1992; Lucas-Borja ve ark., 2016). Yangın sonrasında meşçere kapalılığı kırılır ve organik madde ayrıştırılır. Bu durum toprağın bitki besin maddeleri açısından zengin bir hale gelmesine ve böylece bitki beslenmesine olumlu katkıda bulunur (Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüzer, 1988; Alcañiz ve ark., 2018; Úbeda ve ark., 2018). Yangından sonra tohum ve bol iğne yaprak dökümü görülür. İnce ve gözenekli bir iğne yaprak örtüsü ile kaplı kül tabakası ve mineral toprak, oldukça uygun bir çimlenme ortamı oluşturur. Amaçlı yakmalar esnasında, fidanlarla rekabet içerisinde olabilecek diğer türler ve tohumları da çoğunlukla ölür (Drews ve Fredericksen, 2013). Yakmalar sonrasında genellikle daha iyi kök ve gövde gelişimi yapan başarılı bir gençlik gelir (Neyişçi, 1986; Hille ve Den Ouden, 2004; Hancock ve ark., 2005; Hancock ve ark., 2009). Bu etkinin ortaya çıkmasında küldeki karbonun su tutucu etkisi, koyu renkli yüzeyin termal etkisi ve çimlenme yastığının fiziksel, kimyasal (özellikle pH, katyon değişim kapasitesi ve bitki besin maddeleri) ve biyolojik özelliklerindeki değişimin payı vardır (Neyişçi, 1986; Eron ve Gürbüzer, 1988; Neyişçi, 1989; Boydak ve ark., 1996; Şirin ve Sarıbaşak, 1997; Alcañiz ve ark., 2018). Amaçlı yakmalar, sadece ölü ve diri örtüyü ortadan kaldırmaktan ibaret olmayıp, organik maddelerdeki bitki besin maddelerini serbest hale getirerek yangından sonraki birkaç yıl süresince bitkilerin kullanımına sunmak; ayrıca, böcek ve mantar zararlarını belli oranlarda ortadan kaldırarak gençliğin başarılı bir şekilde gelişebilmesi için ortam hazırlamaktır. Bu durum standart silvikültürel uygulamalardaki saha hazırlığı ile özdeşleştirilebilir ve karaçam ekosistemlerinin gençleştirme sürecine katkı sağlayabilir.

Karaçam yangına adapte olmuş ve oldukça geniş yayılış alanına sahip olan bir türdür. Doğal saf karaçam meşcereleri olarak gördüğümüz alanlar ya doğal

olarak kendiliğinden ya da orman işletmelerinin yapmış olduğu işletmecilik faaliyetleri sonucunda oluşmuştur. Doğal olarak kendiliğinden gelen aynı yaşlı, tek tabakalı, saf çam meşcerelerin büyük çoğunluğunun yaşlı meşçerelerdeki yangın izleri, yangın istatistikleri, eski yerel kaynaklar ve yöre halkından elde edilen bilgilere göre yangın orijinli olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda saf karaçam ormanları yangından bağımsız değildir ve aynı yaşlı, tek tabakalı saf doğal karaçam meşcerelerin önemli bir kısmı yangın kökenlidir. Dolayısıyla, saf karaçam meşcereleri dayanıklılık mekanizmaları (diaspor) ve alana gelme istekleri (yangınları tolere edebilen ve açık alana gelen) ve kritik hayat olayları (tohum tutma yaşı vs.) bakımından değerlendirildiğinde; amaçlı yakmaların, karaçamın gençleştirilmesinde tekniğine uygun silvikültürel bir araç olarak kullanılabileceği söylenebilir. Tekniğine uygun yapılacak amaçlı yakmalarla çimlenme için ideal tohum yatağının hazırlanmasına katkı sağlanarak yeterli fidan yoğunun yakalanması temin edilebilir (Lucas-Borja ve ark., 2016).

