

**ORMAN YANGINLARININ KISA VADEDE EROZYON VE BESİN
KAYBINA ETKİSİ**

ALİ ÖRDEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. OKTAY YILDIZ**

DÜZCE, 2024

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ORMAN YANGINLARININ KISA VADEDE EROZYON VE BESİN
KAYBINA ETKİSİ

Ali ÖRDEK tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ender MAKİNECİ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 05/11/2024

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

05 Kasım 2024

Ali ÖRDEK

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Oktay YILDIZ 'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen jüri üyeleri Prof. Dr. Ender MAKİNECİ ve Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI 'ya da şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

05 Kasım 2024

Ali ÖRDEK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. TAHRİP VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	1
1.2. YANGIN	2
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
2.1. SAHANIN TANITIMI	7
2.1.1. Jeoloji	7
2.1.2. Toprak Yapısı.....	8
2.1.3. İklim	8
2.1.4. Bitki Örtüsü	9
2.2. YÖNTEM	10
2.2.1. Örneklem Deseni	10
2.2.2. Ölçümler	13
2.3. LABORATUVAR ANALİZLERİ.....	14
2.4. İSTATİSTİKİ ANALİZLER.....	15
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	16
3.1. BİYOKÜTLE	16
3.2. TOPRAK.....	18
4. TARTIŞMA	22
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	28
6. KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	33

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Ağustos 2021 de yangın çıkan Aydıncık sahalarının toprak yapısı.....	8
Şekil 2.2. Ağustos 2021 de yangın çıkan Aydıncık sahalarının toprak yapısı. Ağustos 2021 de yangın çıkan Aydıncık sahalarının kıyı kesimi genelde makiliklerle kaplıdır.	9
Şekil 2.3. Ağustos 2021 de yanan Aydıncık sahalarında makiliklerin önemli bir kısmı gelecek yıl tekrar sürgün vermiştir.....	10
Şekil 2.4. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangının etkili olduğu sahalar.....	11
Şekil 2.5. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangının etkili olduğu sahalar.....	11
Şekil 2.6. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için oluşturulan örnekleme deseni.....	12
Şekil 2.7. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için ibre, kül ve toprak örnekleme.....	13
Şekil 2.8. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için yanmış ve yanmamış sahalarda çalı biyokütlesi örnekleme.....	13
Şekil 2.9. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında erozyon miktarını belirlemek için oluşturulan örnekleme alanları.....	14
Şekil 3.1. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sahadaki çalı ve ölü-örtünün önemli bir kısmını tüketmiştir (ortalama $\pm$ standart hata).	16
Şekil 3.2. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sonrası makilik alanda kızılçam meşcerelerine göre daha fazla kül birikmiştir (ortalama $\pm$ standart hata). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.....	17
Şekil 3.3. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sonrası d çağındaki kızılçam meşcerelerinde diğer meşcerelere göre daha fazla ibre dökümü gerçekleşmiştir (ortalama $\pm$ standart hata). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.....	18
Şekil 3.4. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sonrası sahalardaki toprağın hacim ağırlıklarında önemli farklılıklar olmuştur (ortalama $\pm$ standart hata). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	19

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için oluşturulan örnekleme noktalarının konumu.	12
Çizelge 3.1. Ağustos 2021 Aydıncık yangını öncesi diri ve ölü örtüdeki besin yoğunluğu (%) ve miktarı (kg ha ⁻¹) (ortalama ± standart hata).	17
Çizelge 3.2. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından yaklaşık bir ay sonra toprağın ilk 20 cm derinliğindeki pH ve KDK değerleri ile C yoğunlukları (ortalama ± standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	19
Çizelge 3.3. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından bir ay sonrası toprağın ilk 20 cm derinliğindeki makro besin yoğunlukları (ortalama ± standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	20
Çizelge 3.4. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından bir yıl sonra toprağın ilk 20 cm derinliğindeki pH ve KDK değerleri ile C yoğunlukları (ortalama ± standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	20
Çizelge 3.5. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından bir yıl sonra toprağın ilk 20 cm derinliğindeki makro besin yoğunlukları (ortalama ± standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.	21

ÖZET

ORMAN YANGINLARININ KISA VADEDE EROZYON VE BESİN KAYBINA ETKİSİ

Ali ÖRDEK

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

Kasım 2024, 32 sayfa

Akdeniz bölgesindeki her yıl binlerce hektar orman alanı yangınlarla tahrip edilmektedir. Bu çalışmanın amacı Mersin'in Aydıncık ve Gülnar yöresinde 2021 yılında çıkan yangından sonra kısa vadede sahadan besin kaybı ve erozyon miktarını belirlemektir. Çalışma 300 metre ile 1100 m yükseltiler arasında yer alan farklı çağlardaki meşcerelerde yapılmıştır. Sahalarda yangın sonrası kül ve toprak örneklemeleri ile makilik alanda yanmadan kalan dal örneklemeleri yapılmıştır. Ayrıca yangın öncesi sahadaki biyokütle miktarını tahmin etmek için yanmamış makilik alanlarda biyokütle örnekleme yapılmıştır. Çalılık alanda yaklaşık 28 ton ha⁻¹ biyokütle ve yaklaşık 5 ton ha⁻¹ ölü-örtü olduğu belirlenmiştir. Yangın sonrası sahada yaklaşık 7 ton ha⁻¹ yanmamış çalı gövdeleri dikili kuru olarak kalmıştır. Bütün sahalardaki kül kalınlığı meşcere bazında değişmeksizin ortalama 1.7 ± 0.7 cm olarak belirlenmiştir. Yangın görmemiş kontrol sahalardaki toprağın hacim ağırlığı 1.25 g cm⁻³ civarında iken yangın sonrası ilk 20 cm derinliğindeki toprağın hacim ağırlığı kontrol sahalardakine göre c, b, a ve bozuk kızılçam meşcerelerinde yaklaşık % 35 ve makilik alanda ise yarı yarıya düşmüştür. Yangından yaklaşık bir ay sonra yapılan ölçümlerde toprağın N yoğunluğu kontrol sahalarına göre makilik, bozuk ve b çağındaki kızılçam sahalardaki yaklaşık 2.7 kat artmıştır. Erozyonu belirlemek için sahaya çakılan kazılarda bir yıl sonra yapılan ölçümlerde toprak seviyesi üstündeki kül dahil tüm sahalarda yaklaşık 2 cm kadar düşmüştür. Yangından yaklaşık bir yıl sonra yapılan ölçümlerde sahalanın genelinde ilk 20 cm derinliğindeki N yoğunluğu maki ve bozuk sahalarda diğer meşcerelerdekenden yaklaşık 1/3 oranında daha fazladır.

Anahtar Sözcükler: Orman Yangını, erozyon, Aydıncık, Gülnar, Besin

ABSTRACT

EFFECTS OF FOREST FIRE ON SHORT-TERM EROSION AND NUTRIENT LOSSES

Ali ÖRDEK

Düzce University

Graduate School, Department of Forest Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Oktay YILDIZ

November 2024, 32 pages

Wild fires disturb thousands of hectares of forest area in the Mediterranean region every year. The aim of this study is to determine the amount of nutrient loss and erosion from the burned sites in the short term after the 2021 forest-fire in Aydıncık and Gülnar regions of Mersin. The study was carried out in stands of different ages located between 300 meters and 1100 m altitude. Ash and soil samples were taken after the fire. To estimate the biomass before the fire, unburned maquis areas were sampled adjacent the undisturbed areas. It was determined that there was approximately 28 tons ha⁻¹ branch and leaf biomass and approximately 5 tons ha⁻¹ forest floor organic matter in the bush area. After the fire, approximately 7 tons ha⁻¹ of unburned shrub braches remained as standing dead wood in the site. The average ash thickness in all areas was determined as 1.7 ± 0.7 cm, without changing on a stand basis. The soil bulk density in the unburned control site was about 1.25 g cm⁻³. Compared to the control site, the post-fire soil bulk density decreased by approximately 35% in c, b, a and degraded red pine stands and by half in the maquis area. One month after the fire, the N density of the soil increased approximately 2.7 times in maquis, degraded and b-age red pine areas compared to the control areas. Based on erosion stake measurement the soil level, including the ash on top, has decreased by approximately 2 cm. One year after the fire, the N density in the first 20 cm soil depth is approximately 1/3 higher in maquis and degraded areas than in other stands.

Keywords: Forest-fire, Erosion, Aydıncık, Gülnar, Nutrient

1. GİRİŞ

Akdeniz havzasındaki orman alanları tarım alanı ve yerleşim yeri açma, yakacak, yapacak vb amaçlı olarak yaklaşık 6000 yıldır tahrip edilmektedir. Uzun yıllardır devam eden bu tahripler erozyonu tetikleyerek toprakların verimsizleşmesine ve birçok medeniyetin çökmesine neden olmuştur (Landsberg ve Waring, 2014). Akdeniz bölgesi dünyada insan yoğunluğunun en fazla olduğu coğrafyalardan biridir. Bazı bölgelerde insan yoğunluğunun km²'ye 2500 kişinin üzerine çıktığı alanlar vardır (Cortea vd., 2007). Nüfusa bağlı olarak artan gıda, tatlı su, kereste, lif ve yakıt taleplerini karşılamak için özellikle son 100 yılda, doğal peyzajlar insanlık tarihinde eşi benzeri görülmemiş bir şekilde değişikliğe uğratılmıştır. Örneğin, 1950 - 1980 arasındaki 30 yılda, 1700 - 1850 arasındaki 150 yıla göre daha fazla doğal alan tarım arazisine dönüştürülmüştür. Arazi kullanımındaki değişiklikler, insan refahı ve ekonomik kalkınmada önemli kazanımlar sağlamıştır. Ancak bu kazanımlar, biyoçeşitlilik kaybı ve ekosistemlerin bozulması şeklinde yüksek bir maliyetle elde edilmiştir. Artık ormanların büyük bir kısmı başka arazi kullanımlarından kalan artık alanlar haline gelmiştir. Bu nedenle birçok yerde orman alanları ve yerleşim yerleri iç içe geçmiştir. Ormanlar üzerindeki bu tahribin şiddeti önümüzdeki yıllarda daha da artacaktır. Akdeniz ekosistemlerinde en önemli tahrip unsurundan biri de yangınlardır. İnsanlar her ne kadar bölgede on binlerce yıldır yangın çıkarmış olsalar da, özellikle son 10.000 yıldan beridir yangın rejimini önemli ölçüde etkilemiştir. (Carrión vd., 2003; Goren-Inbar vd., 2004; Daniau vd., 2010).

