

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ORMAN YANGINI SONRASI BOZULAN ALANLARIN YENİDEN
BİTKİLENDİRİLMESİ: NALLIHAN VE BOZYAKA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ
ÖRNEĞİ**

Hakan EKMEKCİ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI

2025

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Hakan EKMEKÇİ tarafından hazırlanan “**Orman Yangını Sonrası Bozulan Alanların Yeniden Bitkilendirilmesi: Nallıhan ve Bozyaka Orman İşletme Şefliği Örneği**” adlı tez çalışması 01/08/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. M. Nuri ÖNER

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. M. Nuri ÖNER
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Sezgin AYAN
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Yalçın KONDUR
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ersoy YILMAZ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**Orman Yangını Sonrası Bozulan Alanların Yeniden Bitkilendirilmesi: Nallıhan ve Bozyaka Orman İşletme Şefliği Örneği**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (29/08/2025).

Hakan EKMEKCİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORMAN YANGINI SONRASI BOZULAN ALANLARIN YENİDEN BİTKİLENDİRİLMESİ: NALLIHAN VE BOZYAKA ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ

Hakan EKMEKÇİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Nuri ÖNER

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, 2020 yılında çıkan orman yangını sonrası bozulan alanların yeniden ağaçlandırılması kapsamında, Ankara ili sınırlarında yer alan Bozyaka ve Nallıhan Orman İşletme Şeflikleri'nde alınan örnek alanlarda Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn.) fidanlarının gelişimi incelenmiştir. Araştırmanın amacı, farklı toprak işleme yöntemleri (teras ve dozer sürümü), yükselti basamakları (800–1350 m) ve bakımın (kuzey, kuzeydoğu, güney, güneydoğu) fidan gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Bu kapsamda, toplam 30 Örnek Alan oluşturulmuş ve her bir alanda yer alan fidanların boy ve kök boğazı çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada, fidan boyu ve çap verileri belirlenen örnek alanlara göre analiz edilmiş ve elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir. Sonuçlara göre, Bozyaka Orman İşletme Şefliği'ndeki fidanlar, Nallıhan Orman İşletme Şefliği'ne kıyasla morfolojik olarak daha iyi gelişim göstermiştir. Özellikle kuzey bakıya sahip, 1100 m rakımdaki ve teras yöntemiyle işlenmiş alanlarda 2+0 yaşındaki fidanların daha iyi gelişim gösterdiği bulunmuş olup, fidanların boy ortalaması 62,02 cm, kök boğazı çapı ise 2,46 mm ölçülmüştür. Buna karşılık, dozerle işlenmiş, güneydoğuya bakan ve 1300 m üzeri rakımlardaki alanlarda gelişim değerleri oldukça düşük bulunmuştur.

Çalışma, yangın sonrası ağaçlandırma uygulamalarında saha özelliklerinin dikkate alınarak planlama yapılmasının fidan gelişimi açısından kritik olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçların, benzer ekolojik koşullarda gerçekleştirilecek çalışmalara yol gösterici nitelikte olduğu düşünülmektedir.

2025, 50 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Anadolu Karaçamı, Orman Yangını, Fidan boyu, Kök boğazı çapı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

REFORESTATION OF DEGRADED AREAS AFTER FOREST FIRE: THE CASE OF NALLIHAN AND BOZYAKA FOREST SUB-DISTRICT DIRECTORATE

Hakan EKMEKÇİ

Cankırı Karatekin University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Engineering

Advisor: Prof. Dr. M. Nuri ÖNER

In this master's thesis study, the growth performance of Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *caramanica*) seedlings was examined in experimental plots established in the Bozyaka and Nallihan Forest Sub-District Directorates, located within the borders of Ankara Province, following the forest fire that occurred in 2020. The aim of the research is to evaluate the effects of different soil preparation methods (terracing and bulldozer plowing), elevation levels (800–1350 m), and aspects (north, northeast, south, southeast) on seedling growth. For this purpose, a total of 30 sample areas were established, and seedling height and root collar diameter measurements were conducted in each plot.

In the study, seedling height and diameter data were analyzed according to the designated experimental sites, and the results were tested using one-way analysis of variance (ANOVA). According to the findings, seedlings in the Bozyaka Forest Sub-District showed better morphological development compared to those in the Nallihan Forest Sub-District. Particularly in areas with a northern aspect, at an elevation of 1100 m, and prepared with the terracing method, 2+0 seedlings reached the highest growth values, with an average height of 62.02 cm and a root collar diameter of 2.46 mm. In contrast, the lowest growth values were observed in areas prepared with bulldozer plowing, with a southeastern aspect, and located above 1300 m elevation.

The study revealed that considering site characteristics in post-fire reforestation practices is critical for seedling growth. The findings are expected to serve as a guide for similar studies to be conducted under comparable ecological conditions.

2025, 50 pages

Keywords: Anatolian Black Pine, Forest fire, Seedling diameter, Seedling height

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

“Orman Yangını Sonrası Bozulan Alanların Yeniden Bitkilendirilmesi: Nallıhan ve Bozyaka Orman İşletme Şefliği Örneği” başlıklı bu yüksek lisans tezi, orman yangınlarıyla tahrip olmuş alanların doğaya yeniden kazandırılmasında uygulanan yöntemlerin etkinliğini ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma kapsamında karaçam (*Pinus nigra* Arn.) türüne ait fidanların farklı bakı yönleri, yükselti basamakları ve toprak işleme yöntemlerine (teras/dozer) göre boy ve kök boğazı çapı gelişimleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, farklı koşullar altında fidan gelişiminde etkili olan unsurlar tespit edilmiş, orman mühendisliği uygulamalarına katkı sağlayacak öneriler sunulmuştur.

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, bilimsel yaklaşımı ve samimi desteğiyle yolumu aydınlatan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. M. Nuri ÖNER’e en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisinden öğrendiğim bilimsel bakış açısının bundan sonraki çalışmalarım da yol gösterici olacağına yürekten inanıyorum.

Tez savunma sürecinde kıymetli görüşleriyle katkıda bulunan, zaman ayırarak çalışmamı değerlendiren değerli jüri üyeleri Prof. Dr. Sezgin AYAN ve Doç. Dr. Yalçın KONDUR’a da teşekkür ederim.

Ayrıca tezimin tüm aşamalarında desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Dr. Özlem MEŞE’ ye içtenlikle teşekkür ederim.

Her zaman ve her koşulda beni destekleyen, beni motive eden, bana hep ilham veren sevgili eşim Fatma ÇELEN EKMEKÇİ’ ye çok teşekkür ederim.

Bu tezin hem akademik dünyaya hem de uygulayıcı ormancılık camiasına katkı sunmasını temenni ederim.

Hakan EKMEKÇİ

Çankırı, Ağustos 2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
3. MATERYAL VE METOT.....	8
3.1 Materyal.....	8
3.1.1 Denemede Kullanılan Bitki Materyalinin Özellikleri	8
3.1.2 Nallıhan İlçesi İklim Özellikleri	8
3.1.3 Örnek Alanların Belirlenmesi	9
3.2 Metot	10
4. BULGULAR	12
4.1 Örnek Alanların FB Ait Bulgular.....	12
4.1.1 Bakı faktörüne göre FB ait bulgular	12
4.1.2 Yükseltiye göre FB ait bulgular	12
4.1.3 Toprak İşleme Yöntemlerinin FB Üzerine Etkisi	14
4.1.4 Bakı ve yükseltinin FB'na etkisi	15
4.1.5 Bakı ve toprak faktörlerinin FB'na etkisi.....	17
4.1.6 Yükselti ve bakının FB üzerine etkisi.....	19
4.1.7 Yükselti ve toprak İşlemenin FB üzerine etkisi.....	20
4.1.8 Toprak işleme ve bakının FB üzerine etkisi	23
4.2 Fidanların Ortalama KBÇ Ölçümleri.....	24
4.2.1 Bakı'nın Fidan KBÇ Üzerine Etkisi.....	24
4.2.2 Yükseltinin KBÇ üzerine etkisi.....	25
4.2.3 Toprak işlemenin KBÇ üzerine etkisi	27
4.2.4 Bakı ve Yükseltinin KBÇ üzerine etkisi.....	28
4.2.5 Bakı ve Toprak İşlemenin KBÇ üzerine etkisi	31

4.2.6 Yükselti ve alanların KBÇ üzerine etkisi.....	33
4.2.7 Yükselti ve Toprak İşlemenin KBÇ üzerine etkisi.....	34
4.2.8 Fidan KBÇ Üzerine Toprak İşleme ve Bakı Etkisi.....	36
4.3 Örnek Alanlardaki Fidanların Ortalama FB ve KBÇ ait bulgular	38
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	43
KAYNAKLAR	47



SİMGELER DİZİNİ

% Yüzde



KISALTMALAR DİZİNİ

mm	Milimetre
cm	Santimetre
G	Güney
GD	Güneydoğu
K	Kuzey
KD	Kuzeydoğu
FB	Fidan Boyu
KBÇ	Kök Boğazı Çapı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Araştırma alanı görüntüsü (a: Nallıhan, b: Bozyaka)	10
Şekil 3.2 Karaçam fidan boylarının ölçümü	11
Şekil 3.3 Karaçam fidan kök boğazı çapının ölçümü	11



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 FB'nin bakıya göre varyans analizi sonuçları.....	12
Çizelge 4.2 Yükseltiye göre FB varyans analizi sonuçları	13
Çizelge 4.3 Yükselti – Bozyaka (FB) için Duncan testi sonuçları.....	14
Çizelge 4.4 Yükselti – Nallıhan (FB) için Duncan Testi Sonuçları.....	14
Çizelge 4.5 Toprak işleme yöntemlerine göre FB varyans analizi sonuçları.....	15
Çizelge 4.6 Bakı ve yükseltiye göre FB varyans analizi sonuçları	16
Çizelge 4.7 Güney bakı (FB) için Duncan testi sonuçları.....	17
Çizelge 4.8 1300 m – bakı (FB) için Duncan testi sonuçları	17
Çizelge 4.9 Bakı ve toprak işleme yöntemlerine göre FB varyans analizi sonuçları.....	18
Çizelge 4.10 Teras – bakı (FB) için Duncan testi sonuçları	19
Çizelge 4.11 Dozer – bakı (FB) için Duncan testi sonuçları.....	19
Çizelge 4.12 Yükselti ve bakıya göre FB varyans analizi sonuçları.....	20
Çizelge 4.13 Yükselti ve toprak işleme yöntemlerine göre FB varyans analizi sonuçları...	21
Çizelge 4.14 Teras – yükselti (FB) için Duncan testi sonuçları.....	22
Çizelge 4.15 Dozer –yükselti (FB) için Duncan testi sonuçları.....	22
Çizelge 4.16 Toprak işleme yöntemlerine ve bakıya göre FB varyans analizi sonuçları	23
Çizelge 4.17 Bakıya göre KBÇ varyans analizi sonuçları	24
Çizelge 4.18 Yükseltiye göre KBÇ varyans analizi sonuçları	25
Çizelge 4.19 Yükselti – Bozyaka (KBÇ) için Duncan testi sonuçları	26
Çizelge 4.20 Yükselti – Nallıhan (KBÇ) için Duncan testi sonuçları.....	27
Çizelge 4.21 Toprak işleme yöntemlerine göre KBÇ varyans analizi sonuçları	27
Çizelge 4.22 Bakıya ve yükseltiye göre KBÇ varyans analizi sonuçları	29
Çizelge 4.23 Güney bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları	30
Çizelge 4.24 1300 m – bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları.....	30
Çizelge 4.25 Bakıya ve toprak işleme yöntemlerine göre KBÇ varyans analizi sonuçları..	31

Çizelge 4.26 Teras – bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları	32
Çizelge 4.27 Dozer – bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları	32
Çizelge 4.28 Yükselti ve şefliklere göre KBÇ varyans analizi sonuçları	33
Çizelge 4.29 Yükselti ve toprak işleme yöntemlerine göre KBÇ varyans analizi sonuçları	34
Çizelge 4.30 Teras – yükselti (KBÇ) için Duncan testi sonuçları	35
Çizelge 4.31 Dozer – yükselti (KBÇ) için Duncan testi sonuçları	36
Çizelge 4.32 Toprak işleme yöntemlerine ve bakıya göre KBÇ varyans analizi sonuçları .	37
Çizelge 4.33 Fidanların ortalama FB ve KBÇ varyans analizi sonuçları.....	38

1. GİRİŞ

Ormanlar, Dünya kara yüzeyinin yaklaşık üçte birini kaplamaktadır. Sağlıklı orman ekosistemleri, biyolojik çeşitliliğin temel kaynağıdır. Bu geniş biyolojik çeşitlilik; tarım, turizm, şehir ve kırsal yaşam ile inşaat, tıp ve eczacılık gibi pek çok alana, hem doğrudan hem de dolaylı olarak ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan önemli katkılar sunmaktadır. Bu nedenlerle ormanlar, korunması gereken değerli çevresel varlıklar arasında öncelikli bir konuma sahiptir (Anonim 2016).