Karaçam meşcerelerinde yangın kullanımı ile ilgili dikkate alınması gereken bir diğer husus yanan alan büyüklüğüdür. Karaçam meşcerelerinin sürekliliği alanda var olan tohum ağaçları ya da çevredeki bireylerden sağlanan uzun mesafeli tohum dağılımına bağlıdır (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve Retena, 2004; Ordóñez ve ark., 2005; Ordóñez ve ark., 2006; Arianoutsou ve ark., 2010; Christopoulou ve ark., 2014). Karaçamın yanmadan kalan tohum rezervlerine (serotiny) sahip olmaması bu durumu oldukça önemli kılmaktadır (Schwilk ve Ackerly, 2001). Bu sebeple, karaçam meşcerelerinde yangını bir yönetim aracı olarak kullanırken, ağaçların etkin tohumlama mesafesinin dikkate alınması ve alanda yeteri kadar tohum ağacının bırakılması gereklidir. Yakma uygulamasının gerçekleştirileceği alanda bulunan ağaçların bol tohum tutmadığı ya da tohum miktarının yetersiz kaldığı durumlarda, yakma uygulamasını takiben bol tohum döküm zamanında yapılacak olan tohum takviyesi ile gençlik başarısı artırılabilir (Genç, 2013).

Karaçam kozalakları sonbahar sonunda olgunlaşmakta ve olgunlaşan tohumlar Kasım-Mart aylarında dökülmektedir (Skordilis ve Thanos, 1997; OGM, 2014). Tohum dökümünü takiben ilkbahar mevsiminde çimlenmeler başlamaktadır. Bu sebeple, türün doğal gençleştirme çalışmalarında saha hazırlığı aşamasının tohum dökümünden önce tamamlanması gerekmektedir (OGM, 2014). Karaçam meşcerelerinde saha hazırlığı amaçlı kullanılacak yakma uygulamasından istenilen sonucun elde edilmesi, tohum dökümünden önce gerçekleştirilecek olan bir yangına bağıdır. Örtü yangını şeklinde bol tohum dökümünden hemen önce geç sonbahar ve erken kış aylarında gerçekleştirilecek yakma uygulaması karaçam meşcerelerinin gençleştirilmesinde önemli bir rol oynayacaktır (Kakouros ve Dafis, 2012).

Yakma uygulamalarının uzman bir ekip tarafından türün biyolojisi ve ekolojisine uygun olarak planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir.

Aksi takdirde yakma uygulamalarından beklenen fayda elde edilemeyecek, hatta uygulama sonuçları tür için zararlı olacaktır. Karaçam şiddetli tepe yangınlardan zarara görürken, düşük şiddetli örtü yangınlarına karşı dirençli bir türdür. Gerçekleştirilecek olan amaçlı yakma uygulamasının da düşük şiddetli örtü yangını şeklinde gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu nedenle yakma uygulamalarının tepelerin yerden yüksek, doğal dal budanmasının iyi olduğu yaşlı meşcerelerde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yakma uygulamasının meşcere koşullarının uygun olmadığı yerlerde ve zamanda gerçekleştirilmesi, karaçam için olumsuz sonuçlar oluşturabilir. Örneğin, karaçamın gençleştirilmesinde saha hazırlığı amaçlı gerçekleştirilecek bir yakma uygulamasında, etkin tohumlama mesafesinin dışında büyük bir alanın yakılması, yeterli gençliğin gelmesini engelleyebilir. Benzer şekilde yakma uygulamasının ilkbahar ve yaz aylarında gerçekleştirilmesi hem çimlenmiş olan fidanları hem de olgunlaşmamış kozalakları etkileyeceğinden türün sürekliliğini tehlikeye sokabilir (Retana ve ark., 2002; Ordóñez ve ark., 2006). Dolayısıyla, amaçlı yakma uygulamalarının karaçam meşcerelerinde planlanması ve uygulamaya aktarılması birçok faktörün bir arada değerlendirilmesini gerekli kılar.