1.1. TAHRİP VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Tahmine göre insan orta Afrika'da 3.5 milyon yıl önce (dünyanın yaşının % 1'inden daha kısa bir zaman önce) evrilmeye başlamıştır. Buradan savanalara geçip yaklaşık 500 000 yıl önce homo sapiens ve yaklaşık 50000 yıl önce ise modern insana benzemeye başlamıştır. Uzun süre doğanın sunduklarından faydalanmaya çalışan insan toplayıcılık ve avcılıktan sonra özellikle yerleşik hayata geçmeye başlayınca doğayı değiştirmeye de başlamıştır (Blondel vd., 2010). İnsanların doğayı değiştirme uğraşısı kullandığı teknoloji ve aletlerin ilkel olması nedeniyle başlangıçta doğal süreçleri çok fazla etkilememiş ve

tahrip olan ekosistemlerin çoğunda sistemin kendini yenileme eşiği aşılmadığından insan etkisi ortadan kalkınca bu ekosistemler de tekrar toparlanabilmiştir. Fakat özellikle sanayi devriminden sonra ve atomun parçalanmasıyla insan muazzam bir güce ulaşmış ve bu güç hem dünyanın üstündeki yerel veya bölgesel ekosistemleri geri dönüşü olmayan bir tahribe uğratmış hem de milyonlarca yıl önce oluşan fosil yakıtlarını yerin altından çıkararak biyosferi etkilemiştir. Bu etki sadece biyosferle de kalmamış iklim üzerinde de önemli değişikliğe neden olmuştur. Gerçi Dünyanın iklimi hiçbir zaman durağan olmamıştır. Devirler boyunca çok soğuk dönemler de çok sıcak dönemlerde olmuştur. Fakat son 200 yıldır insanların etkisi ile sürecin hızlı yaşanmasına neden olmuştur. Bu hızlı değişim orman ve diğer doğal ekosistemler üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır. Canlılar ve ekosistem jeolojik zamanlardaki uzun sürede gerçekleşen değişimlere uyum sağlarken şimdiki hızlı değişime uyum sağlayamamaktadır.

İklim değişikliği kuraklık, yangın taşkın vb. olayların sıklığını ve şiddetini değiştirmektedir. Buzul örneklerinden edinilen bilgiye göre son 650000 yıldır atmosferdeki CO₂ miktarı 300 ppm'i geçmemişken bugün bu rakam % 25 artmıştır. Karbondioksitten 20 kat daha etkili olan metan gazı salımı et üretimi için artan sığırlardan, kentsel atıklardan (çöp) ve buzulların erimesinden dolayı giderek artmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için yeraltındaki kömür, petrol ve doğal gaz üretimi giderek artmaktadır, yine artan konut ihtiyacını karşılamak için çimento üretimi artmakta, çimento üretimi de kirecin ısınmasına dayandığı için bol miktarda CO₂' atmosfere salınmaktadır. Ormanlar küresel ısınmadan etkilendiği gibi onun etkilerini azaltabilir de fakat ormanlar insan nüfusuna ve yaşam tarzının değişmesine bağlı olarak yoğun baskı altındır. Orman ve mera alanlarının tarım ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi de CO₂ tutulumunu azaltmakta ve salımını arttırmaktadır ki son 50 yılda amazon ormanlarının 1/5'i başka kullanım alanlarına dönüştürülmüştür.

1.2. YANGIN

İnsanların yangını kontrol etmesi 1 milyon yıl öncesine dayanmaktadır. Avrupa'daki insan ateşi 400000 yıldan beri, Amerika'dakiler ise 30000 yıldan beri kullanmaktadır. İnsanlar ateşi av hayvanlarına habitat oluşturmak, savaş sırasında üstünlük sağlamak, dumanla haberleşmek, yemek pişirmek, tarım alanı açmak ve alet yapımında kullanılan çalı türlerinin sahaya gelmesi içi (sepet yapımı) kullanmışlardır.

Yanma fotosentezin tersi olup fotosentezle bağlanan ve canlı ve ölü-örtüde bulunan enerjinin hızlı bir şekilde salınmasıdır. Fotosentez güneş enerjisinin organik bileşikler halinde bitki materyali olarak kimyasal enerjiye dönüştürülmesi iken yanma bu enerjinin ısı enerjisi olarak, gaz ve partiküllerin de yan ürün olarak salınmasıdır. Yanmanın en görünen ve bileşeni alev olmasına rağmen toprak ve diğer ekosistem bileşenlerine etkisi olan diğer bileşenleri ve safhaları da vardır.

Tutuşma öncesindeki aşamada yanıcı madde ısınır ve buna bağlı olarak su kaybı ve organik maddenin bozulması meydana gelir. Tutuştuktan sonra yangın organik maddedeki uzun zincirlerin parçalanması ve ayrışma şeklinde iki safhada ilerler. Ayrışma da kendi içinde; alev alma, alevsiz için için yanma ve parlayan kömür halinde yanma safhalarına ayrılır. Organik maddenin uzun zincirlerinin parçalanması alev alma aşamasında devam eder, alevsiz için için yanma aşamasında iyice azalır ve parlayan kömür halinde yanma aşamasında biter. Son aşama sönme aşamasıdır. Bu aşamada artık yanma biter. Organik maddedeki uzun zincirlerin parçalanması endotermik yani ısı alan bir tepkimedir. Yangının ön cephesindeki termal radyasyon ve konveksiyon ile yanıcı maddedeki su buharlaşır, yanıcı maddenin ısısı artar ve uzun zincirli bileşikler parçalanır (DeBano vd., 1998).

Yanan maddenin özellikleri de yangın davranışını etkilemektedir. Bitki hücresinin birincil duvarı ile orta lamelinin ana moleküler bileşiği lignindir. Lignin oduna yapısal direnç sağlar ve sağlam odunda % 18-35 arası çürümüş odunda % 65 e kadar bulunur. Lignin termal ve mikrobiyal ayrışmaya karşı dirençli olup yangının parlayan kömür halinde yanma aşaması için bol miktarda kömür üretir. Organik maddenin uzun zincirlerinin parçalanması başladığında selüloz ve hemiselüloz odun bileşiklerinden termal olarak ayrışmakta ve alev aşamasında tutuşan yanıcı gazları üretmektedir. Ayrıca bu aşamada selüloz bileşikleri termal katrana dönüşmektedir (DeBano vd., 1998).

Yanmada ikinci aşama ayrışma olup yanıcı maddenin yüzeyinde veya kömürün yavaş oksidasyonu ile ortaya çıkan pirolizat hidrokarbon türevlerinin hızlı bir şekilde oksitlenmesi (yanma) şeklinde gerçekleşen ve ısı salan tepkimedir. Ormanlarda yakıt miktarı ve kalitesi çok değişken olduğundan (odun, çalı, ibre vb.) gerek organik maddenin zincirlerinin parçalanması gerekse asıl yanmanın gerçekleştiği ayrışma aşamaları çok farklı hızlarda ilerlemektedir (DeBano vd., 1998).

Yangın davranışı yangının yakıt, hava ve topoğrafik koşullara karşı tepkisidir. Örtü veya

yüzey yangını yangının toprak üstündeki organik madde ve kısa boylu ot ve çalı türlerini yakmasıdır. Tepe yangını örtü yangınından kısmen bağımsız ağaç ve çalı katında tepeden tepeye ilerleyen yangındır. Yangının enerji yoğunluğu (intensity) yanma sırasında ne kadar enerjinin açığa çıktığını ve sahada ne kadar kaldığını tanımlayan yangının fiziksel yönünü ifade eder. Yangının tahrip şiddeti (severity) ise yanma sırasında ekosistemin yapısının ve işlevinin (süksesyonel süreç vb.) yangınla ne kadar değiştirildiğini ifade ekolojik bir tanımlamadır (Binkley, 2021). Yangın şiddeti genel olarak hafif, orta ve yoğun olarak ifade edilmektedir. Hafif yangınlardan sonra mineral toprak yüzeyi kömürleşmiş organik materyallerle kaplanmaktadır. Orta şiddetteki yangınlarda toprak yüzeyindeki bütün organik materyal tüketilmekte ve kalıntılar da ileri derece de kömürleşmiş materyal haline dönüşmektedir. Şiddetli yangınlarda mineral toprak üstündeki bütün organik madde tüketilmekte toprak altındakiler ise ya tüketilmekte veya kömürleşmektedir. Yangın sıklığı belirli bir alanda belirli bir sürede yangının hangi sıklıkta geldiğini ifade etmektedir. Kontrollü yakma yönetimin planı ve isteği doğrultusunda uygulanan, kontrolsüz yangın ise yönetimin isteği ve planı dışında çıkan yangınlardır. Yangın klimaksı periyodik yangınlarla varlığını devam ettiren bitki toplumlarını ifade etmektedir. Kolay tutuşan yanıcı madde kolayca kuruyan ve hacmine göre yüzey alanı oldukça fazla olan çapı 1 cm den küçük organik materyallerdir (ot, yaprak vb). Bunlar kolayca tutuşmakta ve hızlıca tüketilmektedir. Bitki toplumunu değiştiren yangınlar var olan bitki toplumunun yangın ile başka bir topluma dönüşmesidir. Meşcere yapısını değiştiren yangın üst tabakadaki ağaçların büyük bir kısmının veya tamamının yok edip ikincil süksesyonun başlamasına neden olan yangınlardır.