2022 yılı verilerine göre, orman alanlarımızın %29,4'ü meşe, %22,85'i kızılçam ve %17,54'ü ise karaçam türlerinden oluşmaktadır (OGM 2023).

Dünya'da yaygın olduğu gibi ülkemiz ormanlarında da önemli bir yer tutan Anadolu karaçamı, Pinaceae familyasına mensup, iğne yapraklı bir orman ağacıdır. Pinaceae familyasında 13 cins ve 200'den fazla takson yer almaktadır (Negiz vd. 2019). Türkiye'de ise bu familyaya ait 4 cinse bağlı 9 tür ve bunlara bağlı toplam 22 takson bulunmaktadır (Yaltırık ve Akkemik 2011).

Türkiye'de Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) yayılış alanları Marmara, Kuzey, Batı ve Güney Anadolu bölgeleri ile sınırlıdır; Doğu Karadeniz'in deniz iklimine sahip alanlarında ise rastlanmamaktadır. Bu durum, türün yetişme ortamı gereksinimlerinin anlaşılması açısından önem taşır. Karaçam, genellikle 700 ile 1400 metre rakımlar arasında geniş ve saf ormanlar şeklinde yayılırken, 1400-1700 metre yüksekliklerde ise Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ile karışık, ancak daha sınırlı alanlarda görülür. Anadolu'da bozkır alanlarına en fazla yayılan ağaç türüdür. İç Anadolu bölgesinde bozkır kıyılarında 900 metrelerde bulunmasının yanı sıra, yüksek rakımlarda 1500 metreye kadar ve bazen daha da yukarılara tekil olarak ulaşabilir. Karaçam, hem yazın kurak ve sıcak koşullarına hem de kışın soğuklarına karşı dayanıklıdır ve toprak bakımından da oldukça kanaatkârdır (Saatçioğlu 1976). Türkiye ormancılığında ağaç türleri arasında önemli bir yere sahip olan Anadolu karaçamı, genel olarak Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri dışında ülkemizin tüm bölgelerinde yaygın olarak bulunmaktadır.

(Alptekin 1986). Anadolu karaçamı, yıllık ortalama sıcaklıkların 2-5°C arasında olduğu bölgelerde en uygun yetişme koşullarını bulmaktadır. Ekstrem sıcaklık değişimlerine son derece dayanıklı olan karaçam, bu sıcaklık değerlerinden fazla etkilenmez. Ayrıca, yetişme dönemi boyunca meydana gelen ilkbahar ve sonbahar donlarına karşı da oldukça düşük bir duyarlılığa sahiptir (Atalay 1994). Toprak istekleri bakımından oldukça kanaatkâr olan Anadolu karaçamı, derin topraklarda kazık kök, sığ ve sert topraklarda ise kalp kök sistemi oluşturur. Nemli derin ağır balçık, kumlu balçık ve balçıklı kum topraklarında iyi yetişir. Ancak saf ormanlarını yangın ve kar zararları tehdit ederken, fırtına zararları sığ topraklarda ve seyrek yetiştiği alanlarda tehlikelidir. Karaçam, dona ve kuraklığa dayanıklıdır (Özaydin 2024). Yarı ışık ağacı olan karaçam, yüksek bonitetli alanlarda rüzgâra karşı daha dirençliyken, düşük bonitetli bölgelerde gölgeye karşı dayanıklılığı azalır. Tohumu hafif olduğu için kısa mesafelere yayılabilen karaçam, 25 metreye kadar tohumlarını ulaştırarak yeni fidanlar yetiştirebilmektedir (Atay 1990).

Orman ekosistemleri, insan yaşamının sürdürülebilmesi için en temel doğal kaynaklardan biridir. Karasal ormanlar, temiz su, temiz hava ve verimli topraklar gibi çok sayıda önemli hizmet sağlamaktadır. Ayrıca ormanlar, toplumun temel ihtiyaçları, ekonomik faaliyetleri ve kültürel değerlerinin temelini oluşturur (Tolunay ve Özmiş 2022). Ancak ormanların sağladığı bu işlevler, özellikle yangın gibi doğal veya insan kaynaklı faktörler nedeniyle tehlike altında kalmaktadır.

Dünya genelinde orman yangınlarının en yoğun olarak yaşandığı alanlar, Akdeniz iklim bölgeleridir. Yangınlar, ekosistemin yenilenmesine ve direncinin güçlenmesine katkı sağlayabilir. Ancak yangınların çok sık yaşanması, ekolojik dengeyi ciddi şekilde bozmakta; aynı zamanda sosyo-ekonomik açıdan da önemli kayıplara yol açmaktadır (Duran 2014).

Türkiye Akdeniz iklim kuşağında yer alması nedeniyle yangın riskini artıran meteorolojik koşulların varlığı, yanmaya elverişli bitki örtüsünün yaygınlığı ve özellikle kıyı bölgelerinde yangın sezonu boyunca yaşanan yoğun nüfus hareketleri sebebiyle her yıl çok sayıda orman yangını meydana gelmektedir (Avcı ve Korkmaz 2020). Türkiye’de ağırlıklı olarak yarı kurak, kuru-yarı nemli ve yarı nemli iklim tiplerinin hakim olması sebebiyle,

orman yangınları ormanlar için önemli bir tehdit ve ciddi bir risk unsuru olarak ortaya çıkmaktadır (Türkeş ve Altan 2008).

Orman yangınları, Dünya'daki en yıkıcı afetlerden biri olarak ekosistemlerin devamlılığını tehdit etmektedir. Ekvatordan kutuplara kadar geniş bir coğrafyada her yıl sıklık, şiddet ve süre açısından artış gösteren bu yangınlar, ekolojik dengeyi bozar ve insan sağlığı üzerinde uzun vadeli olumsuz etkiler yaratır. Orman yangınları, biyolojik çeşitliliği tehlikeye atmakta, ekonomik yapıları zayıflatmakta, su kaynakları ve iletişim altyapılarını aksatmakta, ayrıca geçim kaynaklarını riske sokmaktadır. Bunun yanında, atmosfere milyonlarca ton karbon salınımı yaparak küresel ısınma sürecini hızlandırmaktadır. Mevcut trendler devam ettiği takdirde, orman ekosistemleri, yaban hayatı ve iklim üzerinde geri dönüşü güç ve yıkıcı etkiler kaçınılmaz olacaktır (Ünlü 2025).

Türkiye'de yaklaşık 23 milyon hektar ormanlık alan bulunmaktadır ve bu alanların büyük bir kısmı yangına duyarlı bölgelerde yer almaktadır. Her yıl ortalama 2.000 ila 3.000 arasında orman yangını meydana gelmekte olup, bu yangınlar sonucunda yıllık ortalama 8.000 ila 10.000 hektar ormanlık alan zarar görmektedir (Kavgacı ve Başaran 2023). 2020 yılında meydana gelen büyük çaplı orman yangını, bu eğilimin bir yansıması olup, yangın kaynaklı afet riskinin boyutlara ulaşabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, 2020 yılında Ankara ilinde yer alan Nallıhan ve Bozyaka Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde meydana gelen orman yangını, yaklaşık 1.200 hektarlık alanın tamamen tahrip olmasına yol açmıştır. Yangın sonrası bozulan alanların tekrar ekosistem hizmeti verebilecek hale getirilmesi ve orman örtüsünün yeniden oluşturulması amacıyla çeşitli bitkilendirme ve rehabilitasyon çalışmaları yürütülmüştür.

Yangın sonrasında gerçekleştirilen bitkilendirme çalışmalarının başarısı, uygulanan yöntemlerin şekli, tercih edilen fidan türleri, iklim koşulları ve toprak yapısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Doğru tekniklerin seçilmesi, yalnızca ağaçlandırma faaliyetlerinin etkinliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kamu kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir kullanımını da sağlamaktadır. Bu sebeple, sahada uygulanan bitkilendirme yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi büyük bir önem arz etmektedir.

Çalışmamızda Nallıhan ve Bozyaka Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde yer alan ve yangın sonucu zarar gören alanlarda yürütülen farklı toprak işleme yöntemlerinin başarı düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla teras ve dozer sürümle dikilmiş fidanların bakı ve yükselti faktörlerine göre gelişimleri değerlendirilmiştir.

Örnek alanlarda fidanların boy (FB) gelişimleri ve kök boğaz çapı (KBÇ) ölçümlerinden elde edilen veriler istatistiki yöntemlerle analiz edildi ve sonuçlara göre hangi yöntemin daha başarılı olduğu ortaya konulmuştur. Bu sayede, yangın sonrası yeniden ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmalarında kullanılabilecek en uygun yöntemlerin belirlenmesi ve bu bilgilerin uygulayıcı kurumlara yol göstereceği düşünüyoruz.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

İklimsel sıcaklık ve yağış rejimlerindeki değişiklikler, kırsal nüfusun göçler nedeniyle azalması, doğal alanlarda ve ormanlarda yabani ile besi hayvanlarının sayısının düşmesi sonucu orman tabanında yanıcı organik madde birikiminin artması gibi faktörlerin orman yangınları üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri, akademik çevrelerden kamuoyuna kadar geniş bir kesim tarafından tartışılmaktadır (Alkan 2014, North *et al.* 2015, Bilgili *et al.* 2017, Kemer 2022). Orman yangınlarının sıklığı ve şiddeti, iklim, bitki örtüsü, coğrafi konum ve insan kaynaklı etkinlikler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Yalçın ve Urker 2024).

Orman yangınları, ağaçların ölümü sebebiyle ekosistemlerin üretkenliğini sınırlandırmakta; kaynakların kullanılabilirliğini, bitki örtüsünün yapısını ve bileşimini değiştirmek gibi çeşitli şekillerde ekosistem fonksiyonlarını olumsuz etkilemektedir (Bond and Keeley 2005). Bu etkiler, karbon depolama kapasitesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, hidrolojik süreçler ile ekonomik ve sosyal hizmetler üzerinde hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Bowman *et al.* 2009).

Yangınlar ekosistemlere ciddi zararlar vererek ekolojik dengenin bozulmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, yangın sonrası ekosistemin yeniden onarılması ve dengenin sağlanması uzun ve zorlu süreçler gerektirmektedir. Bu süreçlerde yoğun emek harcanması ve yüksek ekonomik kaynakların kullanılması kaçınılmazdır (McIver and Starr 2000).

Yangınların ardından, orman arazilerinin kendi doğal kaynakları ve yerli türler aracılığıyla kendini yenilemesine olanak tanıyacak şekilde bırakılması gerekmektedir (Kemer 2022).

Yangın sonrası restorasyon çalışmaları, biyolojik çeşitlilik ilkeleri doğrultusunda ve doğal orman ekosisteminin yeniden inşası hedeflenerek planlanmalıdır. Her bölgeye rastgele herhangi bir ağaç türü dikilemeyeceği gibi, yangın sonrası tahrip olmuş her orman alanına da tek tip bir yaklaşım uygulanması uygun değildir. Ağaçlandırma çalışmalarının başarılı bir şekilde yürütülmesi, kısa vadede sahada fidanların tutmasını ve gelişmesini

sağlayabilmektedir. Ancak bu durum tek başına sahada orman ekosisteminin oluştuğu anlamına gelmemektedir. Gerçek anlamda işlevsel, biyolojik çeşitlilik açısından zengin ve sürdürülebilir bir orman yapısının gelişmesi, uzun zaman diliminde gerçekleşen süreçlere bağlıdır. Ayrıca, hassas bölgeler belirlenmeden yapılan iyileştirme çalışmaları hem maddi kaynakların hem de emeğin israfına ve zamanın etkin kullanılmamasına neden olabilir; özellikle risk altındaki alanlarda bu durum kritik öneme sahiptir. Plansız ve hızlı yapılan ağaçlandırmalar, yeni yangınlara karşı dayanıklılığı azaltabilir. Bu nedenle, müdahale öncesinde yangının büyüklüğüne göre hasar değerlendirmesi yapılmalı, toprak canlılığı gözlemlenmelidir. Bölgesel ölçeklerde detaylı duyarlılık analizleri gerçekleştirilerek, kapsamlı ve yerel koşullara uygun rehabilitasyon planları hazırlanmalıdır (Moreira *et al.* 2012).

Orman yangınları ardından ekosistemin eski haline dönebilmesi için çeşitli ağaçlandırma teknikleri geliştirilmektedir.