6. Sonuç

Orman yangınları, besin döngüsünden bitki örtüsünün dağılımına dek geniş bir yelpazede ekosistemin yapı ve işlevini etkileyerek/değiştirerek ekosistemlerin şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu etkileşim ekosistemler için bazen bir tehdit, bazen de bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Yangınların orman ekosistemlerindeki etkisinin yönü, ekosistemde hüküm süren yangın rejimi özelliklerine bağlıdır. Türler içerisinde yaşadıkları ekosistemlerde hüküm süren yangın rejimine göre çeşitli adaptasyonlar geliştirmiş ve şartlara uyum sağlamışlardır.

Karaçam yangına adapte olmuş ekosistemler içerisinde yayılış gösterir ve yangına dayanıklı olan türler grubunda yer alır. Saf, aynı yaşlı ve tek tabakalı doğal karaçam meşçereleri çoğu kez yangın orijinlidir. Çok şiddetli ve geniş çaplı yangınlardan olumsuz etkilenen karaçam, yangınlara karşı geliştirmiş olduğu adaptasyonlarla düşük şiddetli yangınlardan kurtulmakta ve yangın sonrasında ekosistemde meydana gelen değişimlerden çoğu zaman olumlu yönde etkilenmektedir.

Yangınların bir yönetim aracı olarak karaçam ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetiminde kullanılması bağlamında; kontrollü ve amaçlı yakma uygulamaları türün doğal yayılış alanları içerisinde gün geçtikçe yaygın bir kullanım alanına kavuşmaktadır. Bu bağlamda, türün geliştirmiş olduğu uyum mekanizmaları ve yangınlarla olan etkileşimlerine göre geliştirilen ve bireysel yangın-

lardan çok uluslu işbirliklerine kadar birçok seviyede gerçekleştirilen Entegre Yangın Yönetimi uygulamaları bulunmaktadır. Entegre Yangın Yönetimi uygulamaları, türün yayılış alanlarında yangınların ekolojik rolü ile yangının risk ve faydalarını anlamayı ve yangınlarda uygulanacak stratejileri geliştirmeyi içermektedir (Meyers, 2006).



Entegre Yangın Yönetim Stratejileri:
1. İhtiyaçların ve sorunların değerlendirilmesi ve analizi
2. Yangın yönetim hedeflerinin ve gelecekteki arzu edilen koşulların belirlenmesi
3. Uygun yangın politikasının geliştirilmesi ve uygulanması
4. Ekolojik ve sosyal duruma uygun yangın önleme stratejilerinin tasarımı
5. Yangın kullanım stratejilerinin uygulanması
6. Her seviyede yangına hazırlık ve müdahalenin güçlendirilmesi
7. Kurtarma, restorasyon ve ekosistem bakım eylemlerinin uygulanması
8. Araştırma (Yangın ekolojisi, yangın davranışı vb.)

Şekil 1. Karaçam meşcerelerinde entegre yangın yönetimi (Meyers, 2006'dan uyarlanmıştır.).

Karaçam ekosistemlerinde uygulanacak entegre yangın yönetimi, yangının ekonomik, ekolojik ve sosyal anlamda olumlu ve olumsuz etkilerinin tanımlanmasını ve analiz edilmesini içermektedir. Yangının zararlı etkilerinin yararlarından daha ağır bastığı yerlerde, koruma ve önleme stratejileri geçerli olmaktadır. Buna karşılık yangının yararlı etkilerinin zararlı etkilerinden daha fazla olduğu yerlerde ise yangın kullanım stratejileri dikkate alınmaktadır. Geliştirilen stratejiler hedef belirlemeyi, politika geliştirmeyi, eğitimi, yangın yönetim ve teknolojilerini değerlendirmeyi içermektedir. Karaçam ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi; yangın kaynaklı zararların azaltılması ve yangın kullanımının sağladığı faydanın artırılması ile sağlanabilir.

Kaynaklar

Agee, J. K., 1993. *Fire Ecology of Pacific Northwest Forests.* Island Press, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, 505pages, Washington D. C., Covelo, California..

Agee, J. K., 1998. Ecology and Biogeography of Pinus. *Ecology and Biogeography of Pinus*, D. M. In: Richardson (Ed.), Cambridge University Press, UK.