Yangın tipi vejetasyon genellikle yangını takiben sahaya gelen vejetasyon tipidir. Özellikle verimi düşük marjinal sahalarda yangın sonrası önemli miktarda toprak ve besin kaybı olursa sahaya gelecek bitki örtüsü değişebilir. Ormanın çalı kaplı sahaya dönüşmesinin nedeni sadece ağaç türlerinin tohumlarının yetersizliğinden değil yeni oluşan ortamın olumsuz koşullarda rekabet edebilecek türlere avantaj sağlamasından da kaynaklanabilir.

Yangının yayılma hızı daha çok ince yanıcı materyaller sayesinde olmaktadır. Kalın kütükler gibi materyaller yangının hızını daha çok düşürmektedir. Ayrıca kalın yanıcı maddeler içinde daha fazla nem içerdiklerinden bu nemi buharlaştırmak için ısı harcanması (latent enerji) yangının yoğunluğunu (enerji miktarı) düşürmektedir. Eskiden

insanların sistemlere etkisi düşük olduğu zamanlarda çıkan yangınlar sonucu bitki örtüsünün, topoğrafyanın ve yanıcı maddenin dağılımına göre yangın sonrası kısmen yanan ve yanmayan saha ve bitki mozaikleri oluşurken işletme ormanlarının olduğu sahalarda sahadan boşaltma ve tohum atma işlemleri sonucu tüm bu mozaikler yok edilmekte ve tek yaşlı geniş saf ormanlar kurulmaktadır. Çok büyük alanlarda saf kuruluş yapan bu gençlik sahaları yüksek miktarda yanıcı madde biriktirmekte ve tabandaki bu yanıcı maddelerin tutuşması tepe çatısına kolayca sıçrayabilmektedir.

Yangın ekosistemlerin oluşumunda ve evrilmesinde önemli bir role sahiptir. Akdeniz havzasında yangınların doğal olduğu, binlerce yıldır meydana geldiği ve bitkilerin onlarla başa çıkma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir. Bu çerçevede yangınlar ekolojik bir felaket olarak değil, doğal sürecin bir parçası olarak görülmelidir (Pausas vd., 2008). Dünya üzerinde Akdeniz bölgesi gibi yangın ile evrilmiş bitki topluluklarıyla özdeşleşmiş birçok bölge bulunmaktadır (Smith ve Smith, 1999). Ancak son zamanlarda meydana gelen insan kaynaklı ve rejimi değiştirilmiş yangınların bitki ve hayvan topluluklarını aniden değiştirebilecek ve/veya toprak kaybına neden olabilecek tahriplere dönüştüğü yönünde tartışmalar bulunmaktadır (Kazanis ve Arianotsou, 2004; Arnan vd., 2007; De Lis vd., 2005). Özellikle kurak geçen yaz aylarının sıklığının ve süresinin uzaması bu tahribin şiddetini de arttırmaktadır. Akdeniz bölgesinde yılda yaklaşık 55000'in üzerinde yangın çıkmakta ve bu yangınlarda yaklaşık 42500 ha orman alanı yanmaktadır (Corteau, 2007; San-Miguel-Ayanz vd., 2013; European Commission, 2011).). Son zamanlarda durum daha da kötüleşmektedir. Çok kurak geçen 1976, 1989, 2003, 2005 ve 2007 yıllarında Ak deniz bölgesinde büyük yangınlar çıkmıştır. Fakat, 2017 ve 2021 yılı yangınlar bakımından Avrupa'nın en kötü son 25 yılıdır. Avrupa'da 2021 yılında 39 ülkede çıkan yangınlarda 1 113 464 ha alan yanmıştır. Bu ülkelerin içinde 2021 yangınından en çok zarar gören ülke Türkiye'dir. Sadece Türkiye'de 2021 yılında 206 013 ha alan yanmıştır (Anonim, 2021).

İstatistikler ve modeller göstermektedir ki Akdeniz bölgesindeki yangınlar iklim değişikliğinin de etkisiyle giderek artacak ve bölgedeki ormancılarının yerel yöneticilerin ve politika yapıcılarının en önemli sorunlarından biri haline gelecektir. Artan yangınlara karşı önlemler ve söndürme teknikleri tartışılırken bir yandan da yangınla tahrip olan ekosistemlerin restorasyonu önemli bir sorun haline gelmiştir. Yangın, bitki örtüsündeki ve orman tabanındaki besin elementlerinin önemli bir kısmının geçici bir süreliğine toprak yüzeyinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Fakat özellikle dik yamaçlarda kül

ve toprak yüzeyindeki besin elementlerinin önemli bir kısmı su ve rüzgâr erozyonuna maruz kalmaktadır. Korumasız yamaçlardaki besin elementlerinin erozyonla sahadan uzaklaştırılması da restorasyon çalışmalarının başarısını etkileyebilmektedir. Bu nedenle yangınla tahrip olmuş bu ekosistemlerin restorasyonunun başarılı bir şekilde yapılabilmesi için sahayla ilgili yapısal ve işlevsel süreçleri takip edebilecek verilere ihtiyaç vardır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı Mersin Aydıncık ve Gülnar yöresinde 2021 yılında çıkan yangından sonra kısa vadede sahadan besin kaybı ve erozyon miktarını belirlemektir. Elde edilecek verilerin yöredeki restorasyon çalışmalarına katkı yapması öngörülmektedir



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. SAHANIN TANITIMI

Çalışma alanları 2021 yılında Mersin'in Aydincık ve Gülnar ilçelerinde etkili olan yangın sahalarında seçilmiştir. Aydincık, Mersin merkeze 173 km batıda deniz kıyısında, Gülnar ise Aydincık'ın 30-40 km kuzeyinde yer almaktadır. Yangın deniz seviyesindeki Aydincık tan 1100 metre yükseltiye sahip Gülnar sahaları arasında etkili olmuştur.

2.1.1. Jeoloji

Yangın sahalarının da içinde olduğu Akdeniz Bölgesi jeolojik, morfolojik ve biyolojik olarak dünyanın en fazla çeşitliliğe sahip coğrafyasından biridir. Yaklaşık 250 milyon yıl önce (myö) Paleozoik dönemin sonunda bütün kara parçaları tek bir parça halindeydi ve bu süper kıtaya Pangea denmekteydi. Yaklaşık 200 myö Jurrasic döneminin başında pangea kuzeyde Laurasia, güneyde ise Gondwana diye iki kıtaya ayrılmıştır. Bu ayrılma 250-200 milyon yıl arasında Triassic döneminde devam etmiş ve bu iki kıta arasında Tethys veya paleotethys denizi oluşmuştur. Bu deniz Gondwana'nın kuzeye hareket edip Eurasia ile çarpışması sonucu mezozoik (250-65 MYÖ) dönüşüme uğramıştır. Pangea'nın ve Tethys'in bu zamanda küçük küçük parçalara ayrılması ile birlikte kıtaların birleşmesi, çarpışması ve diğer tektonik hareketlerine bağlı olarak yavaş yavaş günümüz Akdeniz Bölgesi ortaya çıkmıştır. Orta Jurassic (165 myö) ve erken Cretaceous-kretase (120 myö) arası deniz tabanının genişlemesiyle Afrika ile Kuzey Amerika arasında Atlas okyanusu, Afrika ile Eurasia arasında ise Tethys-Akdeniz oluşmuştur. Cretaceous'un sonunda (80 myö) Eurasia ve Tertiary (Tersiyer) başında Eurasia Kuzey Amerika'dan uzaklaşmaya başlayınca Afrika batıya doğru hareket edip Atlas okyanusunu genişletmiş ve Afrika ve Avrupa yaklaşarak Alpin orogenezi tetiklemiştir. Pliocene ve Pleisrocene döneminde 5-myö-12000 yıl öncesinde ikinci bir çarpışma ile Alplerde ilave bir yükselme gerçekleşmiştir. Eurasia ve Afrika plakalarının arası sadece Alp orogenezi ile şekillenmemiş tethys denizinin zamanla küçülmesi de bu şekillenmeye katkı sağlamıştır. En sonunda 65 myö'de başlayan Cenozoik dönemde Hindistan ve Arap yarım adasının Eurasia ile çarpışması sonucu şimdiki kapalı Akdeniz havzası oluşmuştur (Blondel vd., 2010).