Datça-Bozburun bölgesinde yapılan bir çalışmada; yangın sonrası alanlar için, aktif ve pasif restorasyon yöntemlerini içeren toplam altı farklı restorasyon önerisi geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda yanan alanın %6'sının müdahale edilmeden kendi doğal süreçlerine bırakılması önerilirken, geri kalan bölümler için doğal gençleştirme, kozalaklı dal serme ve tohum ekimi destekli doğal gençleştirme yöntemlerinin yanı sıra, teraslama ve toprak işleme sonrası fidan dikimi gibi suni gençleştirme teknikleri önerilmiştir (Tüfekcioğlu *et al.* 2022).

Ertekin vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada yanan alanlarda gerçekleştirilen karaçam ile bitkilendirme çalışmasında, fidanlık koşullarında ve uygun yetiştirme ortamlarında üretilen kaliteli fidanların, yangın sonrası bozulmuş alanlara dikildiklerinde fizyolojik stres yaşadıkları ve büyüme süreçlerinde duraklama gözlemlendiği tespit edilmiştir. Buna karşılık, yanan alanların olumsuz koşullarında çimlenen ve gelişen fidanların bu zorlu şartlara daha dayanıklı oldukları ve bölgeye daha iyi uyum sağladıkları anlaşılmaktadır. Bu nedenle, araştırma bulguları ve sahadaki gözlemler doğrultusunda, bitkilendirme tekniği olarak tohum ekiminin fidan dikimine tercih edilmesi önerilmektedir.

Kavgacı ve Tavşanoğlu (2010) kızılçam ormanlarının, doğal koşullar altında yangın sonrasında kendiliğinden yeniden yapılandığı belirtmiştir. Ancak insanın ekosistem içerisinde antropojen bir etken olarak yer alması, yangın sonrası yeniden yapılanma sürecinin farklı şekillerde gelişmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle, yangın sonrası uygulanacak silvikültürel müdahalelerin etkin ve doğru bir şekilde planlanabilmesi için mevcut durumun kapsamlı ve doğru bir biçimde değerlendirilmesi gerektiğini önermiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Denemede Kullanılan Bitki Materyalinin Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *caramanica*) türüne ait fidanlar, Türkiye'nin farklı orman fidanlıklarından ve orijinlerinden temin edilmiştir. Denemede kullanılan 2+0 yaşlı karaçam fidanları, Amasya, Çerkeş, ve Elmadağ Orman Fidanlıklarından sağlanmıştır. Bu fidanlıklar, karaçam türünün Türkiye'deki farklı ekolojik bölgelerine uygun olarak üretim yapan, uzun yıllara dayanan tecrübeye sahip kamu fidanlıklarıdır.

Amasya (Kapaklı) Orman Fidanlığı 1978 yılında kurulan ve bugün 253.660 m² alana sahip olup, Karadeniz geçiş ikliminde yer almaktadır (Göl ve Dengiz 2006). Elmadağ Orman Fidanlığı, 2011 yılında kurulmuş olup, Ankara'nın doğusunda yer almakta ve karaçam fidanı üretiminde Orta Anadolu bölgesinin önemli merkezlerinden biridir. Çerkeş Orman Fidanlığı ise 1964 yılında kurulmuş olup, Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır (OGM 2025). Bu fidanlıkların her biri Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Orman Genel Müdürlüğü'nün standartlarına uygun şekilde üretim yapmakta ve kalite kontrolleri düzenli olarak yapılmaktadır.

Çalışmada kullanılan fidanlar dikim işlemleri öncesinde uygun koşullarda muhafaza edilmiş, zarar görmemeleri için gerekli taşıma ve dikim öncesi bakım işlemleri dikkatle uygulanmıştır.

3.1.2 Nallıhan İlçesi İklim Özellikleri

Nallıhan, Ankara'nın batısında yer almakta olup, İç Anadolu ve Batı Karadeniz iklim özelliklerini göstermektedir. İlçede, ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında yağışlar görülmekle birlikte, yaz aylarında yağış miktarı oldukça düşer. Kışlar fazla soğuk olmayıp, yağışlı geçer. İlçede, özellikle Sakarya Nehri Vadisi'nde rakımın 200-250 metreye kadar düşmesiyle daha ılıman bir iklim hüküm sürmektedir. Bölge, engebeli bir arazi yapısına

sahip olup, batıda Andız, kuzeyde Sarıçalı, doğuda Kara Geriş ve güneyde Sündiken Dağları ile çevrilidir. Bu dağlar arasında bulunan vadilerde sulama için uygun alanlar yer alırken, yüksek kesimlerde orman örtüsü sıklaşır. Nallıhan'ın dağları, çam ormanları ve meşeliklerle kaplıdır. Özellikle kuzey ve batı yönünde orman örtüsü yoğunlaşırken, doğu ve güneydeki dağlar genellikle çıplaktır. Bölgenin arazisinin %48'i ormanlarla kaplıdır, %25'i tarıma elverişli alanlar, %22'si çayır ve mera, %5'i ise çalılıkla kaplıdır (MEB 2025).

3.1.3 Örnek Alanların Belirlenmesi

Bu çalışmanın ana materyalini, Nallıhan Orman İşletme Şefliği ve Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırlarında, 30.08.2020 tarihinde çıkan orman yangınının ardından 1200 ha'lık alanda gerçekleştirilen iş ve işlemler oluşturmaktadır. Araştırma, teraslara dikilen fidanlar ile dozerle sürülen alanlarda dikilen fidanların gelişimini incelemeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada, Nallıhan ve Bozyaka Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde yer alan, 2020 yılında orman yangını ile tahrip olmuş sahalarda alınan örnek alanlarda Anadolu karaçamı fidanlarının gelişimi izlenmiş ve değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında, yangın sonrası farklı işlem ve faktörlerin fidan gelişimine etkisini ortaya koymak amacıyla her biri 20x20 m boyutlarında ve 400 m²'lik alana sahip üç tekerrürlü olacak şekilde 30 farklı örnek alan alınmıştır. Bunlardan 21 tanesi Nallıhan Orman İşletme Şefliği sınırlarında olup, 9 tanesi ise Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırlarındadır. Bu örnek alanlarda toprak işleme yöntemi (teras ve dozer sürümü), bakı (kuzey, kuzeydoğu, güney, güneydoğu) ve yükselti (800–1350 m) gibi değişkenler dikkate alınmıştır (Şekil 3.1).



(a)

(b)

Şekil 3.1 Araştırma alanı görüntüsü (a: Nallıhan, b: Bozyaka)

3.2 Metot

Arazi hazırlığı kapsamında farklı toprak işleme yöntemleri uygulanmıştır. Dozer ile gerçekleştirilen toprak işleme çalışmalarında 3'lü ripper ekipmanı kullanılmıştır. Teraslama çalışmalarında ise gradoni tipi teras tercih edilmiştir. Gradoni teraslar özellikle suyun yetersiz olduğu alanlarda yağış sularının toprakta tutulmasını sağlayarak fidanların kök gelişimine ve tutunma başarısına katkı sağlamaktadır. Bu yöntemlerin seçilmesinde hem arazinin topoğrafik yapısı hem de bölgedeki su yetersizliği dikkate alınmıştır.

Örnek alanlardaki fidanlarda, FB ve KBC ölçümleri gerçekleştirilmiştir. FB, şerit metre ile (Şekil 3.2), KBC ise kumpas yardımı ile kuzey-güney ve doğu-batı olacak şekilde iki farklı yönde ($\pm 0,1$ mm) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.3).

Elde edilen veriler SPSS (V20) paket programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile istatistik analizleri yapılmıştır. Ayrıca istatistik analizleri yapıldıktan sonra FB ve KBC'nin yükselti, bakı ve toprak işleme yöntemlerine göre Duncan çoklu karşılaştırma

testi uygulanmıştır. Ancak bazı gruplarda Duncan testi anlamlı farklılık göstermemiştir; bu durum söz konusu grupların istatistiksel olarak aynı homojen alt gruplarda yer almasıyla açıklanmaktadır.



şekil 3.2 Karaçam fıdan boylarının ölçümü



şekil 3.3 Karaçam fıdan kök boğazı çapının ölçümü

4. BULGULER

4.1 Örnek Alanların FB Ait Bulgular

4.1.1 Bakı faktörüne göre FB ait bulgular

Farklı bakılarda, FB'nın belirgin farklılıklar göstermiştir Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırları içinde K ve KD bakılarında ve Nallıhan Orman İşletme Şeflik sınırlarında ise G ve GD bakıları arasında %99 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 FB'nin bakıya göre varyans analizi sonuçları

Şeflik Adı	Bakı	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Bozyaka	Kuzey	56,50	22,80	1,88	101,62	0,000
Bozyaka	Kuzeydoğu	40,47	13,53	0,67		
Nallıhan	Güney	38,52	16,72	0,61	55,48	0,000
Nallıhan	Güneydoğu	27,78	8,39	0,70		

4.1.2 Yükseltiye göre FB ait bulgular

Yükselti faktörünün karaçam fidanlarının boy gelişimine etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan ölçümlerde, farklı rakımlarda yer alan örnek alanlarda belirgin değişiklikler gözlemlenmiştir. Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırları içinde 1100 m yükseltideki alanlarda FB ortalaması $62,02 \pm 2,42$ cm ile en yüksek değer olarak kaydedilmiştir. Aynı bölgede 1200 m yükseltide ortalama $40,47 \pm 0,67$ cm, 1300 m'de ise $45,46 \pm 2,19$ cm olarak ölçülmüştür. Bu değerler, yükselti arttıkça FB arasında farklı değerler görülmekle birlikte, 1100 m'nin karaçam fidanları için en uygun yükselti bandı olduğunu göstermektedir ($p < 0.001$).

Çizelge 4.2 Yükseltiye göre FB varyans analizi sonuçları

Şeflik Adı	Yükselti	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Bozyaka	1100	62,02	23,95	2,42		
Bozyaka	1200	40,47	13,53	0,67	71,35	0,000
Bozyaka	1300	45,46	15,36	2,19		
Nallıhan	800	34,91	9,75	0,87		
Nallıhan	850	32,20	4,81	0,47		
Nallıhan	1000	48,28	17,87	0,97	116,29	0,000
Nallıhan	1300	26,45	9,46	0,59		
Nallıhan	1350	27,21	9,38	1,24		

Çizelge 4.2’de Nallıhan Orman İşletme Şefliği’nde ise 800 m ve 850 m gibi daha düşük rakımlarda FB ortalamaları sırasıyla $34,91 \pm 0,87$ cm ve $32,20 \pm 0,47$ cm olarak görülmektedir. 1000 m rakımında bu değer $48,28 \pm 0,97$ cm ile en yüksek seviyeye ulaşmış, 1300 m ve 1350 m’de ise sırasıyla $26,45 \pm 0,59$ cm ve $27,21 \pm 1,24$ cm’ye kadar düşmüştür. Yükselti arttıkça FB arasında farklı değerler görülmüş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

Yükselti için hangi gruplar arasında fark olduğunu tespit etmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre Bozyaka Orman İşletme Şefliği’nde FB açısından 1100 m, 1200 m ve 1300 m yükselteleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. 1100 m’deki fidanlar (62,02 cm) en yüksek boy değerine ulaşırken, 1200 m’deki fidanlar (40,47 cm) en düşük grubu oluşturmuştur. 1300 m’deki FB ise (45,47 cm) orta düzeydedir. Bu bulgular, yükselti arttıkça FB üzerinde de farklılaşmalar olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Yükselti – Bozyaka (FB) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
1200	405	40,47		
1300	49		45,47	
1100	98			62,02

Nallıhan Orman İşletme Şefliği’nde de FB bakımından yükseltiiler arasında anlamlı farklar vardır. 1000 m’deki fidanların boyu (48,29 cm) en yüksek değeri gösterirken, 1300 m’deki fidanlar (26,45 cm) en düşük grupta yer almıştır. Sonuç olarak yükselti arttıkça FB olumsuz etkilendiği görülmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4 Yükselti – Nallıhan (FB) için Duncan Testi Sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
1300	254	26,45		
1350	57	27,21		
850	104		32,20	
800	124		34,92	
1000	338			48,29

4.1.3 Toprak İşleme Yöntemlerinin FB Üzerine Etkisi

Çalışma alanlarında uygulanan farklı toprak işleme yöntemlerinin karaçam fidanlarının boy gelişimi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırlarında teras uygulaması yapılan alanlarda FB ortalaması $48,46 \pm 0,91$ cm olarak ölçülmüştür. Aynı bölgede dozerle sürülmüş alanlarda ise bu değer $34,39 \pm 0,90$ ’dır. Bozyaka Orman İşletme Şefliği’ndeki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$)(Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Toprak işleme yöntemlerine göre FB varyans analizi sonuçları

Toprak İşleme	Şeflik Adı	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Teras	Bozyaka	48,46	18,52	0,91	74,80	0,000
Dozer	Bozyaka	34,39	10,94	0,90		
Teras	Nallıhan	36,49	15,44	0,67	0,45	0,064
Dozer	Nallıhan	37,25	17,23	0,92		

Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde ise teras yöntemi uygulanan alanlardaki FB ortalaması $36,49 \pm 0,67$ cm, dozer yöntemi uygulanan alanlardaki ortalama ise $37,25 \pm 0,92$ cm olarak tespit edilmiştir. Nallıhan Orman İşletme Şefliğinde bu iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0.064$).