Agee, J. K., 2002. The Fallacy of Passive Management. *Conservation Biology in Practic*, 163: 18-25.

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Úbeda, X., 2018. Effects of Prescribed Fires on Soil Properties: A Review. *Science of the Total Environment*, 613-614: 944-957.

Anderson, J. E., Romme, W. H., 1991. Initial Floristics in Lodgepole Pine (*Pinus contorta*) Forests Following the 1988 Yellowstone Fires. *International Journal of Wildland Fire,* 1 (12): 119-124.

Arianoutsou, M., 1998. Aspects of Demography in Post-fire Mediterranean Plant Communities of Greece. In *Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-type Ecosystems*, Rundel, P. W., Montenegro, G. and Jacsic, F. M. (Ed.), pages; 273-295, Springer, Berlin.

Arianoutsou, M., Christopoulou, A., Kazanis, D., Tountas, T., Ganou, E., Bazos, I., Kokkoris, Y., 2010. Effects of Fire on High Altitude Coniferous Forests of Greece. *VI International Conference on Forest Fire Research* (ICFFR), 15-18 November, Coimbra, Portugal, Proceedings Book D. X. Viegas (Ed.), 1-12.

Barbéro, M., Loisel, R., Quezel, P., 1974. Pines of the Mediterranean Basin. In *Pinus, Ecology and biogeography of Pinus,* Richardson, D. M. (Ed.), Cambridge University Press, UK, 153-170.

Barnes, B. V., Zak, D. R., Denton, S. R., Spurr, S. H., 1998. *Forest Ecology*. John Wiley and Sons, Inc, ISBN: 978-0-471-30822-5, 792 pages, New York.

Baysal, I., Bilgili, E., Baskent, E. Z., 2016. Orman Yangınları ve Orman Amenajman Planları. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 16 (1): 169-180.

Bilgili, E., 2014. Orman Koruma Dersi Geçici Ders Notları. KTÜ Orman Fakültesi, 155 sayfa, Trabzon.

Bilgili, E., Sağlam, B., Başkent, E. Z., 2001. Orman Amenajmanı Planlamalarında Yangın Tehlike Oranları ve Coğrafi Bilgi Sitemeleri. *Fen ve Mühendislik Dergisi,* 4 (2): 88-97.

Bova, A. S., Dickinson, M. B., 2005. Linking Surface-Fire Behavior, Stem Heating, and Tissue Necrosis. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere,* 35 (4): 814-822.

Boydak, M., Eler, Ü., 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 Nu: 2, 42 sayfa, Antalya.

Bulkman, R. E., 1964. Effects of Prescribed Burning on Hazel in Minnesota. *Ecology,* 45 (3): 626-629.

Burns, R. M., Honkala, B. H., 1990. *Silvics of North America Volume 1. Conifers.* Agricultural handbook 654, U.S. Department of Agriculture Forest Service, 675 pages, Washington.

Camarero, J. J., Gutierrez, E., 2002. Plant Species Distribution Across Two Contrasting Treeline Ecotones in the Spanish Pyrenees. *Plant Ecology,* 162 (2): 247-257.

Christopoulou, A., Fule, P. Z., Andriopoulos, P., Sarris, D., 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., 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.

Climent, J., Tapias, R., Pardos, J. A., Gil, L., 2004. Fire Adaptations in the Canary Islands pine (*Pinus canariensis*). *Plant Ecology*, 171 (1-2): 185-196.

Critchfield, W. B., 1957. *Geographic Variation in Pinus contorta.* Harvard University, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, 118 pages, Cambridge.

Çanakçıoğlu, H., 1985. *Orman Koruma*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Nu: 3315/376, 486 sayfa, İstanbul.

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, pages: 17-25.

Daskalakou, E. N., Thanos, C. A., 2010. Postfire Seedling Dynamics and Performance in *Pinus halepensis* Mill. Populations. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology,* 36 (5): 446-453.