2.1.2. Toprak Yapısı

Bölgenin büyük bir kısmı Tetis denizinin yükselmesinden oluştuğu için deniz dibinde biriken sedimentin yükselmesi bütün coğrafyada etkisini göstermektedir. Bu nedenle Akdeniz bölgesindeki toprakların çoğu kireçtaşı ve marine orijinlidir. Kireç içeriği ve alkalilik bitki büyümesinde oldukça etkilidir. Akdeniz bölgesinde birçok toprak tipine rastlanabilir. Havzanın kuzey kısmında (Türkiye dahil) demirli kahverengi topraklar (terra rosa), degrade olmuş kalsit (dolomit), rendzina, lős, regisol ve litosol yaygındır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Ağustos 2021 de yangın çıkan Aydıncık sahalarının toprak yapısı.

Bazı yerlerde jips (alçıtaşı) da bulunabilir. Dağlık kısımların çoğu masif kayalık olmayıp erozyona hassas yumuşak malzemelerden oluşmaktadır. Akdeniz havzasının çoğu yerlerinde erozyonla toprağın yılda 1.4 mm kadar sıyrıldığı iddia edilmektedir (Dufaure, 1984). Anadolu'nun da içinde bulunduğu birçok alanda karstik yapı yaygındır. Bu alanlarda alttaki kireç depozitlerinin erimesi sonucu oluşan çatlak ve boşluklar nedeniyle infiltrasyon yüksek olduğundan yukarı havzalara düşen yağış yeraltı suyu olarak kilometrelerce öteden kaynak halinde çıkabilmektedir.

2.1.3. İklim

Akdeniz bölgesinin bugünkü iklimi 2.8 myö oluşmaya başlamıştır ve günümüze kadar sıcak-kuru ile soğuk-yağışlı sezonlar giderek daha belirgin hale gelmiştir. Günümüzde Akdeniz bölgesinin önemli bir kısmı soğuk ılıman ile kuru tropikal arasında geçiş

iklimine sahiptir. Akdeniz havzasının doğu kesiminde 5-6 ay yağışsız dönemler görülebilmektedir. Dolayısıyla yöredeki bitkiler kurak dönemlere uyum sağlama özelliğine sahiptir. Bölgede sıcaklık ve kuraklık, soğuktan daha fazla sorun oluşturmaktadır. Akdeniz bölgesinde genelde kısa mesafede arazinin eğimine, bakısına, denizden uzaklığına bağlı olarak iklimde önemli değişiklikler görülebilmektedir. Akdeniz Bölgesinde rüzgarlar kara ile denizlerdeki ısınma farkından dolayı genelde kuzey yönlüdür. Kışın Sibirya'nın anticyclonları Orta Avrupa'ya hareket edip soğuk havayı Akdeniz bölgesine iletmektedir. Kışın en önemli rüzgârı kuzeyden esen karayel (mistral) ve İtalya ve Batı Akdeniz'e doğru soğuk ve kuru esen kuzey batı rüzgarları (tramontana ve gregal) ile kuzeydoğudan esen Akdeniz poyrazıdır. Meltem ise yazları Ege denizinde esen bir rüzgardır. Yaza doğru havalar ılımaya başlayınca Afrika'dan Akdenize doğru ln sıcak ve kuru rüzgarları esmektedir (Sirokko). Bu rüzgarlar yağışı, buharlaşmayı ve dolayısıyla kuraklığı etkileyerek yazın yaygın etkisini arttırmaktadır.

2.1.4. Bitki rts

Akdeniz bölgesinin kıyı kesiminin büyük bir kısmı kolay tutuşabilen kalın, mumsu yaprak yüzeyine sahip kuraklığa dayanıklı sclerophyllous bitki örtüsüyle kaplıdır (2.2).



şekil 2.2. Ağustos 2021 de yangın çıkan Aydıncık sahalarının toprak yapısı. Ağustos 2021 de yangın çıkan Aydıncık sahalarının kıyı kesimi genelde makiliklerle kaplıdır.

Bunlardan tipik olanları Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis*), sandal (*Arbutus andrachne*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), sakız ağacı (*Pistacia lentiscus*), pırnal meşesi (*Quercus ilex*), kermes meşesi (*Quercus coccifera*) ve zeytin (*Olea europaea L.*) olup yangın vb. gibi

nedenlerle tahrip edildikten sonra çok sayıda sürgün verebilen türlerdir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Ağustos 2021 de yanan Aydıncık sahalarında makiliklerin önemli bir kısmı gelecek yıl tekrar sürgün vermiştir.

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Örneklem Deseni

Ağustos 2021 yılında çıkan ve yaklaşık 7000 ha alanda etkili olan Aydıncık yangını kıyıdaki makiliklerden 1100 m yükseltiye kadarki kızılçam ekosistemlerini tahrip etmiştir (Şekil 2.4; Çizelge 2.1).



Şekil 2.4. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınının etkili olduğu sahalar.

Saatte 70-80 km esen rüzgâr nedeniyle yangın orman alanlarında genelde örtü yangını olarak devam edip hızla ilerlerken yükselen ısı etkisiyle doğal dal budanması gerçekleşmiş yaşlı kızılçamlarının ibrelerini kurutup gövdelerine fazla zarar vermemiştir. Sahil kesimlerdeki makiliklerde ise yer örtücülerin daha yoğun olması ve çalılıkların yerle temasından dolayı diri ve ölü örtüdeki tahrip daha fazla olmuştur. Ancak makilik alanlarda da çok sayıda gövde tam olarak yanmamış ve dikili kuru halinde sahada kalmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınının etkili olduğu sahalar.

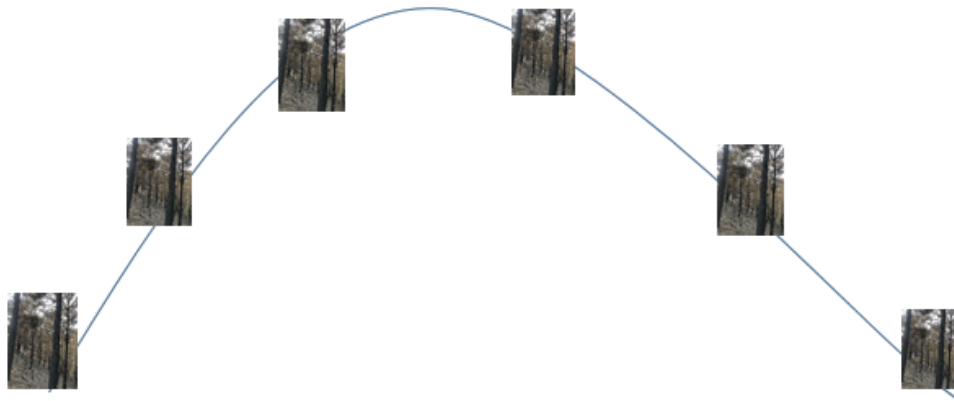
Ağustos 2021 de yanan Aydıncık sahalarında makiliklerin önemli bir kısmı dikili kuru olarak sahada kalmıştır.

Yangın sonrası sahadan besin miktarı kaybını belirlemek için 3 yükseltiden güney ve kuzey bakılarda farklı gelişme çağlarındaki meşcerelerden toplam 6 adet örnekleme

sahası belirlenmiştir (Çizelge 2.1, Şekil 2.6). Sahaların eğimleri % 30 ile 44 arasında değişmektedir.

Çizelge 2.1. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için oluşturulan örnekleme noktalarının konumu.

Bölge	Yöre	Yükselti (m)	Koordinatlar
Mersin	Aydıncık	300	36S 527107 D, 4002565 K 527154 D, 4002587 K 527280 D, 4002638 K 527310 D, 4002652 K
Mersin	Aydıncık	600	36S 522401 D, 4005352 K 522402 D, 4005355 K
Mersin	Aydıncık	1000	36S 523552 D, 4006642 K 523661 D, 4006611 K 523572 D, 4006581 K 523676 D, 4006453 K 523674 D, 4006416 K



Şekil 2.6. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için oluşturulan örnekleme deseni.

2.2.2. Ölçümler

Yangından hemen her örnekleme alanında bir adet toprak çukuru açılmış ve 30 x 30 cm alana sahip örnekleme noktalarından dökülen ibre, kül ve toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleme yangından bir yıl sonra 2022 yazında tekrar edilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için ibre, kül ve toprak örnekleme.

Ayrıca sahalara en yakın yanmamış çalılık alanlardaki biyokütle miktarı 3 farklı yerden 3 x 3 metre boyutundaki parsellerden örneklenmiştir. Aynı büyüklükteki parseller yanmış çalılık alanlarda da oluşturularak yangından arta kalan dikili kuru miktarları belirlenmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında sahadan besin kaybını belirlemek için yanmış ve yanmamış sahalarda çalı biyokütlesi örnekleme.

Erozyon miktarını belirlemek için her örnekleme sahasında 20 x 10 m boyutunda 3 er adet daimi gözlem parselleri oluşturulmuş ve bu parsellerin yamaç boyunca uzanan yan kenarlarının alt, orta ve üst noktalarına ahşap kazıklar çakılarak toprakla temas yerleri işaretlenmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Ağustos 2021 yılında çıkan Aydıncık yangınında erozyon miktarını belirlemek için oluşturulan örnekleme alanları.

Kazıklarda işaretlenen noktaların toprak zemininden yüksekliği bir yıl sonra ölçülerek sahadaki erozyon miktarı tahmin edilmiştir.

2.3. LABORATUVAR ANALİZLERİ

Her örnekleme sahasından ilk 20 cm derinlikten iki set toprak örneği alınmıştır. Birinci set toprak örneği hacim ağırlığı için 200 cm³ lük silindirlerle (AMS Soil Core Sampler) alınmıştır. İkinci set toprak örneği el küreği ile yaklaşık 2 kg kadar alınarak fiziksel ve kimyasal analizler için kullanılmıştır. Alınan örneklerde toprağın hacim ağırlığı, iskelet oranı (kuru eleme Ø > 2 mm) tekstürü, kireç içeriği, pH, tuzluluk, KDK, C ve N analizleri yapılmıştır (Sumner ve Miller, 1996; Thomas, 1996).