Teras yöntemi, yüzey akışını azaltarak suyun toprakta tutulmasını sağlamakta ve fidanların daha iyi tutunarak gelişmesini kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde gözlenen yüksek boy değerleri, teras uygulamasının bu olumlu etkilerinin bir sonucu olabilir. Dozerle sürülmüş alanlarda ise toprak daha gevşek ve yer yer organik madde açısından yetersiz olabileceği için fidan gelişimi sınırlanmış olabilir.

Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde ise her iki yöntemin birbirine yakın sonuçlar vermesi, belki de arazi yapısının homojenliği ya da toprak işleme sonrası gerçekleştirilen uygulamaların benzer düzeyde olmasıyla açıklanabilir.

4.1.4 Bakı ve yükseltinin FB'na etkisi

Kuzey bakıya sahip alanlarda, 1100 m yükseltideki FB ortalaması $62,02 \pm 2,42$ cm ile tüm gruplar içinde en yüksek değeri göstermektedir. Aynı yönün 1300 m'deki değeri ise $45,46 \pm 2,19$ cm'dir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$) ve kuzey bakının orta yükselti bandında karaçam fidanları için ideal koşulları sağladığını göstermektedir. 1300

m'deki görülen azalma ise, yükseltinin artmasıyla birlikte sıcaklık, rüzgar ve nem koşullarının fidan gelişimini sınırlamaya başlamasıyla açıklanabilir.

Çizelge 4.6 Bakı ve yükseltiye göre FB varyans analizi sonuçları

Bakı	Yükselti	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Kuzey	1100	62,02	23,95	2,42	19,36	0,000
Kuzey	1300	45,46	15,36	2,19		
Güney	800	34,91	9,75	0,87		
Güney	850	32,20	4,81	0,47	125,71	0,000
Güney	1000	50,55	17,15	0,97		
Güney	1300	20,02	9,43	0,78		
Güney	1350	27,21	9,38	1,24		
Güneydoğu	1000	25,83	4,02	0,72	2,14	0,146
Güneydoğu	1300	28,32	9,20	0,87		

Güney bakıya sahip alanlarda, 800 m'de FB ortalaması $34,91 \pm 0,87$ cm, 850 m'de $32,20 \pm$ cm, 1000 m'de ise $50,55 \pm 0,97$ cm olarak kaydedilmiştir. 1300 m'de ise FB $20,02 \pm 0,78$ cm gibi oldukça düşük bir değere inmiş, 1350 m'de ise $27,21 \pm 1,24$ cm olarak ölçülmüştür ($p < 0.001$).

Güneydoğu bakıya sahip alanlarda ise FB hem 1000 m ($25,83 \pm 0,72$ cm) hem de 1300 m ($28,32 \pm 0,87$ cm) yükseltilerinde düşük seviyelerde kalmıştır. Bu yön ve yükselti kombinasyonları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 4.6).

Güney bakıda yapılan ölçümlerde FB açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Duncan testi).

Çizelge 4.7 Güney bakı (FB) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
1300	144	25,0208		
1350	57	27,2105		
850	104		32,2019	
800	124		34,9194	
1000	307			50,5537

1000 m'deki fidanların boyu (50,55 cm) en yüksek, 1300 m'deki fidanların boyu ise (25,02 cm) en düşük bulunmuştur. Bu sonuç, güney bakıda yükselti arttıkça FB azaldığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8 1300 m – bakı (FB) için Duncan testi sonuçları

Bakı	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
G	144	25,02		
GD	110		28,33	
K	49			45,47

1300 m yükseltisinde bakılar arasında FB açısından da anlamlı farklar gözlenmiştir. Kuzey bakıdaki fidanların boyu (45,47 cm) en yüksek iken, güney bakıdaki fidanlar (25,02 cm) en düşük değeri göstermiştir. Bu durum, bakının FB üzerinde belirgin etkisi olduğunu kanıtlamaktadır (Çizelge 4.8).

4.1.5 Bakı ve toprak faktörlerinin FB'na etkisi

Yapılan analizlerde, özellikle kuzeydoğu bakıya sahip alanlarda teras yöntemi ile toprak işlenen sahalarda FB ortalama $43,90 \pm 0,84$ cm olduğu, bu değer in dozerle işlenmiş alanlara

göre (34,39±0,90 cm) belirgin şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Çizelge 4.9 Bakı ve toprak işleme yöntemlerine göre FB varyans analizi sonuçları

Bakı	Toprak İşleme	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Kuzeydoğu	Teras	43,90	13,66	0,84	51,93	0,000
Kuzeydoğu	Dozer	34,39	10,94	0,90		
Güney	Teras	38,91	16,03	0,78	0,53	0,465
Güney	Dozer	38,00	17,58	0,98		
Güneydoğu	Teras	27,73	8,60	0,80	0,01	0,903
Güneydoğu	Dozer	27,96	7,56	1,48		

Güney bakıya sahip sahalarda teras uygulanan alanlarda FB 38,91±0,78 cm, dozerle işlenen alanlarda ise 38,00±0,98 cm olarak ölçülmüştür. Elde edilen fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.465$). Bu bulgu, güney yönünün yüksek ısıtım ve su kaybı gibi olumsuz etkilerinin, toprak işleme türünden bağımsız olarak fidan gelişimini sınırladığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, uygulanan yöntemin güney bakıdaki sınırlandırıcı çevresel koşulları dengelemede yetersiz kaldığı söylenebilir (Çizelge 4.9).

Benzer şekilde, güneydoğu bakıya sahip alanlarda da teras ve dozer uygulamaları arasında FB bakımından anlamlı bir fark saptanmamıştır. Teras alanlarında ortalama boy 27,73±0,80 cm, dozer alanlarında ise 27,96±1,48 cm olarak ölçülmüş; fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p = 0.903$).

Toprak işlemesi teras olan alanlarda bakılar arasında FB açısından anlamlı farklılıklar görülmüştür (Duncan testi). Kuzey bakıda FB (56,50 cm) en yüksek, Güneydoğu bakıda (27,74 cm) en düşük olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, teras işleminin yanı sıra bakının da FB gelişiminde etkili olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Teras – bakı (FB) için Duncan testi sonuçları

Bakı	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
GD	115	27,74			
G	416		38,92		
KD	259			43,90	
K	147				56,50

Dozerle işlenmiş alanlarda da bakılara göre FB’de farklılık göstermiştir. Güney bakıda FB (38,01 cm) en yüksek bulunmuştur. Bu durum, bakının FB gelişimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.11 Dozer – bakı (FB) için Duncan testi sonuçları

Bakı	N	Grup 1	Grup 2
GD	26	27,96	
KD	146		34,39
G	320		38,01

4.1.6 Yükselti ve bakının FB üzerine etkisi

FB gelişimi üzerinde etkili olan çevresel faktörlerden biri olan yükselti, bakı ile birlikte ele alındığında, saha koşullarının fidan performansı üzerindeki etkisini daha net ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, 1000 m ve 1300 m yükseltilerde farklı bakılara sahip sahalarda karaçam fidanlarının boy gelişimleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.12 Yükselti ve bakıya göre FB varyans analizi sonuçları

Yükselti	Bakı	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
1000	Güney	50,55	17,15	0,97	63,86	0,000
1000	Güneydoğu	25,83	4,02	0,72		
1300	Kuzey	45,46	15,36	2,19	70,00	0,000
1300	Güney	20,02	9,43	0,78		
1300	Güneydoğu	28,32	9,20	0,87		

1000 m yükseltide, güney bakılı sahalarda ortalama FB $50,55 \pm 0,97$ cm olarak belirlenmiştir. Bu değer, aynı yükseltideki güneydoğu bakılı sahalarda ölçülen $25,83 \pm 0,72$ cm'lik ortalamanın neredeyse iki katıdır. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Bu durum, aynı yükseltide dahi bakının fidan gelişimi üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Güney yönleri, daha iyi ışık almasına rağmen güneydoğu yönleri kıyasla daha dengeli nem tutma ve daha düşük rüzgâr etkisi gibi avantajlara sahiptir. Buna karşılık güneydoğu yönleri, sabah ve öğle güneşine daha doğrudan maruz kaldıkları için özellikle yaz aylarında yüksek buharlaşma ve nem kaybı nedeniyle gelişimi sınırlamaktadır.

1300 m yükseltide ise kuzey bakılı sahalarda FB ortalaması $45,46 \pm 2,19$ cm iken, güney yönlü sahalarda $20,02 \pm 0,78$ cm, güneydoğu yönlü sahalarda ise $28,32 \pm 0,87$ cm olarak kaydedilmiştir. Bu fark da istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.001$). Kuzey yönleri, güneş ışığını daha az aldığı için toprak nemini daha uzun süre muhafaza edebilmekte, bu da fidanın gelişim sürecine doğrudan katkı sağlayabilir diye düşünülebilir (Çizelge 4.12).

4.1.7 Yükselti ve toprak İşlemenin FB üzerine etkisi

Teras yöntemiyle toprak işlenen alanlarda FB yükseltilere göre şu şekilde sıralanmıştır; 800 metrede ortalama $43,66 \pm 0,80$ cm, 850 metrede $35,25 \pm 0,31$ cm, 1000 metrede $46,00 \pm 1,31$ cm, 1200 metrede $43,90 \pm 0,84$ cm, 1300 metrede $31,00 \pm 0,92$ cm'dir. Dozer yöntemiyle

toprak işlenen alanlarda ise FB 800 metrede $26,98 \pm 0,45$ cm, 850 metrede $28,34 \pm 0,63$ cm, 1000 metrede $51,22 \pm 1,40$ cm, 1200 metrede $34,39 \pm 0,90$ cm ve 1300 metrede $25,87 \pm 0,97$ cm olarak kaydedilmiştir. Her iki toprak işleme yöntemi (teras ve dozer) arasındaki FB farklılıkları, istatistiksel olarak son derece anlamlı bulunmuştur ($p=0.000$). (Çizelge 4.13Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 Yükselti ve toprak işleme yöntemlerine göre FB varyans analizi sonuçları

Yükselti	Toprak İşleme	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
800	Teras	43,66	6,18	0,80	338,90	0,000
800	Dozer	26,98	3,70	0,45		
850	Teras	35,25	2,37	0,31	107,58	0,000
850	Dozer	28,34	4,32	0,63		
1000	Teras	46,00	18,16	1,31	7,23	0,008
1000	Dozer	51,22	17,11	1,40		
1200	Teras	43,90	13,66	0,84	51,93	0,000
1200	Dozer	34,39	10,94	0,90		
1300	Teras	31,00	13,65	0,92	10,39	0,001
1300	Dozer	25,87	9,09	0,97		

Teraslama yönteminin bazı yükseltelerde daha iyi sonuç vermesi, bu yöntemin yangın sonrası bozulmuş toprak koşullarında fidan gelişimine olumlu katkıda bulunduğunu göstermektedir. Teraslar suyun toprağa daha iyi sızmasını sağlayabilir, erozyonu önleyebilir ve fidanlar için daha nemli, kök gelişimine uygun bir ortam oluşturabilir. Yangın sonrası artan erozyon riski düşünüldüğünde, terasların suyu tutma ve toprağı koruma yeteneğı fidanlar için önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Teras işleminde yükselti arasında FB açısından anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Duncan testi). 1100 m'deki fidanlar (62,02 cm) en yüksek değere sahip olurken, 1350 m'deki fidanlar (27,21 cm) en düşük değerde kalmıştır. Bu bulgu, yükselti arttıkça FB'nin olumsuz etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 Teras – yükselti (FB) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
1350	57	27,21			
1300	216		31,00		
850	58			35,26	
800	59				43,66
1200	259				43,90
1000	190				46,00
1100	98				62,02