Drews, M. J., Fredericksen, T. S., 2013. The Effect of Experimental Prescribed Fire on White Pine Regeneration. *The Open Forest Science Journal,* 6: 31-35.

Eron, Z., Gürbüzer, E., 1988. Marmaris 1979 Yılı Orman Yangını ile Toprak Özelliklerinin Değişimi ve Kızılçam Gençliğinin Gelişimi Arasındaki İlişkiler. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 195, 50 sayfa, Ankara.

Farjon, A., 2003. The Remaining Diversity of Conifers. *ISHS Acta Horticultura,* 615 (1): 75-89.

Farjon, A., 2010. *A Handbook of the World's Conifers (2 vols.)*. Brill Academic Publishers, 2nd Edition, ISBN-10: 0070082057, Leiden, 1150 pages, Netherlands.

Fernandes, P. M., Fernandes, M. M., 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., Vega, J. A., Jiménez, E., Rigolot, E., 2008. Fire Resistance of European Pines. *Forest Ecology and Management,* 256 (3): 246-255.

Fonda, R. W., Belanger, L. A., Burley, L. L., 1998. Burning Characteristics of Western Conifer Needles. *Northwest Science,* 72 (1): 1-9.

Fule, P. Z., Ribas, M., Gutierrez, E., Vallejo, R., 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.

Genç, M., 2013. *Sivikültür Tekniği*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın Nu: 46, 400 sayfa, Isparta.

González-De Vega, S. G., de las Heras, J., Moya, D., 2018. Post-Fire Regeneration and Diversity Response to Burn Severity in *Pinus halepensis* Mill. Forests. *Forests,* 9 (299): 1-15.

González, J. R., Trasobares, A., Palahí, M., Pukkala, T., 2007. Predicting Stand Damage and Tree Survival in Burned Forests in Catalonia (North-East Spain). *Annals of Forest Science,* 64: 733-742.

Habrouk, A., Retana, J., 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.

Hancock, M., Egan, S., Summers, R., Cowie, N., Amphlett, A., Rao, S., 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., 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.

Hanley, M. E., Fenner, M., 1997. Seedling Growth of Four Fire-Following Mediterranean Plant Species Deprived of Single Mineral Nutrients. *Functional Ecology,* 11: 398-405.

Hardesty, J., Myers, R., 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., Sinnadurai, P., 2018. Prescribedfire and its impacts on Ecosystem Services in the UK. *Science of the Total Environment,* 624: 691-703.

Harvey, B. J., Holzman, B. A., Davis, J. D., 2011. Spatial Variability in Stand Structure and Density-Dependent Mortality in Newly Established Post-Fire Stands of a California Closed-Cone Pine Forest. *Forest Ecology and Management,* 262 (11): 2042-2051.

Heikkilä, T. V., Grönqvist, R., Jurvelius, M., 2010. *Wildland Fire Management Handbook for Trainers, Food and Agriculture Organization of the United Nation*. Forest Management Teams, Forestry Department, 248 Pages, Rome.

Hille, M., 2006. Fire Ecology of Scots Pine in Northwest Europe. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen.

Hille, M., 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.

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.

Jhariya, M. K., Raj, A., 2014. Effects of Wildfires on Flora, Fauna and Physico-Chemical Properties of Soil-An Overview. *Journal of Applied and Natural Science,* 6 (2): 887-897.

Kakouros, P., 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.

Kayll, A. J., 1968. The Role of Fire in the Boreal Forest of Canada. Report PS-X-7, Environment Canada Forestry Service Information, Chalk River, Ontario, 15.

Keeley, J. E., 2012. Ecology and Evolution of Pine Life Histories. *Annals of Forest Science*, 69: 445-453.

Keeley, J. E., Stephenson, N. L., 2002. Restoring Natural Fire Regimes to the Sierra Nevada in an Era of Global Change. *Wilderness science in a time of change conference*-Volume 5: Wilderness ecosystems, threats, and management, 23-27 May, Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 255-263 pages.

Kerr, G., Gosling, P., Morgan, G., Stokes, V., Cunningham, V., 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.