Toprakların tanecik bileşimi (tekstür), Bouyoucos hidrometre yöntemi ve örneklerin kum, kil ve toz miktarlarına göre Uluslararası Tekstür Üçgeni'nden yararlanılarak belirlenmiştir (Gee ve Bauder, 1986). Toprağın asitliği ve EC değerini belirlemek için hava kurusu toprak örnekleri (< 2 mm) saf su karışımı ile pH metre ve EC metre kullanılarak çözelti asitliği ve EC değeri olarak belirlenmiştir (Thomas, 1996). Kireç

içeriği Scheibler Kalsimetresi ile belirlenmiştir. KDK tayini için NH_4OAc ekstraksiyonu kullanılmıştır (Sumner ve Miller, 1996). Toprak örnekleri öğütüldükten sonra toplam C yoğunluğu için 300 mg ağırlığındaki örnekler 60°C 'de fırında kurutulup LECO CN makinesinde kuru yakma yöntemiyle analiz edilmiştir (Nelson ve Sommers, 1996). Fırın kurusu (60°C) 500 mg alt örnek toplam N analizi için micro-Kjeldahl yöntemiyle dijest edilmiştir (Kjeltec Auto 1030 Model) (Bremner, 1996). Fırın kurusu (60°C) elenmiş 500 mg toprak örneği önce nitrik ve perklorik asitle muamele edildikten sonra P yoğunluğu Spectronic Colorimeter ile tespit edilmiştir (Kuo, 1996). Değişebilir katyonlar için (K ve Ca) toprak örnekleri önce amonyum asetatla muamele edilmiştir (Helmke and Sparks, 1996; Suarez, 1996). Kalsiyum Perkin-Elmer 3110 Atomic Absorption Spectrometer, potasyum ise Jenway Flame Photometer aleti yardımıyla belirlenmiştir (Sumner and Miller, 1996).

Diri ve ölü örtüdeki C ve N yoğunluğu kuru yakma yöntemiyle LECO CNS 2000 Carbon Analyser (LECO Corp., St. Joseph, MI) aleti yardımıyla belirlenmiştir (Nelson and Sommers, 1996). Diğer besin yoğunlukları için bitki örnekleri önce nitrik ve perklorik asitle muamele edilmiştir (Jones and Case, 1990). Bitki örneklerindeki fosfor yoğunluğu Spectronic Colorimeter, kalsiyum yoğunluğu Perkin Elmer 3110 Atomic Absorption Spectrometer, potasyum yoğunluğu ise Jenway Flame Photometer cihazı yardımıyla analiz edilmiştir.

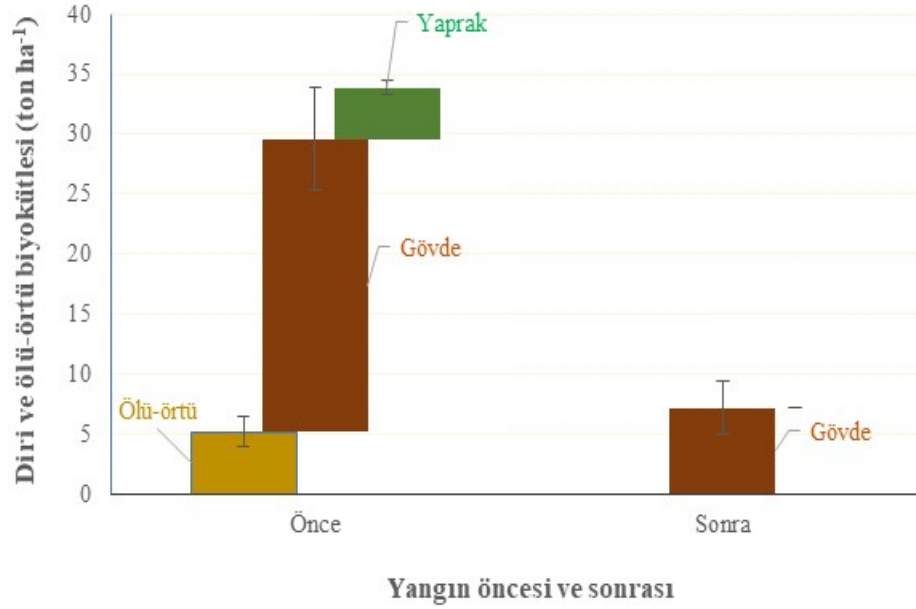
2.4. İSTATİSTİKİ ANALİZLER

Her yükseltide aynı meşcereler bulunmadığından yükselti farkı gözetmeksizin her meşcere tipi ayrı bir parsel olarak değerlendirilerek veriler tek yönlü ANOVA yöntemine göre analiz edilmiştir. Verilerin istatistiki analizlerinde SAS paket programından yararlanılmış ve sonuçlar $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde farklı olarak kabul edilmiştir (SAS Inc., 1996). ANOVA sonuçları farklılık gösteren değişkenler için Tukey ortalamaları ayırma testi yine $\alpha = 0.05$ düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. BİYOKÜTLE

Çalılık alanda yaklaşık 28 ton ha⁻¹ biyokütle ve yaklaşık 5 ton ha⁻¹ ölü-örtü olduğu belirlenmiştir. Çalı biyokütlesinin yaklaşık 1/6'sı çapı 1 cm'den ince dal ve yapraklardan oluşmaktadır. Yangın sonrası ölü-örtünün tamamı ve çalılarının ince dal ve yaprak kısımları yanmış olup sahada yaklaşık 7 ton ha⁻¹ yanmamış çalı gövdeleri dikili kuru olarak kalmıştır (Şekil 3.1).



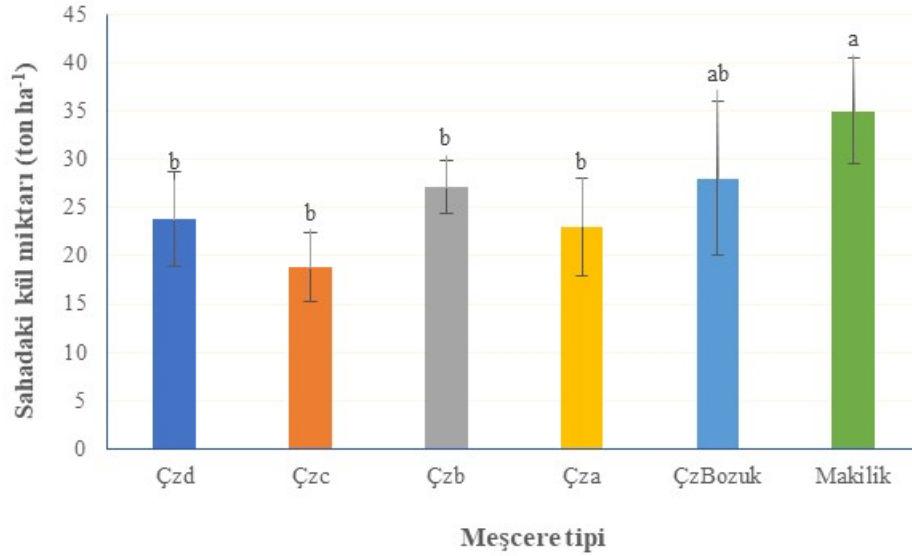
Şekil 3.1. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sahadaki çalı ve ölü-örtünün önemli bir kısmını tüketmiştir (ortalama ± standart hata).

Yangın öncesi çalılarda hektarda yaklaşık 98 kg N, 17 kg P, 103 kg K, 110 kg Ca ve 17 kg S olduğu belirlenmiştir. Ölü örtüdeki bu değerler ise sırasıyla, 36, 2.3, 3, 95 ve 2 dir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Ağustos 2021 Aydıncık yangını öncesi diri ve ölü örtüdeki besin yoğunluğu (%) ve miktarı (kg ha⁻¹) (ortalama ± standart hata).