Dozerle işlenmiş alanlarda da FB açısından da yükselti arasında farklılıklar gözlenmiştir. 1000 m'deki fidanlar (51,22 cm) en yüksek değere sahip olurken, 1300 m'deki fidanlar (25,87 cm) en düşük değerde kalmıştır. Bu durum, dozer işlenmiş sahalarda yükselti arttıkça FB'nin azaldığını ortaya koymaktadır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Dozer –yükselti (FB) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
1300	87	25,87		
800	65	26,98		
850	46	28,35		
1200	146		34,39	
1000	148			51,22

4.1.8 Toprak işleme ve bakının FB üzerine etkisi

Araştırmada, farklı toprak işleme yöntemleri (teras ve dozer) ile farklı bakı yönlerinin FB üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Teras uygulamasında, fidanların ortalama boyu kuzey bakısında $56,50 \pm 1,88$ cm olarak belirlenmiştir (İstatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu ($p=0,000$) görülmüştür). Teras yöntemi ile yapılan uygulamalarda, kuzeydoğu, güney ve güneydoğu bakılarında ortalama FB sırasıyla $43,90 \pm 0,84$ cm, $38,91 \pm 0,78$ cm ve $27,73 \pm 0,80$ cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.16 Toprak işleme yöntemlerine ve bakıya göre FB varyans analizi sonuçları

Toprak İşleme	Bakı	Ortalama Fidan boyu (cm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Teras	Kuzey	56,50	22,80	1,88	76,82	0,000
Teras	Kuzeydoğu	43,90	13,66	0,84		
Teras	Güney	38,91	16,30	0,78		
Teras	Güneydoğu	27,73	8,60	0,80		
Dozer	Kuzeydoğu	34,39	10,94	0,90	6,80	0,001
Dozer	Güney	38,00	17,58	0,98		
Dozer	Güneydoğu	27,96	7,56	1,48		

Dozerle toprak işleme uygulamasında ise, kuzeydoğu bakısında fidanların ortalama boyu $34,39 \pm 0,90$ cm, güney bakısında $38,00 \pm 0,98$ cm, güneydoğu bakısında ise $27,96 \pm 1,48$ cm olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16).

4.2 Fidanların Ortalama KBÇ Ölçümleri

4.2.1 Bakı'nın Fidan KBÇ Üzerine Etkisi

Çalışma sahalarında fidan gelişimini değerlendirmede önemli bir morfolojik parametre olan KBÇ, bakıya göre incelendiğinde önemli düzeyde farklılıklar göstermiştir. Ölçümler, Bozyaka Orman İşletme Şefliği için kuzey yönlü bakıların fidan kalınlığı açısından daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 4.17 Bakıya göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Şeflik Adı	Bakı	Ortalama Kök Boğazı çapı (mm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Bozyaka	Kuzey	2,29	0,74	0,06	131,65	0,000
Bozyaka	Kuzeydoğu	1,59	0,58	0,02		
Nallıhan	Güney	1,34	0,50	0,01	68,30	0,000
Nallıhan	Güneydoğu	0,98	0,26	0,02		

Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırlarında, kuzey bakıya sahip alanlardaki karaçam fidanlarının ortalama KBÇ $2,29 \pm 0,06$ mm olarak ölçülmüştür. Bu değer, kuzeydoğu bakılı alanlardaki ortalama olan $1,59 \pm 0,02$ mm'ye kıyasla oldukça yüksektir ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Aynı şekilde, Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde güney bakıya sahip alanlarda ortalama KBÇ $1,34 \pm 0,01$ mm iken, güneydoğu bakılı alanlarda bu değer $0,98 \pm 0,02$ mm'ye düşmektedir. Aradaki fark burada da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.17).

4.2.2 Yükseltinin KBÇ üzerine etkisi

Fidanların KBÇ farklı yükselti seviyelerinde önemli değişiklikler göstermiştir. Yapılan ölçümler, iki bölge için de yükseltiye bağlı olarak KBÇ değerlerinde anlamlı farklılıkların oluştuğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.18 Yükseltiye göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Şeflik Adı	Yükselti	Ortalama		Standart	Standart	F değeri	P değeri
		Kök	Boğazı	Sapma			
		çapı (mm)			Hata		
Bozyaka	1100	2,46		0,77	0,07		
Bozyaka	1200	1,59		0,58	0,02	79,59	0,000
Bozyaka	1300	1,95		0,54	0,07		
Nallıhan	800	1,08		0,19	0,01		
Nallıhan	850	1,10		0,13	0,01		
Nallıhan	1000	1,68		0,52	0,02	151,87	0,000
Nallıhan	1300	1,00		0,29	0,01		
Nallıhan	1350	1,01		0,28	0,03		

Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırlarında, 1100 m yükseltide ortalama KBÇ $2,46 \pm 0,07$ mm ile tüm gruplar içinde en yüksek değere ulaşmıştır. Bu değer, 1200 m’de $1,59 \pm 0,02$ mm, 1300 m’de ise $1,95 \pm 0,07$ mm olarak ölçülmüştür. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Bu bulgu, Bozyaka Orman İşletme Şefliği’nde 1100 m rakımın karaçam fidanları için optimum koşulları sağladığını göstermektedir.

Nallıhan Orman İşletme Şefliği’nde ise, KBÇ değerleri genel olarak Bozyaka Orman İşletme Şefliği ’ne kıyasla daha düşüktür. En yüksek değer 1000 m yükseltide ($1,68 \pm 0,02$ mm) elde edilmiş, bu değerinden 850 m ($1,10 \pm 0,01$ mm) ve 800 m ($1,08 \pm 0,01$ mm) seviyelerinde benzer düşük KBÇ kaydedilmiştir. En düşük değerler ise 1300 m ($1,00 \pm 0,01$

mm) ve 1350 m (1,01±0,03 mm) yükseltilerde gözlenmiştir. Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde da fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$).

Her iki şeflikte de orta yükseltilerin (1000–1100 m) fidan kök gelişimi için daha uygun olduğu, buna karşılık alçak (800 m) veya yüksek (1300–1350 m) rakımlarda fidanların KBÇ gelişimlerinin zayıfladığı görülmektedir.

Özellikle 1100 m'de Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde elde edilen yüksek KBÇ değeri, bu bölgedeki toprak işleme şekli (muhtemelen teras), yön (kuzey) ve toprak nem dengesi gibi etmenlerin bir araya gelerek optimum koşullar oluşturduğuna işaret etmektedir (Çizelge 4.18).

Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde 1100 m, 1200 m ve 1300 m yükseltileri arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Duncan testi). 1100 m yükseltisindeki fidanların KBÇ ortalamaları (2,4643) en yüksek grupta yer alırken, 1200 m'deki fidanlar (1,5989) en düşük grubu oluşturmuştur. 1300 m ise ara değer göstermiştir (1,9531). Bu sonuçlar, yükselti arttıkça KBÇ üzerinde farklılaşmalar olduğunu ve özellikle 1100 m'nin fidan gelişimi açısından daha uygun koşullar sağladığını göstermektedir.

Çizelge 4.19 Yükselti – Bozyaka (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
1200	405	1,5989		
1300	49		1,9531	
1100	98			2,4643

Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde de farklı yükseltiler arasında KBÇ açısından anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 1000 m'deki fidanlar (1,6874 cm) en yüksek değere sahip olurken, 1300 m'deki fidanlar (1,0007 cm) en düşük değerde kalmıştır. Bu durum, daha düşük yükseltilerde KBÇ'nin daha iyi geliştiğini göstermektedir.

Çizelge 4.20 Yükselti – Nallıhan (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2
1300	254	1,0007	
1350	57	1,0158	
800	124	1,0893	
850	104	1,1003	
1000	338		1,6874

4.2.3 Toprak işleminin KBÇ üzerine etkisi

Fidan KBÇ gelişimi, sahadaki toprak işleme yöntemine göre farklılık göstermektedir. Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde teras uygulanan alanlardaki fidanların ortalama KBÇ değeri $1,95 \pm 0,03$ mm ile oldukça yüksek bulunmuştur. Aynı bölgede dozerle sürülen alanlardaki ortalama KBÇ değeri ise $1,29 \pm 0,04$ mm'dir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$) ve teras uygulamasının fidan gelişimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Teraslama yöntemi, yüzey akışını azaltarak toprakta suyun tutulmasını sağlamakta, toprağı gevşeterek geçirgenliğini artırmakta ve toprak erozyonunu azaltarak kök gelişimi için daha uygun ortam yaratmaktadır.

Çizelge 4.21 Toprak işleme yöntemlerine göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Toprak İşleme	Şeflik Adı	Ortalama Kök Boğazı çapı (mm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Teras	Bozyaka	1,95	0,67	0,03	116,42	0,000
Dozer	Bozyaka	1,29	0,52	0,04		
Teras	Nallıhan	1,26	0,46	0,02	2,95	0,573
Dozer	Nallıhan	1,32	0,53	0,02		

Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde ise terasla işlenen sahalarda ortalama KBÇ $1,26 \pm 0,02$ mm olarak tespit edilmiştir. Bu değer, Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde aynı yöntemle işlenen alanlara kıyasla daha düşüktür. Bu durum, sadece toprak işleme yönteminin değil; şeflik bazında farklı iklim, toprak yapısı, bakıya ve yükselti gibi çevresel faktörlerin de fidan gelişimi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde dozerle işlenen alanlarda elde edilen ortalama KBÇ değeri olan $1,29 \pm 0,04$ mm, Nallıhan Orman İşletme Şefliği'ndeki teras uygulaması ile elde edilen değere çok yakındır (Çizelge 4.21). Bu bulgu, bazı sahalarda dozer uygulamasının iyi planlanması ve doğru zamanlamayla uygulanması hâlinde fidan gelişimini belirli ölçüde destekleyebileceğini; ancak genel olarak teras yönteminin üstün olduğunu göstermektedir.

4.2.4 Bakı ve Yükseltinin KBÇ üzerine etkisi

Kuzey bakılı sahalarda 1100 m yükseltide ortalama KBÇ $2,46 \pm 0,07$ mm olarak ölçülmüştür. Aynı yönün 1300 m yükseltideki değeri ise $1,95 \pm 0,07$ mm'dir. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Bu sonuçlar, kuzey bakılı ve orta yükseltideki alanların karaçam fidanlarının kök gelişimi için en uygun koşulları sunduğunu ortaya koymaktadır. Kuzey bakı, düşük güneşlenme süresi ve daha uzun süreli toprak nemi muhafazası ile KBÇ gelişimini desteklemektedir.

Çizelge 4.22 Bakıya ve yükseltiye göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Bakı	Yükselti	Ortalama Kök Boğazı Sapma Hata çapı (mm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Kuzey	1100	2,46	0,77	0,07	16,93	0,000
Kuzey	1300	1,95	0,54	0,07		
Güney	800	1,08	0,19	0,01		
Güney	850	1,10	0,13	0,01		
Güney	1000	1,76	0,48	0,02	172,98	0,000
Güney	1300	0,99	0,29	0,02		
Güney	1350	1,01	0,28	0,03		
Güneydoğu	1000	0,93	0,14	0,02	1,66	0,199
Güneydoğu	1300	1,00	0,20	0,02		

Güney bakılı alanlarda ise yükselti (1000m – 1300m) arttıkça KBÇ değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. 1000 m’de ortalama KBÇ $1,76 \pm 0,02$ mm iken, bu değer 1300 m’de $0,99 \pm 0,02$ mm’ye, 1350 m’de $1,01 \pm 0,03$ mm’ye düşmektedir. 800 m ve 850 m gibi daha alçak rakımlarda da KBÇ değerleri sırasıyla $1,08 \pm 0,01$ mm ve $1,10 \pm 0,01$ mm gibi düşük seviyelerde kalmıştır. Bu bulgular, güney yönlü sahalarda optimum gelişimin sadece sınırlı bir yükselti bandında mümkün olduğunu; özellikle yüksek rakımlarda fidan çağı gelişiminin düştüğü gözlemlenmiştir ($p < 0.001$).

Güneydoğu bakılı alanlarda ise 1000 m ve 1300 m yükseltilerdeki KBÇ değerleri oldukça düşüktür: sırasıyla $0,93 \pm 0,02$ mm ve $1,00 \pm 0,02$ mm (Çizelge 4.22). Bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p = 0.199$), ancak her iki değerin de 1 mm civarında kalması, güneydoğu bakının karaçam fidanlarının kalınlık gelişimi için yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu yön, sabah ve öğle saatlerinde doğrudan güneş ışınımına maruz kaldığından, toprak nemi çok daha hızlı kaybolmakta ve kök gelişimi baskılanmaktadır.