Kruger, F. J., 1983. Plant Community Diversity and Dynamics in Relation to Fire. *Mediterranean Type Ecosystems*, F. J. In: Kruger, Mitchell, D. T. and Jarvis, J. U. (Ed.), 446-472 pages, Springer, Berlin.

Leys, B., Finsinger, W., 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.

Lloret, F., Zedler, P. H., 2009. The Effect of Forest Fire on Vegetation. In *Fire Effects on Soils and Restoration Strategies*, A. Cerdà and P. R., Robichaud (Ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, 257-295 pages.

López, G. M., Flores, A., 2020. Economic Importance of Pine (*Pinus* spp.) as a Natural Resource in Mexico. *Mexicana de Ciencias Forestales,* 11 (60): 161-185.

Lucas-Borja, M. E., Madrigal, J., Candel-Pérez, D., Jiménez, E., Moya, D., de las Heras, J., Guijarro, M., Vega, J. A., Fernández, C., 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.

Meyers, R. L., 2006. Living with Fire—Sustaining Ecosystems and Livelihoods Through Integrated Fire Management. The Nature Conservancy, Tallahassee, U.S.A., 28 pages.

Naveh, Z., 1991. The Role of Fire in Mediterranean Vegetation. *Botanical Chro-*

nicles, 10: 609-615.

Ne'eman, G., Izhaki, I., 2006. Stability of pre- and post-fire Spatial Structure of Pine Trees in Aleppo Pine Forest. *Ecography,* 21 (5): 535-542.

Neyişçi, T., 1986. Antalya Bölgesi Kızılçam Orman Alanlarında Kontrollü Yangınların Toprak Besin Maddesi Üzerine Yaptığı Etkiler ve Bu Etkiler ile Kızılçam Gençliğinin Gelmesi ve Gelişmesi Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Danışman; Necmettin Çepel, İstanbul.

Neyişçi, T., 1989. Kızılçam Orman Ekosistemlerinde Denetimli Yakmanın Toprak Kimyasal Özellikleri ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Nu: 205, 56 sayfa, Ankara.

OGM, 2014. Silvikültürel Uygulamarın Teknik Esasları. Tebliğ No: 298, Orman Genel Müdürlüğü Orman Silvikültür Başkanlığı, Ankara.

Ordóñez, J. L., Molowny-Horas, R., 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., Retena, 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. L., Retana, J., 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. S., Franco, S., 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., 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., Vallejo, R., 2008. Are Wildfires a Disaster in the Mediterranean Basin? A Review. *International Journal of Wildland Fire,* 17 (6): 713-723.

Pickett, S. T. A., White, P. S., 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, ISBN: 978-0-12-554520-4, Orlando, 472 pages.

Retana, J., Arnan, X., Arianoutsou, M., Barbati, A., Kazanis, D., 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, Heidleberg, London, New York, 151-170.

Retana, J., Espelta, J. M., Habrouk, A., Ordóñez, L. J., 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.

Robichaud, P. R., Beyers, J. L., Neary, D. G., 2000. *Evaluating the Effectiveness*

of Postfire Rehabilitation Treatments. General Technical Report RM-RS-GTR-63, U. S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Fort Collins, 85 pages, USA.

Rodrigo, A., Retana, J., Picó, F. X., 2004. Direct Regeneration is not the only Response of Mediterranean Forests to Large Fires. *Ecology,* 85 (3): 716-729.

Rowe, J. S., Scotter, G. W., 1973. Fire in Boreal Forest. *Quaternary Research*, 3: 444-464.

Scaltsoyiannes, A., Tsaktsira, M., Pasagiannis, G., Tsoulpha, P., Zhelev, P., Iliev, I., Rohr, R., 2009. Allozyme Variation of European Black (*Pinus nigra* Arnold) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Populations and Implications on Their Evolution: A Comparative Study. *Journal of Biological Research-Thessaloniki,* 11: 95-106.

Schwilk, D. W., Ackerly, D. D., 2001. Flammability and Serotiny as Strategies: Correlated Evolution in Pines. *Oikos,* 94 (2): 326-336.