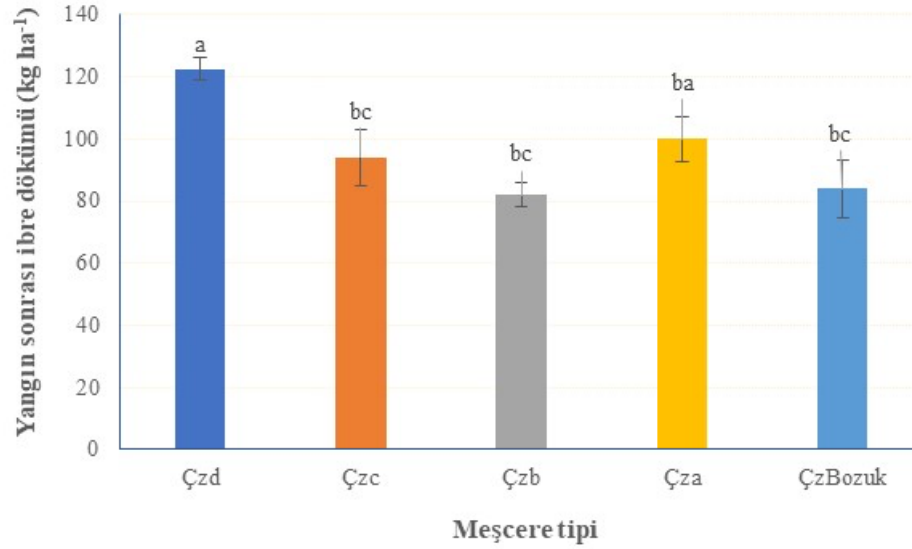
		C	N	P	K	Ca	S
%	Dal	52 ± 0.4	0.35 ± 0.02	0.057 ± 0.001	0.36 ± 0.002	0.6 ± 0.002	0.06 ± 0.001
	Yaprak	51 ± 0.7	1.6 ± 0.01	0.045 ± 0.001	0.06 ± 0.001	0.8 ± 0.006	0.04 ± 0.001
	Ölü-örtü	52 ± 0.2	1 ± 0.02	0.058 ± 0.002	0.37 ± 0.001	0.6 ± 0.001	0.06 ± 0.001
kg ha ⁻¹	Dal	12590 ± 1.2	18.4 ± 1.2	14 ± 0.2	87 ± 2.14	40 ± 1.1	14 ± 0.6
	Yaprak	2219 ± 12	80 ± 7.9	2.5 ± 0.1	16 ± 2.1	69 ± 5.3	2.6 ± 0.6
	Ölü-örtü	2680 ± 14	36 ± 0.5	2.3 ± 0.1	3 ± 0.2	95 ± 3.5	2 ± 0.2

Yangın sonrası makilik alanda kalan kül miktarı ise d, c, b ve a çağındaki kızılçam meşcereleri ortalamasından yaklaşık % 50 daha fazladır (Şekil 3.2). Bütün sahalardaki kül kalınlığı meşcere bazında değişmeksizin ortalama 1.7 ± 0.7 cm olarak belirlenmiştir. Külün içerdiği besin yoğunluğu da saha bazında farklılık göstermemiş olup bütün sahalarda küldeki C değeri ortalama % 17 ± 1.3 , N değeri ortalama % 0.68 ± 0.05 , P değeri ortalama % 0.035 ± 0.0037 , K değeri ortalama % 0.17 ± 0.1 , Ca değeri ortalama % 1 ± 0.05 ve S değeri ortalama % 0.05 ± 0.008 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.2. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sonrası makilik alanda kızılçam meşcerelerine göre daha fazla kül birikmiştir (ortalama ± standart hata). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Yangından bir ay sonra tepe çatısında kavrulan ibrelerin döküldüğü belirlenmiştir. Kızılçamın d çağındaki meşcerelerde yangın sonrası dökülen ibre miktarı diğer sahalara göre yaklaşık % 20 daha fazladır (Şekil 3.3). Makilik alanda üst tabakada kızılçam ağaçları olmadığından bu sahalara ait ibre dökümüyle ilgili veri bulunmamaktadır.

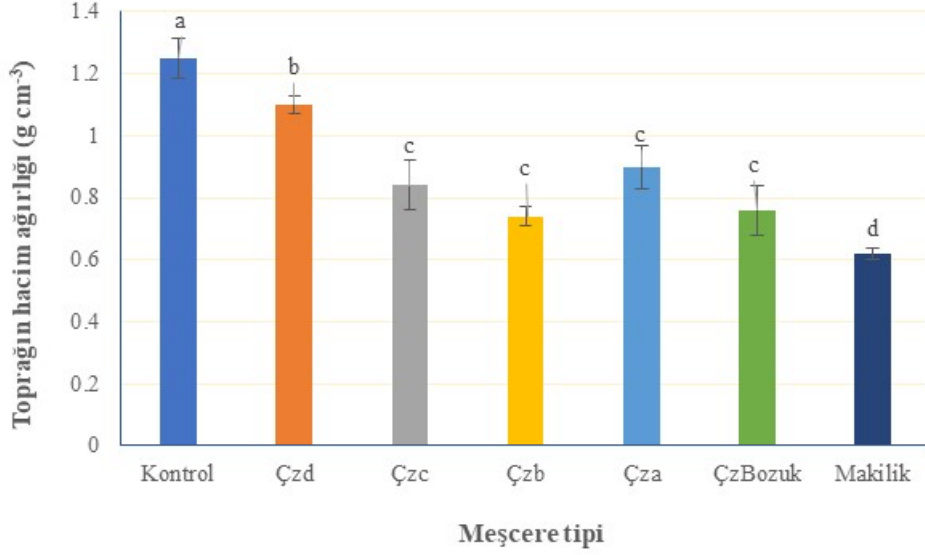


Şekil 3.3. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sonrası d çağındaki kızılçam meşcerelerinde diğer meşcerelere göre daha fazla ibre dökümü gerçekleşmiştir (ortalama $\pm$ standart hata). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

3.2. TOPRAK

Sahaların genelinde 30-60 cm'den sonra alttaki anakayaya rastlanmaktadır. Fakat makineli çalışma ile açılan çukurlarda alttaki çatlaklar boyunca toprakların yer yer daha derinlere indiği görülmektedir.

Tüm sahalarda toprağın iskelet içeriği % 44 civarındadır. Yangın görmemiş kontrol sahalardaki toprağın hacim ağırlığı 1.25 g cm^{-3} civarında iken yangın sonrası ilk 20 cm derinliğindeki toprağın hacim ağırlığı kontrol sahalarındakine göre d çağındaki meşcerelerde yaklaşık % 12, c, b, a ve bozuk kızılçam meşcerelerinde yaklaşık % 35 ve makilik alanda ise yarı yarıya düşmüştür (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. Ağustos 2021 Aydıncık yangını sonrası sahalardaki toprağın hacim ağırlıklarında önemli farklılıklar olmuştur (ortalama $\pm$ standart hata). Aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Sahalardaki toprak tipi kumlu balçıktan killi toprağa kadar değişiklik göstermektedir. Sahalar alkali özellik göstermekte olup tuz sorunu bulunmamakta olup EC değeri yaklaşık $0.4 \pm 0.07 \text{ dS m}^{-1}$ dir. Yangından yaklaşık bir ay sonra yapılan ölçümlerde yanan sahaların genelinde pH değeri yaklaşık 0.4 birim, KDK değeri ise kontrol sahalarına göre makilik ve bozuk sahalarda yaklaşık iki kat, d, c, b, ce a çağındaki kızılçam meşcerelerinde ortalama % 67 artmıştır. Toprağın C yoğunluğu kontrol sahalarına kıyasla tüm yanmış sahalarda yaklaşık iki katına çıkmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından yaklaşık bir ay sonra toprağın ilk 20 cm derinliğindeki pH ve KDK değerleri ile C yoğunlukları (ortalama $\pm$ standart hata).

Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Meşcere	pH	KDK ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	C (%)
Çzd	$7.78 \pm 0.073 \text{ b}$	$39 \pm 2.2 \text{ b}$	$3.9 \pm 0.6 \text{ a}$
Çzc	$8.06 \pm 0.02 \text{ a}$	$45 \pm 4 \text{ b}$	$3.43 \pm 0.4 \text{ b}$
Çzb	$8.1 \pm 0.006 \text{ a}$	$50 \pm 5.1 \text{ b}$	$3.7 \pm 0.7 \text{ ab}$
Çza	$7.94 \pm 0.074 \text{ ba}$	$46 \pm 3 \text{ b}$	$3.56 \pm 0.9 \text{ ab}$
Bozuk	$7.81 \pm 0.08 \text{ b}$	$59 \pm 5.3 \text{ a}$	$4.1 \pm 0.8 \text{ a}$
Maki	$7.76 \pm 0.047 \text{ b}$	$60 \pm 1.9 \text{ a}$	$4.7 \pm 0.6 \text{ a}$
Kontrol	$7.47 \pm 0.04 \text{ c}$	$27 \pm 2.9 \text{ c}$	$1.9 \pm 0.3 \text{ c}$

Yangından yaklaşık bir ay sonra yapılan ölçümlerde toprağın N yoğunluğu kontrol

sahalarına göre makilik, bozuk ve b çağındaki kızılçam sahalarındaki yaklaşık 2.7 kat artarken d, c ve a çağındaki kızılçam sahalarında yaklaşık % 56 artmıştır. Topraktaki diğer makro besin elementlerinin ise oldukça değişken olduğu görülmektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından bir ay sonrası toprağın ilk 20 cm derinliğindeki makro besin yoğunlukları (ortalama $\pm$ standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Meşcere	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)
Çzd	0.21 $\pm$ 0.02 c	36 $\pm$ 6 a	365 $\pm$ 44 b	4387 $\pm$ 535 b	40 $\pm$ 9.6 ba
Çzc	0.18 $\pm$ 0.01 c	23 $\pm$ 4.1 a	410 $\pm$ 93 b	5628 $\pm$ 349 ba	17 $\pm$ 3.5 ba
Çzb	0.31 $\pm$ 0.02 b	56 $\pm$ 11 a	703 $\pm$ 196 ba	5865 $\pm$ 357 ba	25 $\pm$ 7 ba
Çza	0.22 $\pm$ 0.018 c	27 $\pm$ 4 a	449 $\pm$ 35 b	4840 $\pm$ 529 ba	23 $\pm$ 5 ba
Bozuk	0.4 $\pm$ 0.04 a	85 $\pm$ 25 a	684 $\pm$ 142 ba	6380 $\pm$ 327 a	45 $\pm$ 17a
Maki	0.33 $\pm$ 0.02b a	25 $\pm$ 2.7 a	795 $\pm$ 51 a	4344 $\pm$ 133 b	8.3 $\pm$ 1.6 b
Kontrol	0.13 $\pm$ 0.01 d	45 $\pm$ 9.2 a	583 $\pm$ 99	4450 $\pm$ 586 b	7.3 $\pm$ 0.8 b