Güney bakıda farklı yükseltelerde yapılan ölçümlerde KBÇ arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (Duncan testi). 1000 m'deki fidanlar (1,76 cm) en yüksek değere ulaşırken, 1300 m'deki fidanlar (0,99 cm) en düşük KBÇ değerini göstermiştir. Bu bulgu, güney bakıda yükselti farkının KBÇ üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23 Güney bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2
1300	144	0,9993	
1350	57	1,0158	
800	124	1,0893	
850	104	1,1003	
1000	307		1,7635

1300 m yükseltisinde farklı bakılarda KBÇ arasında istatistiksel farklılıklar görülmüştür (Duncan testi). Kuzey bakıdaki fidanlar (1,95 cm) en yüksek KBÇ değerine sahipken, güney bakıda (0,99 cm) en düşük değerde kalmıştır. Bu sonuç, aynı yükseltide bakının fidan gelişiminde önemli rol oynadığını göstermektedir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24 1300 m – bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Bakı	N	Grup 1	Grup 2
G	144	0,9993	
GD	110	1,0026	
K	49		1,9531

4.2.5 Bakı ve Toprak İşlemenin KBÇ üzerine etkisi

Kuzeydoğu, güney ve güneydoğu bakılı alanlarda teras ve dozer uygulamalarının KBÇ üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında; kuzeydoğu bakılı alanlarda, teras uygulaması ile ortalama KBÇ $1,76\pm0,03$ mm, dozerle işlenmiş alanlarda ise $1,29\pm0,04$ mm olarak ölçülmüştür. Aradaki fark anlamlı düzeydedir.

Çizelge 4.25 Bakıya ve toprak işleme yöntemlerine göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Bakı	Toprak İşleme	Ortalama Kök Boğazı çapı (mm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
Kuzeydoğu	Teras	1,76	0,54	0,03	72,92	0,000
Kuzeydoğu	Dozer	1,29	0,52	0,04		
Güney	Teras	1,34	0,47	0,02	0,03	0,847
Güney	Dozer	1,35	0,54	0,03		
Güneydoğu	Teras	0,98	0,27	0,02	0,04	0,834
Güneydoğu	Dozer	0,99	0,23	0,04		

Güney bakılı alanlarda, KBÇ değerleri teras ve dozer uygulamaları arasında neredeyse aynı bulunmuştur: sırasıyla $1,34\pm0,02$ mm ve $1,35\pm0,03$ mm. Bu durum, güney bakılı alanların yüksek buharlaşma ve ısıtım nedeniyle her iki uygulamada da sınırlayıcı çevresel faktörlere maruz kaldığını göstermektedir. Toprak işleme yönteminin burada belirleyici bir fark yaratmaması, güney yönün baskın etkisinden kaynaklı olabilir.

Güneydoğu bakılı alanlarda ise teras uygulamasıyla elde edilen KBÇ değeri $0,98\pm0,02$ mm, dozerle işlenen alanlarda ise $0,99\pm0,04$ mm olarak ölçülmüştür (

Çizelge 4.25). Güneydoğu yönleri, hem sabah hem de öğle saatlerinde güneş ışığına doğrudan maruz kaldığından, toprak nemi hızla kaybedilmekte, bu da fidan KBÇ gelişimini kısıtlamaktadır. Bu sahalarda kullanılan toprak işleme yönteminin, bu temel çevresel sorunu dengelemekte yetersiz kaldığı söylenebilir.

Toprak işlenmesi teras olan alanlarda farklı bakılarda KBÇ arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Duncan testi). Kuzey bakıda fidanlar (2,2939 cm) en yüksek KBÇ değerine ulaşırken, Güneydoğu bakıda (0,9851 cm) en düşük değer gözlenmiştir. Bu bulgu, teras işlenmesi ile birlikte bakının da KBÇ üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26 Teras – bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Bakı	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
GD	115	0,9851			
G	416		1,3456		
KD	259			1,7692	
K	147				2,2939

Dozerle işlenmiş alanlarda da farklı bakılarda KBÇ arasında farklılıklar tespit edilmiştir (Duncan testi). Güney bakıdaki fidanlar (1,3529 cm) en yüksek KBÇ değerine ulaşmıştır. Bu sonuç, bakının dozerle işlenmiş sahalarda da fidan gelişiminde etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27 Dozer – bakı (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Bakı	N	Grup 1	Grup 2
GD	26	0,9973	
KD	146		1,2967
G	320		1,3529

4.2.6 Yükselti ve alanların KBÇ üzerine etkisi

1300 m yükseltide Bozyaka Orman İşletme Şefliği'ndeki fidanların ortalama KBÇ $1,95 \pm 0,07$ mm, Nallıhan Orman İşletme Şefliğindeki fidanların ise $1,00 \pm 0,01$ mm olarak ölçülmüştür. Fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$).

Çizelge 4.28 Yükselti ve şefliklere göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Yükselti	Şeflik Adı	Ortalama Kök Boğazı Çapı (mm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
1300	Bozyaka	1,95	0,54	0,07	311,98	0,000
1300	Nallıhan	1,00	0,29	0,01		

Her iki şeflik aynı yükselti basamağında yer almasına rağmen bu denli farklı sonuçlar elde edilmesi, şefliklerin sahip olduğu diğer çevresel özelliklerin (Bakıya, toprak tipi, işleme yöntemi ve iklimsel mikro farklılıklar) fidan gelişimi üzerindeki belirleyici etkilerini ortaya koymaktadır. Bozyaka Orman İşletme Şefliği'ndeki 1300 m rakıma sahip sahalarda yönün kuzey olması, teras uygulamasının tercih edilmiş olması ve muhtemelen toprak-su dengesinin daha elverişli olması; KBÇ gelişiminin yüksek çıkmasına katkı sağlamıştır (Çizelge 4.28).

Öte yandan, Nallıhan Orman İşletme Şefliği'nde aynı yükseklikte yer alan sahalarda yönün güney ya da güneydoğu olması, toprak işleme yönteminin dozer gibi daha yüzeysel ve su tutma kapasitesi düşük yöntemlerle yapılmış olması; fidanların daha ince kalmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nin mikroklimatik açıdan nemli ve daha korunaklı yapısı da KBÇ gelişimini desteklemiş olabilir.

4.2.7 Yükselti ve Toprak İşlemenin KBÇ üzerine etkisi

KBÇ gelişimi hem toprak işleme yöntemi hem de saha yükseltisi ile yakından ilişkili bir parametredir. Bu çalışmada, farklı yükselti seviyelerinde uygulanan teras ve dozer yöntemlerinin karaçam (*Pinus nigra*) fidanlarının KBÇ üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, her yükselti basamağında uygulanan toprak işleme yöntemine bağlı olarak KBÇ gelişiminde anlamlı farklar olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.29 Yükselti ve toprak işleme yöntemlerine göre KBÇ varyans analizi sonuçları

Yükselti	Toprak İşleme	Ortalama Kök Boğazı çapı (mm)	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
800	Teras	1,27	0,08	0,01	376,37	0,000
800	Dozer	0,92	0,10	0,01		
850	Teras	1,17	0,08	0,01	50,63	0,000
850	Dozer	1,01	0,14	0,02		
1000	Teras	1,61	0,53	0,03	8,62	0,004
1000	Dozer	1,78	0,49	0,04		
1200	Teras	1,76	0,54	0,03	72,92	0,000
1200	Dozer	1,29	0,52	0,04		
1300	Teras	1,20	0,54	0,03	9,58	0,002
1300	Dozer	1,01	0,26	0,02		

800 m yükseltide, teras yöntemiyle elde edilen ortalama KBÇ $1,27 \pm 0,01$ mm, dozer yönteminde ise $0,92 \pm 0,01$ mm'dir. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Benzer şekilde 850 m seviyesinde de teras yöntemiyle daha yüksek bir KBÇ değeri ($1,17 \pm 0,01$ mm) elde edilmiş, dozer uygulamasında bu değer $1,01 \pm 0,02$ mm olmuştur ($p < 0.001$).

1000 m yükseltide ise ilginç bir şekilde, dozer yöntemiyle elde edilen KBÇ değeri ($1,78 \pm 0,04$ mm) teras yönteminden ($1,61 \pm 0,03$ mm) daha yüksektir. Bu fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p = 0.004$). Bu sonuç, sahaya özgü toprak yapısı, eğim durumu veya dozerle açılmış çizgilerin toprakta su birikimini kolaylaştırması gibi nedenlerle açıklanabilir. Ayrıca bu yükseklikte mikroklimatik koşullar da farklı toprak işleme yöntemlerinin etkilerini değiştirebilir.

1200 m seviyesinde ise teras uygulaması dozerden belirgin şekilde daha yüksek KBÇ değeri sağlamıştır ($1,76 \pm 0,03$ mm vs. $1,29 \pm 0,04$ mm, $p < 0.001$). Aynı şekilde 1300 m yükseltide de teras yöntemiyle elde edilen KBÇ değeri ($1,20 \pm 0,03$ mm) dozer yönteminden ($1,01 \pm 0,032$ mm) yüksektir ($p = 0.002$) (Çizelge 4.29).

Teras işlenmiş alanlarda farklı yükselti arasında KBÇ bakımından anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (Duncan testi). 1100 m'deki fidanlar ($2,4643$ cm) en yüksek değeri gösterirken, 1350 m'deki fidanlar ($1,0158$ cm) en düşük değerde kalmıştır. Sonuç olarak düşük yükseltide teras işleminin KBÇ olumlu etkilediği görülmektedir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30 Teras – yükselti (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4	Grup 5
1350	57	1,0158				
850	58		1,1709			
1300	216			1,2095		
800	59				1,2707	
1000	190					1,6144
1200	259					1,7692
1100	98					2,4643

Dozerle işlenmiş alanlarda da farklı yükselti arasında KBÇ bakımından farklar bulunmuştur (Duncan testi). 1000 m'deki fidanlar ($1,7811$ cm) en yüksek değere ulaşırken,

800 m'deki fidanlar (0,9246 cm) en düşük değerde kalmıştır. Bu sonuç, dozer işlenmiş sahalarda orta yükseltilerin KBÇ için daha uygun olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31 Dozer – yükselti (KBÇ) için Duncan testi sonuçları

Yükselti	N	Grup 1	Grup 2	Grup 3
800	65	0,9246		
850	46	1,0113		
1300	87	1,0187		
1200	146		1,2967	
1000	148			1,7811

4.2.8 Fidan KBÇ Üzerine Toprak İşleme ve Bakı Etkisi

Teras uygulaması yapılan alanlar içinde en yüksek KBÇ değeri, kuzey bakılı sahalarda elde edilmiştir ($2,29 \pm 0,06$ mm). Bunu kuzeydoğu yönü takip etmekte olup burada ortalama KBÇ $1,76 \pm 0,03$ mm'dir. Bu yönlerde teras yöntemi; düşük güneş ışınlımı, daha iyi nem muhafazası ve azalan buharlaşma ile birleştiğinde, fidanların KBÇ artımının gelişmesini sağlamaktadır. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Güney bakılı teras alanlarda ise KBÇ değeri $1,34 \pm 0,02$ mm, güneydoğu bakılı alanlarda ise $0,98 \pm 0,02$ mm'dir. Özellikle güneydoğu yönünde KBÇ değeri 1 mm'nin altına düşmüş ve fidan gelişimi zayıf kalmıştır.

Çizelge 4.32 Toprak işleme yöntemlerine ve bakıya göre KBC varyans analizi sonuçları

Toprak İşleme	Bakı	Ortalama Kök Boğazı Sapma	Standart Sapma	Standart Hata	F değeri	P değeri
		çapı (mm)				
Teras	Kuzey	2,29	0,74	0,06	175,89	0,000
Teras	Kuzeydoğu	1,76	0,54	0,03		
Teras	Güney	1,34	0,47	0,02		
Teras	Güneydoğu	0,98	0,27	0,02		
Dozer	Kuzeydoğu	1,29	0,52	0,04	5,71	0,004
Dozer	Güney	1,35	0,54	0,03		
Dozer	Güneydoğu	0,99	0,23	0,04		

Dozer uygulamalarında ise en yüksek KBC değeri güney yönünde ($1,35\pm0,03$ mm) elde edilmiş olup, kuzeydoğu yönünde bu değer $1,29\pm0,04$ mm, güneydoğu yönünde ise yalnızca $0,99\pm0,04$ mm'dir (Çizelge 4.32). Bu sonuçlar, dozer uygulamasının bakı farklılıkları sınırlı düzeyde telafi edebildiğini; özellikle güneydoğu gibi dezavantajlı yönlerde gelişimin zayıf kaldığını göstermektedir. Ayrıca kuzey yönlü sahalarda dozerle işlenmiş alan bulunmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır, ancak diğer yönlerde terasın genel olarak daha avantajlı olduğu görülmektedir.