Schwilk, D. W., Keeley, J. E., 2006. The Role of Fire Refugia in the Distribution of *Pinus sabiniana* (Pinaceae) in the Southern Sierra Nevada. *Madroño,* 53 (4): 364-372.

Shlisky, A., Waugh, J., Gonzalez, P., Gonzalez, M., Manta, M., Santoso, H., Alvarado, E., Nuruddin, A. A., Rodríguez-Trejo, D. A., Swaty, R., Schmidt, D., Kaufmann, M., Myers, R., Alecar, A., Kearns, F., Johnson, D., Smith, J., Zollner, D., 2007. *Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation.* GFI Technical Report 2007-2, The Nature Conservancy, Arlington, VA., 17.

Skordilis, A., 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.), 623-632 pages, Springer Science+Business Media, B. V., UK.

Swan, F. R., 1970. Postfire Response of Four Plant Communities in Southcentral New York State. *Ecology,* 51 (6): 1074-1082.

Şirin, G., Sarıbaşak, H., 1997. Yangın Yönetimi ve Denetimli Yakma. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi,* 3: 57-75.

Tapias, R., Climent, J., Pardos, J. A., Gil, L., 2004. Life Histories of Mediterranean Pines. *Plant Ecology,* 171 (1-2): 53-68.

Tavşanoğlu, Ç., Ergan, G., Çatav, Ş. S., Zare, G., Küçükakyüz, K., Özüdoğru, B., 2017. Multiple Fire-Related Cues Stimulate Germination in *Chaenorhinum rubrifolium* (Plantaginaceae), a Rare Annual in the Mediterranean Basin. *Seed Science Research,* 27: 26-38.

Trabaud, L., 1980. Influence du feu sur les Semences Enfouies Dans les Couches Superficielles du sol d'une garrigue de chêne kermès. *Naturalia Monspeliensia,* 39: 1-19.

Trabaud, L., 1987. Fire and Survival Traits of Plants. *The Role of Fire in Ecologi-*

cal Systems, L. In: Traboud (Ed.), SPB Academic Publishing, The Hague, 65-89 pages.

Trabaud, L., 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.

Turna, I., 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.

Úbeda, X., Pereira, P., Badía, D., 2018. Prescribed Fires. *Science of the Total Environment,* 637-638: 385-388.

URL-1, https://www.conifers.org/pi/Pinus_nigra.php. The Gymnosperm Database, 14/03/2021.

Usta, Y., Bilgili, E., Coskuner, K. A., 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, 134-138 pages, Kahramanmaras, Proceedings Book.

van Mantgem, P., Schwartz, M., 2003. Bark Heat Resistance of Small Trees in Californian Mixed Conifer Forests: Testing Some Model Assumptions. *Forest Ecology and Management,* 178 (3): 341-352.

van Wilgen, B. W., Forsyth, G. G., Prins, P., 2012. The Management of Fire-Adapted Ecosystems in an Urban Setting: the Case of Table Mountain National Park, South Africa. *Ecology and Society,* 17 (1): 1-10.

Wade, D. D., Lunsford, J. D., 1989. *A Guide for Prescribed Fire in Southern Forests.* Technical Publication R8-TP 11, 63 pages, U. S. Department of Agriculture Forest Service Southern Region, Atlanta, Georgia.

Waldrop, T. A., Goodrick, S. L., 2012. *Introduction to Prescribed Fires in Southern Ecosystems.* Science Update SRS-054, 80 pages, U. S. Department of Agriculture Forest Service Southern Research Station, Asheville, North Carolina, USA.

Weber, M. G., Taylor, S. W., 1992. The Use of Prescribed Fire in the Management of Canada's Forested Lands. *The Forestry Chronicle,* 68 (3): 324-334.

Yazgan, İ., 2013. Kastamonu-Araç Yöresi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinde Doğal Gençleştirme Uygulamalarının Başarısını Etkileyen Faktörler. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Danışman; Halil Barış Özel, 83 sayfa, Bartın.