Yangından yaklaşık bir yıl sonra yapılan ölçümlerde KDK değeri yangından bir ay sonraki değerlere göre d meşcerelerinde % 25, C meşcerelerinde % 50 ve maki sahalarında % 22 artmıştır (Çizelge 3.4)

Çizelge 3.4. Ağustos 2021 Aydıncık yangınından bir yıl sonra toprağın ilk 20 cm derinliğindeki pH ve KDK değerleri ile C yoğunlukları (ortalama $\pm$ standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Meşcere	pH	KDK (cmol _c kg ⁻¹)	C (%)
Çzd	7.92 $\pm$ 0.02 a	49 $\pm$ 3.5 c	4.3 $\pm$ 0.2 a
Çzc	7.86 $\pm$ 0.02 a	67 $\pm$ 2.5 a	4 $\pm$ 0.2 a
Çzb	7.56 $\pm$ 0.9 b	52 $\pm$ 4.6 c	4.2 $\pm$ 0.7 a
Çza	7.9 $\pm$ 0.9 a	48 $\pm$ 6.7 c	4.8 $\pm$ 1.2 a
Bozuk	7.76 $\pm$ 0.02 ba	68 $\pm$ 5 ba	4.6 $\pm$ 1 ab
Maki	7.58 $\pm$ 0.12 b	73 $\pm$ 2.5 b	3.9 $\pm$ 0.3 a

Erozyonu belirlemek için sahaya çakılan kazılarda toprak seviyesindeki düşüş miktarı her saha içinde önemli değişiklik gösterdiğinden sahalar arasında bir farklılık bulunmamış ve toprak seviyesi üstündeki kül dahil tüm sahalarda yaklaşık 2 cm kadar düşmüştür.

Yangından yaklaşık bir yıl sonra yapılan ölçümlerde sahaların genelinde ilk 20 cm derinliğindeki N yoğunluğu maki ve bozuk sahalarda diğer meşcerelerdekenden yaklaşık 1/3 oranında daha fazladır. Ancak bir yıl öncesine göre bütün sahalarda bir artış görülmektedir. Yangından bir yıl sonra yangından bir ay sonrasına göre toprağın N

yoğunluğu d meşcerelerinde yaklaşık % 60, C meşcerelerinde % 100, b meşcerelerinde % 35, a meşcerelerinde % 68, bozuk meşcerelerde % 38 ve makilik alanlarda % 58 artmıştır. Yangından yaklaşık bir yıl sonra yapılan ölçümlerde sahaların genelinde ilk 20 cm derinliğindeki P yoğunluğu maki ve bozuk sahalarda diğer meşcerelerdekisinin 2.4 katıdır. Yangından bir yıl sonraki toprağın P yoğunluğunun yangından bir ay sonrasındaki değerlere göre makilik alanlarda yaklaşık 9 kat diğer sahalarda 2 kat artmıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Ağustos 2021 Aydıncık yangından bir yıl sonra toprağın ilk 20 cm derinliğindeki makro besin yoğunlukları (ortalama $\pm$ standart hata). Her sütunda aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha = 0.05$ düzeyinde birbirlerinden farklı değildir.

Meşcere	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)
Çzd	0.34 $\pm$ 0.04 b	80 $\pm$ 12 b	292 $\pm$ 4.7 c	4708 $\pm$ 275 a	11 $\pm$ 0.6 a
Çzc	0.37 $\pm$ 0.01b	74 $\pm$ 15 b	516 $\pm$ 31 b	6005 $\pm$ 140 a	21 $\pm$ 6 a
Çzb	0.42 $\pm$ 0.07 b	123 $\pm$ 32 ab	445 $\pm$ 67 bc	6543 $\pm$ 564 a	22 $\pm$ 9 a
Çza	0.37 $\pm$ 0.09 b	55 $\pm$ 24 b	376 $\pm$ 78 c	4323 $\pm$ 432 a	18 $\pm$ 7 a
Bozuk	0.47 $\pm$ 0.13 a	182 $\pm$ 31 a	943 $\pm$ 84 a	6344 $\pm$ 764 a	14 $\pm$ 5 a

4. TARTIŞMA

Teknolojik gelişim ve nüfus artışına bağlı olarak fosil yakıtlarının kullanımı, maden ocakları, tarım ve yerleşim yeri açma vb. faaliyetlerle iklim, topoğrafya ve ekosistemler önemli oranda değişikliğe uğratılmıştır. Dünya üzerinde nüfusun en fazla olduğu ve uzun yıllar insan baskısında olan Akdeniz havzası da bu tahriplerden en çok etkilenen coğrafyalar arasında yer almaktadır. Akdeniz orman ekosistemleri yangınla evrilmiştir. Geçmişte yangınların doğal kaynaklı nedenleri daha ağır basarken, günümüzde insan kaynaklı yangınlar doğal kaynaklı yangınlara oranla artmıştır. İnsan kaynaklı yangınların, sıklığının, şiddetinin ve etkilediği alanın büyümesi nedeniyle geçmişteki doğal yangınlara uyum sağlayan ekosistemler şimdiki hızlı değişime uyum sağlayamamaktadır.

Kızılçamın bu sahalarda milyonlarca yıl varlığını sürdürmesinin nedeni değişen koşullara uyum sağlayabilecek tür içi genetik çeşitliliğinin fazla olmasıdır. Ayrıca Akdeniz ormanları süksesyona farklı aşamalarında bulunan ekosistem mozaiklerinden oluşmaktadır. Her süksesyonal aşamadaki ekosistemlerin de yangına hassasiyeti farklıdır. Bu nedenle yangınlar her sahayı farklı şekilde etkilemekte ve farklı sonuçları olmaktadır. Örneğin, büyüyen genç meşcereler net karbon yutağı oluştururken ağaçlar büyüdükçe dal budanması ve ibre dökümüyle hem ölü-örtü kompozisyonuna katkısı artmakta hem de alt tabakadaki diri-örtüyü (çalı ve ot) baskılayarak sahadan uzaklaştırması sonucu ölü-örtü kompozisyonunu değiştirmektedir. Bu nedenle genç meşcerelerde yangınla tüketilen daha çok ağaç kısmı iken yaşlı meşcerelerde yerle temas kesildiğinden örtü yangınıyla ölü-örtü ve varsa çalı türlerinin yanma olasılığı daha fazladır.

Yangından sonraki ilk yıllarda sahayı otsu türler kaplamakta ve çalı türleri de ya stolon gövdelerden sürgün vermekte veya tohumdan gelmektedir. Bu tür sahalarda örtü-yanığına karşı daha hassastır. Sahaya göre değişmekle birlikte 15-20 yıl içerisinde tepe kapallılığının tam olarak oluşmasıyla alt tabakadaki diri örtü ışık rekabetini kaybetmekte ve kızılçam sahadaki hakimiyeti sağlayabilmektedir. Bu yaşlardan sonra kızılçamın alt dalları da doğal dal budanmasına daha fazla maruz kaldığından tepe çatısının yerle teması azalmakta ve meşcerenin örtü yangınlarına karşı direnci giderek artmaktadır. Tepe çatısı tam olarak kapanmış, doğal dal budanması sonucu zeminle tepe tacı arasındaki mesafesi

artmış yetişkin ormanlarda zemindeki ölü-örtü kompozisyonu ağırlıklı olarak ibrelerden oluşmaktadır. Bu tür ormanlarda örtü yangını zemindeki ibreleri çabucak tüketerek sahadan uzaklaşmakta ve kalın kabuklara sahip kızılçamlar önemli oranda tahrip olsa bile yangından sonra yaşamını sürdürebilmektedir. Aydıncık yangınında aşırı rüzgâr (saatte 70-80 km) dolayısıyla yangın hızlı ilerlediğinden c ve d çağındaki ağaçların tepe çatısı ortaya çıkan ısıdan kavrulmuş fakat genelde yanmamıştır. Çalılık alanlarda ise yapraklar ve çok ince dallar yanmış, fakat gövde ve kalın dallar kömürleşerek çalı biyokütlesinin yaklaşık 1/3'ü dikili kuru halinde sahada kalmıştır. Genç meşcerelerde ise üst tabakaya sıçrayan yangın tepe çatısının önemli bir kısmını yakarak kömürleşmiş gövdelerin dikili kuru halinde sahada kalmasına neden olmuştur. Farklı toprak derinliğindeki bir kısım tohumların da yanmadığı birkaç ay sonra sahada farklı türden otsu vejetasyonun geldiği görülmüştür. Yangın sırasında ısının toprak derinliğine tam olarak inmemesinden dolayı bazı çalı türlerinin yangın sonrası tekrar sürgün verdiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla yangında genel olarak daha çok kolayca tutuşan genç kızılçam bireyleri ile yer örtücüler ve ölü-örtü yanmıştır.

Yangın hem üst tabakadaki kızılçama zarar vererek yere gelen ışık miktarını arttırabilir hem de ölü-örtüyü azaltıp mineral toprağı açığa çıkararak birçok tür için iyi bir tohum yatağı hazırlayabilir. Yangın sonrasında orman zemini güneş ışınlarına daha fazla maruz kaldığından sahaya yerleşen bitkilerin fotosentez yapabilmesi için genelde ışık kaynağı ile ilgili bir sorun bulunmamaktadır. Ancak kaybolan besinlerin sahaya tekrar kazandırılması çok uzun zaman alabilir. Dolayısıyla sistemi yeniden oluşturacak olan bitki üretimi güneş enerjisine değil daha çok besin ve su kaynağına bağlıdır.