4.3 Örnek Alanlardaki Fidanların Ortalama FB ve KBÇ ait bulgular

Çalışma kapsamında, farklı örnek alanlarda dikilen fidanların boy (FB) ve kök boğazı çapı (KBÇ) değerleri ölçülmüş ve bu veriler değerlendirilmiştir. Çizelge 4.33'te her bir örnek alana ait ortalama fidan boyu ve kök boğazı çapı değerleri ile bu değerlere ilişkin standart hata, minimum ve maksimum ölçümler gösterilmiştir.

Çizelge 4.33 Fidanların ortalama FB ve KBÇ varyans analizi sonuçları

Örnek Alan No	Bölme No	Bakı	Toprak İşleme Yöntemi	<u>Ortalama Fidan Boyu (cm)</u>	Std. Hata	Min.	Maks.	<u>Ortalama Kök Boğazı Çapı (mm)</u>	Std. Hata	Min.	Maks.
Örnek Alan 1	486	Kuzeydoğu	Dozer	35,13	10,37	14,00	58,00	1,23	0,45	0,50	2,50
Örnek Alan 2	488	Kuzeydoğu	Teras	45,52	11,21	22,00	70,00	1,80	0,49	0,70	3,01
Örnek Alan 3	157	Güney	Teras	27,42	9,12	11,00	48,00	1,03	0,33	0,50	1,70
Örnek Alan 4	157	Güney	Dozer	27,73	8,81	11,00	38,00	1,00	0,30	0,50	1,60
Örnek Alan 5	223	Güney	Teras	30,38	9,87	11,00	50,00	1,08	0,28	0,40	1,60
Örnek Alan 6	158	Güney	Teras	29,09	9,11	8,00	47,00	1,08	0,28	0,40	1,70
Örnek Alan 7	158	Güney	Dozer	28,93	10,67	11,00	50,00	1,07	0,25	0,50	1,60
Örnek Alan 8	432	Kuzey	Teras	50,55	17,01	18,00	105,00	2,09	0,66	1,10	4,60
Örnek Alan 9	431	Kuzey	Teras	81,26	22,35	40,00	138,00	3,04	0,74	1,60	4,80

(Tablo 4.33'ün devamı)

Örnek Alan No	Bölme No	Bakı	Toprak İşleme Yöntemi	<u>Ortalama Fidan Boyu (cm)</u>	Std. Hata	Min.	Maks.	<u>Ortalama Kök Boğazı Çapı (mm)</u>	Std. Hata	Min.	Maks.
Örnek Alan 10	433	Kuzey	Teras	48,23	13,72	21,00	78,00	1,92	0,38	1,30	2,70
Örnek Alan 11	488	Kuzeydoğu	Teras	55,96	16,44	25,00	80,00	2,13	0,59	1,00	3,00
Örnek Alan 12	489	Kuzeydoğu	Teras	43,70	9,82	17,00	58,00	1,83	0,46	0,80	2,50
Örnek Alan 13	487	Kuzeydoğu	Teras	42,94	10,53	16,00	58,00	1,82	0,48	0,80	2,50
Örnek Alan 14	487	Kuzeydoğu	Dozer	43,05	10,25	18,00	58,00	1,83	0,47	0,80	2,50
Örnek Alan 15	156	Güneydoğu	Dozer	29,92	7,35	15,00	43,00	1,05	0,22	0,64	1,49
Örnek Alan 16	156	Güneydoğu	Teras	34,25	7,53	20,00	45,00	1,18	0,24	0,72	1,50
Örnek Alan 17	222	Güneydoğu	Teras	29,40	10,00	13,00	45,00	1,03	0,31	0,51	1,49
Örnek Alan 18	307	Güneydoğu	Teras	26,44	3,99	19,00	34,00	0,95	0,14	0,69	1,25
Örnek Alan 19	313	Güney	Dozer	28,99	4,26	21,00	36,00	1,03	0,13	0,76	1,25
Örnek Alan 20	313	Güney	Teras	35,41	2,32	30,00	39,00	1,17	0,08	1,03	1,32
Örnek Alan 21	314	Güney	Dozer	24,23	2,3	20,00	28,00	0,87	0,08	0,72	1,00
Örnek Alan 22	314	Güney	Teras	48,22	2,10	45,00	53,00	1,31	0,06	1,20	1,45
Örnek Alan 23	316	Güney	Dozer	29,07	3,12	24,00	34,00	0,96	0,11	0,78	1,13
Örnek Alan 24	316	Güney	Teras	36,22	1,76	33,00	39,00	1,19	0,06	1,09	1,30

(Tablo 4.33'ün devamı)

Örnek Alan No	Bölme No	Bakı	Toprak İşleme Yöntemi	<u>Ortalama Fidan Boyu (cm)</u>	Std. Hata	Min.	Maks.	<u>Ortalama Kök Boğazı Çapı (mm)</u>	Std. Hata	Min.	Maks.
Örnek Alan 25	225	Güney	Dozer	55,54	14,66	24,00	80,00	1,90	0,44	0,91	2,58
Örnek Alan 26	225	Güney	Teras	56,75	15,78	21,00	80,00	1,94	0,44	0,91	2,55
Örnek Alan 27	226	Güney	Dozer	61,43	15,17	24,00	80,00	2,07	0,44	1,09	2,57
Örnek Alan 28	226	Güney	Teras	58,79	16,66	26,00	80,00	2,51	1,97	0,90	2,51
Örnek Alan 29	227	Güney	Dozer	56,72	17,63	21,00	80,00	1,93	0,49	0,91	2,56
Örnek Alan 30	227	Güney	Teras	53,52	16,22	21,00	80,00	1,84	0,45	0,90	2,58

En yüksek ortalama FB Örnek Alan 9'da ölçülmüş olup, kuzey bakılı ve teras uygulamalı bu sahada ortalama FB = 81,26 cm'dir. Bu bulguyu destekler şekilde, yine kuzey bakıda ve teras uygulamalı Örnek Alan 8 (50,55 cm) ve Örnek Alan 10 (48,23 cm) gibi alanlarda da kısmen yüksek gelişim değerleri kaydedilmiştir. Kuzeydoğu bakılı alanlarda da FB genel olarak yüksektir; özellikle Örnek Alan 11 (55,96 cm) ve Örnek Alan 2 (45,52 cm) bu bakıda gelişimin olumlu seyrettiğini göstermektedir. Güney ve güneydoğu bakılı sahalarda FB ortalamaları çoğunlukla daha düşüktür. Örneğin Örnek Alan 3 (27,42 cm), Örnek Alan 4 (27,73 cm) ve Örnek Alan 18 (26,44 cm) gibi yönelmelerde gelişim geride kalmıştır. Bu durum, yaz aylarında artan güneşlenme, buharlaşma, toprakta su kaybı ve yüzey ısınmasıyla ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, bazı güney bakılı alanlarda yüksek FB değerleri de tespit edilmiştir: Örnek Alan 26 (56,75 cm), Örnek Alan 25 (55,54 cm) ve Örnek Alan 27 (61,43 cm). Bu istisnalar, yalnızca bakının değil; toprak işleme şekli (özellikle teras), toprak derinliği, tohum/fidan kalitesi gibi lokal faktörlerin de belirleyici olabildiğini düşündürmektedir. Nitekim bu alanlarda teras uygulamasıyla su tutma kapasitesinin artmış olması gelişimi desteklemiş olabilir.

En yüksek ortalama KBÇ değeri Örnek Alan 9'da 3,04 mm olarak ölçülmüştür; bu değer kuzey bakı ve teras uygulamasının KBÇ gelişimi üzerindeki olumlu etkisini açıkça göstermektedir. Bunu yine kuzey yönlü Örnek Alan 8 (2,09 mm) ve Örnek Alan 10 (1,92 mm) izlemektedir. Kuzeydoğu yönünde ve terasla işlenen sahalarda da yüksek KBÇ değerleri elde edilmiştir; özellikle Örnek Alan 11 (2,13 mm), Örnek Alan 12 (1,83 mm) ve Örnek Alan 13 (1,82 mm) çap gelişimi açısından tatmin edicidir. Güney ve güneydoğu bakılı alanlarda ise KBÇ değerleri çoğunlukla 1,0–1,3 mm aralığında kalmıştır; Örnek Alan 18 (0,95 mm) ve Örnek Alan 21 (0,87 mm) gibi sahalarda KBÇ'nin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Örnek Alan 27 (2,07 mm) ve Örnek Alan 28 (2,51 mm) gibi bazı güney bakılı sahalarda yüksek KBÇ değerleri elde edilmiştir; bu durum yine teras uygulaması, yerel topoğrafya, toprak özellikleri ve fidan kalitesi gibi etmenlerin bir arada olumlu etki edebildiğine işaret etmektedir.

Genel olarak teras yöntemiyle hazırlanan sahalarda hem FB hem KBÇ değerleri daha yüksektir. Örnek Alan 2, 8, 9, 10, 11, 26, 28 ve 30 gibi birçok teras uygulamalı sahada

gelişim değerleri istatistiksel olarak da anlamlı düzeyde yüksektir. Teraslama, yüzeysel akışı kontrol ederek toprakta nemin daha uzun süre tutulmasını sağlar. Dozerle sürülmüş alanlarda ise KBÇ ve FB gelişimi genellikle daha zayıf seyretmiştir; ancak bu fark her zaman kesin değildir. Nitekim Örnek Alan 27 ve Örnek Alan 29 gibi dozer uygulamalı sahalarda da başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, işleme derinliği, çizgi genişliği, uygulama zamanlaması gibi faktörlerin dozerin etkinliğini belirlediğini göstermektedir.

Hem Bozyaka hem Nallıhan örnek alanlarında yükseltinin FB ve KBÇ üzerinde anlamlı farklılıklar yarattığı belirlenmiştir. 1100 m'deki fidanlar en yüksek boy (62,02 cm) ve KBÇ (2,46 cm) değerlerine ulaşırken, 1300–1350 m'deki fidanlar en düşük değerlere sahip olmuştur. Bu sonuç, orta yükseltilerin (özellikle 1000–1100 m) fidan gelişimi açısından daha uygun olduğunu göstermektedir.

Ortalama FB ve KBÇ değerleri Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde, Nallıhan Orman İşletme Şefliği'ne kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu fark, iklimsel ve toprak özelliklerinin yanı sıra, uygulanan teknikler ve yönetime bağlı çevresel faktörlerle açıklanabilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Bozyaka ve Nallıhan Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde, 2020 yılında yangın sonrası yapılan ağaçlandırma sahalarında oluşturulan 30 örnek alan incelenmiştir. Örnek alanların farklı toprak işleme yöntemleri (teras ve dozer), farklı yükseltiler ve bakılar (kuzey, kuzeydoğu, güney, güneydoğu) dikkate alınarak Anadolu karaçamı FB ve KBÇ gelişimleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler sonucundakuzey ve kuzeydoğu bakılarda hem FB hem KBÇ gelişiminin genel olarak daha iyi olduğunu, güney ve güneydoğu bakılarda ise değerlerin daha düşük olduğu görülmüştür. Bu eğilim; güneşlenme süresi, buharlaşma, toprak nemi ve yüzey ısınması farklılıklarıyla uyumludur. Elde edilen sonuçlar, Ertekin vd. (2011)'in Kütahya'da, yangın sonrası farklı bakı ve bitkilendirme tekniklerinin karaçam gelişimi üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmasında rapor edilen bulgularla paralellik göstermektedir: söz konusu araştırmada da kuzey ve doğu bakılarında KBÇ ve FB gelişimi daha iyi bulunmuştur. Bununla birlikte, Ertekin vd. (2011)'de bitkilendirme tekniğinin FB üzerinde etkili olmadığı, KBÇ üzerinde ise anlamlı etki yaptığı raporlanmıştır. Bizim çalışmamızda ise özellikle teras uygulamasının FB ve KBÇ üzerinde birlikte olumlu etki yarattığı görülmektedir. Bu fark, çalışma alanımızın su kıtlığı koşullarında gradoni tipi terasların su tutucu etkisinin FB'yi de belirgin biçimde desteklemesine bağlanabilir.

Genel olarak terasla yapılan alanlarda daha başarılı olmasına rağmen bazı örnek alanlarda (örneğin 27 ve 29) dozerle işlenmiş sahalarda da başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum, kullanılan yöntemin tek başına belirleyici olmadığını; uygulamanın zamanlaması, işleme biçimi veya alanın yerel özellikleri gibi burada ölçülmeyen bazı etkenlerin de sonuçlar üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Yücel (2022), yangın sonrası ağaçlandırmalarda tür ve fidan tipi seçimini irdelemiş; tür, yaş ve fidan tipinin (çıplak köklü/tüplü) tutma oranı üzerindeki etkilerini sınırlı bulurken, gelişim üzerinde farklılıklar olabildiğini belirtmiştir. Problemlili ve yangın riski yüksek alanlarda kök/kütük sürgünü verme özelliği olan türlerin (ör. Kokar Ağaç, Yalancı Akasya) tercih edilebileceğini; ancak Meşeler gibi doğal flora elemanları mevcutsa bunların

kullanımının daha uygun olacağını vurgulamıştır. Ayrıca Anadolu Karaçamı ile Toros Sediri arasında gelişim farkının büyük olmadığı, fakat doğal yayılış alanı olan Anadolu karaçamının tercih edilebilir olduğu ifade edilmiştir. Çalışmamız yalnızca Anadolu karaçamı ile yürütüldüğünden, Yücel (2022)'nin yerel/doğal tür vurgusu ile uyumlu olup, fidan tipi karşılaştırması yapmadığımız için bu boyutta doğrudan bir değerlendirme sunmamaktadır. Bununla birlikte kaplı fidanların daha iyi gelişim göstermesine karşın maliyet ve kuruma riski notu, bizim alan koşullarımızda terasın su tutma avantajı ile birlikte düşünüldüğünde, maliyet–yarar değerlendirmelerinde dikkate alınmalıdır.

Yangın sonrası bölgesel planlar, toprak koşulları, arazi eğimi, nem, güneşlenme ve rüzgar gibi yerel çevresel faktörlere dayanarak hazırlanmalı ve buna göre onarım ve iyileştirme programları geliştirilmelidir. Yeni bitki dikimi, yalnızca toprak uygun olduğunda yapılmalı ve tek tür yerine çeşitlilik gösteren bir kompozisyonla gerçekleştirilmelidir. Çalılardan ağaçlara, ibreli, herdem yeşil türlerden yapraklı meyveli türlere kadar geniş bir tür yelpazesi tercih edilmelidir. Ayrıca, dikilecek fidan veya tohumlar, yörenin doğal bitkilerinden temin edilerek, yerli türlerin yoğunlukla kullanılması sağlanmalıdır. Bu yaklaşım, ormanların faunası için önemli olan beslenme ve barınma alanları oluşturarak, ekosistemin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır (Kemer, 2022).

Türkiye’de yangın sonrası ağaçlandırma çalışmaları hem çevresel hem de ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmalar, özellikle orman yangınlarının yoğun olarak yaşandığı bölgelerde bozulan alanların yeniden ekosisteme kazandırılması için vazgeçilmez bir yere sahiptir. Ancak ormanlaştırma faaliyetleri maliyetli uzun vadeli süreçleri kapsamaktadır. Bu nedenle yapılan her uygulamanın verimliliği artırması ve kaynak kullanımını optimize etmesi gerekmektedir.

Bakı açısından aynı yükseltide farklı bakılarda belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Kuzey bakıda FB ve KBC değerleri genellikle daha yüksek çıkarken, güney bakıda değerlerin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, güneşlenme süresi ve toprak nemi farklılıklarının fidan gelişiminde önemli bir faktör olabileceğini ortaya koymaktadır.

Yükselti faktörü hem Bozyaka hem de Nallıhan'da yükseltinin FB ve KBÇ üzerinde anlamlı farklılıklar yarattığı belirlenmiştir. 1100 m'deki fidanlar en yüksek boy (62,02 cm) ve KBÇ (2,46 cm) değerlerine ulaşırken, 1300–1350 m'deki fidanlar en düşük değerlere sahip olmuştur. Bu durum, orta yükseltilerin (özellikle 1000–1100 m) fidan gelişimi açısından daha uygun olduğunu göstermektedir.

Toprak işleme yöntemi açısından teras işlenmiş alanlarda fidanların hem boy hem çap değerleri dozerle işlenmiş alanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle gradoni tipi terasların suyu tutucu özelliği, suyun yetersiz olduğu çalışma alanında fidan gelişimini olumlu etkilemiştir. Dozerle 3'lü ripper kullanılarak yapılan işlemede ise fidan gelişimi teraslama kadar güçlü olmamıştır.

Şeflikler arasında; Bozyaka Orman İşletme Şefliği'nde elde edilen ortalama FB ve KBÇ değerleri, Nallıhan Orman İşletme Şefliği'ne kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu fark, hem iklimsel hem de toprak özelliklerinin yanı sıra, uygulanan teknik ve yönetime bağlı çevresel faktörlerle açıklanabilir.

Fidan gelişimindeki en uygun kombinasyon, Bozyaka Orman İşletme Şefliği sınırlarında, 1100 m yükseltide, kuzey bakılı ve terasla hazırlanmış alanlar olarak belirlenmiştir. En zayıf gelişim ise Nallıhan Orman İşletme Şefliği'ndeki 1300–1350 m yükseltide, güneydoğu bakılı ve dozerle işlenmiş sahalarda gözlenmiştir.

Yangın sonrası ağaçlandırma çalışmalarında, arazi yönelimi ve yükselti özellikleri dikkate alınarak, özellikle kuzey ve kuzeydoğu bakıya sahip sahalara öncelik verilmelidir. Güney ve güneydoğu yönlü sahalarda ağaçlandırma yapılması zorunlu ise, bakım tedbirleri artırılmalı ve destekleyici (sulama, gölgeleme, malçlama vb.) uygulamalar planlanmalıdır. Eğimli arazilerde teras yöntemi, hem erozyonu azaltması hem de su tutma kapasitesini artırması nedeniyle dozerle yapılan çizgi uygulamalarına kıyasla daha etkilidir ve tercih edilmelidir. Yüksek rakımlı (>1300 m) alanlarda fidan gelişimi sınırlı kaldığından, bu sahalarda tür seçimi gözden geçirilmeli veya dikim yoğunluğu azaltılarak başarı şansı artırılmalıdır.

Bu çalışmanın sonuçları, yangın sonrası ağaçlandırma sahalarında uygulanan silvikültürel yöntemlerin fidan gelişimine etkilerini ortaya koyarak, benzer ekolojik koşullara sahip alanlar için yönlendirici niteliktedir. Uzun vadede benzer analizlerin büyüme performansı, toprak özellikleri ve çevresel değişkenlerle birlikte izlenmesi, daha sürdürülebilir ormancılık uygulamalarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Gelecekte yapılacak benzer çalışmalarda, toprak özellikleri (pH, organik madde, tekstür) ile birlikte fizyolojik analizler (örneğin su kullanım etkinliği) de dahil edilerek daha kapsamlı sonuçlara ulaşılabilir.



KAYNAKLAR

- Alkan, S. 2014. Kırsal Nüfus Değişiminin, Ormanlar ve Ormancılık Üzerine Etkileri (Trabzon İli Örneği). Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 14(1), 69-78.
- Anonim. 2016. Orman yangınlarının sebepleri sosyal ekonomik etkileri. Ankara.
- Atay, İ. 1990. Silvikültür II: (Silvikültürün tekniği). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi 1990, İÜ Orman Fakültesi Yayını, No. 3599/405; İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.
- Avci, M. ve Korkmaz, M. 2020. Türkiye’de orman yangını sorunu: Güncel bazı konular üzerine değerlendirmeler. Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi, 229-240, <https://doi.org/10.18182/tjf.942706>
- Bilgili, A., Demir, O. ve Daşçı, M. 2017. Orman Yangınlarının Önlenmesinde Sürdürülebilir Uygulama: Kontrollü Hayvan Otlatma. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(1), Article 1, <https://doi.org/10.25308/aduziraat.297678>
- Bond, W. J. ve Keeley, J. E. 2005. Fire as a global ‘herbivore’: The ecology and evolution of flammable ecosystems. Trends in Ecology & Evolution, 20(7), 387-394. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025>
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D’Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., Harrison, S. P., Johnston, F. H., Keeley, J. E., Krawchuk, M. A., Kull, C. A., Marston, J. B., Moritz, M. A., Prentice,

- I. C., Roos, C. I., Scott, A. C. and Pyne, S. J. 2009. Fire in the Earth System. *Science*, 324(5926), 481-484. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>
- Duran, Dr. C. 2014. Mersin ilindeki orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analizi (2001-2013). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(1A), 38. <https://doi.org/10.17568/oad.87328>
- Ertekin, M., Özel, H. B. ve Baygin, G. 2011. Yangın Sonrası Bozulan Alanların Yeniden Bitkilendirilmesi “Kütahya, Emet, Kovalı Yangını Örneği”. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(20), 10-17.
- Göl, C. ve Dengiz, O. 2006. Amasya (Kapaklı) Orman Fidanlığı Topraklarının Sınıflandırması ve Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 330-339. <https://doi.org/10.7161/anajas.2006.21.3.330-339>
- Kavgacı, A. ve Tavşanoğlu, Ç. 2010. Akdeniz Tipi Ekosistemlerde Yangın Sonrası Vegetasyon Dinamiği. *Turkish Journal of Forestry*, 11(2), 149-166. <https://doi.org/10.18182/tjf.57284>
- Kemer, N. 2022. Orman Yangınları ve Sonrası: Orman Ekosistem Restorasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (33), 373-381. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1054290>
- McIver, J. D. and Starr, L. 2000. Environmental effects of postfire logging: Literature review and annotated bibliography. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-486>
- Moreira, F., Arianoutsou, M., Vallejo, V. R., de las Heras, J., Corona, P., Xanthopoulos, G., Fernandes, P. and Papageorgiou, K. 2012. Setting the Scene for Post-Fire Management. İçinde F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona, & J. De las Heras

- (Ed.), *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests* (ss. 1-19). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2208-8_1
- Negiz, M. G., Çınar, K. ve Aygöl, E. Ö. 2019. Karaçam (*Pinus nigra*) Türünün Verimlilik ve Dağılım Özellikleri Üzerine Ekolojik Değerlendirmeler: Isparta-Yenişarbademli Örneği. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 189-200. <https://doi.org/10.30516/bilgesci.591236>
- North, M. P., Stephens, S. and Collins, B. 2015. Reform forest fire management. *Journal of Science*, 349(6254), 1280-1281. DOI: 10.1126/science.aab2356
- OGM. 2024. Silvikültür Uygulamalarının Teknik Esasları. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Silvikültür Dairesi Başkanlığı. Tebliğ No: 317.
- OGM. 2025. Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Çerkeş Orman İşletme Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/ankaraobm/kurulusumuz/cerkes-orman-isletme-mudurlugu>
- Özaydin, M. 2024. Derin Ötektik Çözücü Kullanılarak Ahşap Materyalden Lignin Nanopartiküllerinin Hazırlanması ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). Bartın Üniversitesi, Bartın.
- Saatçioğlu, F. 1976. Sivilkültür 1: Sivilkültürün biyolojik esasları ve prensipleri. İstanbul Üniversitesi Yayın No : 1429; Orman Fakültesi Yayın No: 138, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi. İstanbul
- Tolunay, A. ve Özmiş, M. 2022. Ekosistem Hizmeti Oluşturan Kırsal Etkinliklere Yönelik Ödeme Eğiliminin Belirlenmesi: Orman Kaynaklarında Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliği ile Orman Yangını Riskinin Azaltılması Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3), 557-579. <https://doi.org/10.24011/barofd.1132677>

- Tüfekcioğlu, İ., Ergan, G., Kaynaş, B., Aktepe, N. and Tavşanoğlu, Ç. 2022. Developing recommendations by rapid ecological assessment for post-fire restoration in low altitude forests and shrublands in Mediterranean climate region: A case study for Datça-Bozburun Special Protection Area. Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi, 163-177. <https://doi.org/10.18182/tjf.1118883>
- Türkeş, M. ve Altan, G. 2008. Çanakkale'nin 2008 Yılı Büyük Orman Yangınlarının Meteorolojik ve Hidroklimatolojik Analizi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 10(2), 195-218. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000137
- Ünlü, M. 2025. Orman varlığı ve orman yangınlarının etkisi. International Journal of Geography and Geography Education(55), 212-229. <https://doi.org/10.32003/igge.1634171>
- Yalçın, S. ve Urker, O. 2024. Türkiye'de orman yangınlarına müdahale sürecinde yaban hayatına yönelik ilk yardım yönetimi hakkında güncel değerlendirme. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 25(2), 114-123. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1489772>
- Yaltırık, F. ve Akkemik, Ü. 2011. Türkiye'nin Doğal Gymnospermeleri (Açık Tohumlular). Nadir Kitap, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları. Erişim Tarihi: 16.07.2025
- Yücel, E. 2022. Eskişehir'de Yanan Orman Alanlarının Ağa landırılması İçin Ağaç ve Fidan Tipinin Belirlenmesi. Ekoloji ( evre Dergisi), 1(45): 28-36.