Yöredeki yağış miktarında kısa vadede bir değişiklik olmayacağından sisteme giren su miktarında bir değişiklik olmayabilir. Fakat yangından hemen sonra bitki örtüsü olmadığından ve toprak gözenekleri külle tıkanıp infiltrasyon kapasitesini düşürdüğünden yağışın önemli bir kısmı yüzeysel akışla sahadan uzaklaşabilir. Yangının toprakta su itici yapı oluşumunu sağlayarakda erozyonu tetikleyebilir. Yüksek ısıya ulaşan ve iyi havalandıran yangınlarda bütün organik madde CO ve CO₂ ye dönüşür. Fakat ısının ve oksijenin yeterli olmadığı çoğu yangınlarda küçük organik bileşikler buharlaşmaktadır. Buharlaşan bu organik bileşiklerin çoğu duman kütlesi içinde sahadan uzaklaşabilir. Fakat buharlaşan moleküllerin bir kısmı toprak profilinden aşağı yanmamış toprak kısımlarına doğru ilerlemekte ve burada daha soğuk ortama gelince yoğunlaşarak çökelmektedir. Yoğunlaşan bu organik madde toprak yüzeyini kalayladığından toprak

taneciklerinin adhezyon gücü kaybolmakta ve suyu çekemediğinden su itici (hidrofobik) bir yapı oluşmaktadır. Bu şekilde toprakların su depolama kapasitesi düşerse sahaya yeni gelen fidanların yaşama oranı ve büyüme performansları düşebilir. Bu nedenle özellikle yamaç arazilerde yağışın yüzeysel akışla kaybolma oranını düşürüp toprak suyuna dönüşme oranını arttıracak yöntemler geliştirilmelidir.

Yangının toprağa etkisi, yangın anında çıkan ısıнын yoğunluğu ve yanan organik madde miktarına bağlıdır. Bunlarda yanıcı maddenin sahadaki dağılımı, nem içeriği, kalitesi ve hava koşullarına bağlıdır. Yangın sırasında sistemdeki besinlerin bir kısmı gaz olarak, bir kısmı kül içinde uçarak, bir kısmı da yangından sonra erozyonla kaybolabilir. Akdeniz havzasının dağlık kısımların çoğu masif kayalık olmayıp erozyona hassas yumuşak malzemelerden oluştuğundan çoğu yerde erozyonla yılda yaklaşık 1.4 mm toprağın sıyrıldığı iddia edilmektedir (Vaudour, 1979; Dufaure, 1984). Yangın toprağı koruyacak bitki örtüsünü de ortadan kaldırıldığından birçok bölgede dik yamaçları erozyona hassas hale getirmektedir. Yangın bir taraftan erozyonu tetiklerken bir yandan da sahadaki toprak özelliklerini değiştirebilmektedir. Şimdiki sahalarda yangından yaklaşık 1 yıl sonra toprak yüzeyinde kül kalmadığı görülmüştür. Yangınla açığa çıkan külün önemli bir kısmının toprak gözeneklerine dolduğı tespit edilmiştir. Ancak külün ne kadarının erozyona uğradığı ne kadarının alttaki toprak gözeneklerine indiğı belirlenememiştir. Yangından bir ay sonra alınan örneklerde toprağın hacim ağırlığı, pH ve KDK değerleri ile C yoğunluğunun yanmış sahalarda kontrol sahalarına göre önemli oranda arttığı, KDK değerlerinin yangından bir yıl sonra daha da arttığı belirlenmiştir.

Orman yangını organik karbon miktarını ve toprağın besin dinamiklerini etkileyebilir (Jhariya, 2014). Ormanlar, karasal ekosistemlerdeki en önemli karbon havuzudur (Dixon vd., 1994). Toprak üstü biyokütlede depolanan karbonun % 66-80'i ve toprak altı kısımda depolanan karbonun % 45'i orman alanlarında bulunmaktadır (Dixon vd., 1994; Turner, 1991; Waring ve Running, 1998). İçerdiği yaklaşık 1526 Pg karbon ile topraktaki organik madde karasal alanlarda depolanan üçüncü en büyük küresel karbon havuzunu oluşturmaktadır (Lal, 2004). Sistemin en dinamik besin döngüsü OM'nin ayrışmasıyla mineralizasyon sonucu açığa çıkan iyonların farklı bitki kökleri tarafından tekrar tekrar kullanılmasıdır (Kimmins, 1997). OM de depolanan ve sistem içi döngüye sahip besinler yangın nedeniyle toprak içine doğru sızıp veya yüzeysel akışla sahadan uzaklaşabilir. Bir kısmı da gaz veya uçan külle sahadan uzaklaşabilir ve ekosistem içi besin döngüsü değişikliğe uğrayabilir. Topraktaki organik maddesinin tamamen veya kısmen yok

edilmesi yangının şiddetine, yoğunluğuna, organik maddenin kalitesine, organik maddenin ve toprağın nem içeriğine ve yangın tipine bağlıdır. Şimdiki çalışmada yangından sonra topraktaki C yoğunluğu yangından hemen sonra yaklaşık iki katına çıkmıştır. Toprağın C yoğunluğunun yangından sonra artması kısmen toprak içerisine giren katı külden, kısmen de yangın sırasında uçucu hale gelen C'nin önemli bir kısmının toprak içerisine doğru gaz halinde ilerleyerek yoğunlaşmasından kaynaklanabilir.

Besin elementleri yangın sırasında en çok etkilenen saha kaynağı olmasından dolayısıyla yanan sahaların restorasyonunda besin kaynağının yönetimi diğer kaynaklara göre daha kritik bir rol oynayabilir. Örneğin, Aref vd. (2011) ise Al Hilia Ormanı'nda (Suudi Arabistan) yanmış alanlarda (1.1 dS m^{-1}) yanmamış alanlara göre (2.13 dS m^{-1}) toprağın EC değerinin önemli oranda düştüğünü rapor etmiştir. Ekinci (2006), yangının toprağın pH'ını, elektriksel iletkenliğini (EC), yararlanılabilir P ve K'yı, organik N içeriğini artırabileceğini; fakat KDK'sını, gözenekliliğini, üreaz aktivitesini, toplam organik karbon miktarını ve nem içeriğini azaltabileceğini belirtmiştir. Şimdiki çalışmada yanan sahalarda kontrol sahalarına göre toprak pH'ı yaklaşık 0.4 birim, KDK'sı ise yaklaşık iki kat artmıştır. Toprak pH'sindeki artışın nedeni yangının baz oluşturan K, Ca gibi element yoğunluğu arttırması olabilir (Etiégni ve Campbell, 1991). KDK artışı ise toprağa külle birlikte organik madde girişinden kaynaklanabilir. Binkley ve Fisher (2020) yangından sonra toprak yüzeyinde kalan külün genel olarak hektarda 20-100 kg N, 2-50 kg P ve 40-1600 kg aralığında Ca içerdiğini belirtmektedir. Şimdiki çalışmada sahlardaki kül içerisinde 160 kg N, 8 kg P ve 230 kg Ca olduğu tespit edilmiştir.

Toprağın tekstür yapısı da yangının şiddeti ve sahada kalma süresinden etkilenebilir. Nardoto ve Bustamante (2003), Cerrado Stricto Sensu alanlarında 0-5 cm derinlikte kum, toz ve kil oranının yangınla değiştiğini bildirmiştir. Araştırmacılar kum ve toz oranının yanmış sahalarda yanmamış sahalara göre sırasıyla yaklaşık % 40 ve % 10 oranında arttığını kil oranının ise yaklaşık % 20 azaldığını rapor etmişlerdir. Şimdiki çalışmada tüm sahalarda toprak tipi kumlu balçıktan killi yapıya kadar değişmekte olup toprak tipinde yangına bağlı bir değişim tespit edilememiştir.

Kontrol sahalarında toprağın hacim ağırlığı 1.25 g cm^{-3} olduğundan bir hektar sahanın ilk 20 cm derinliğinde 2500 ton toprak bulunmaktadır. Bunun % 1.9 'u C olduğundan bu derinlikte kontrol sahalarında 47.5 ton karbon bulunmaktadır. Yangın sonrası yapılan ölçümlerde makilik ve bozuk sahalarda ortalama hacim ağırlığı yaklaşık 0.69 g cm^{-3} olduğundan bir hektar sahanın ilk 20 cm derinliğinde 1380 ton toprak bulunmaktadır.

Bunun ortalama % 4.4'ü C olduğundan bu derinlikte makilik ve bozuk sahalarda yaklaşık 61 ton karbon bulunmaktadır. Kızılçamın d, c, b ve a çağındaki sahalarda toprağın hacim ağırlığı ortalama 0.895 g cm^{-3} olduğundan bir hektar sahanın ilk 20 cm derinliğinde 1789 ton toprak bulunmaktadır. Bunun ortalama % 3.7'si C olduğundan bu derinlikte kızılçam meşcerelerinde (d, c, b ve a çağı) ortalama 66 ton karbon bulunmaktadır. Dolayısıyla yangın sonrası toprağın C içeriği kontrol sahalarına göre makilik ve bozuk alanlarda yaklaşık % 28, kızılçam sahalalarında ise yaklaşık % 39 artmıştır. Azot yoğunluğu kontrol sahalarında % 0.13, makilik ve bozuk alanda ortalama % 0.365, kızılçam meşcerelerinde (d,c,b,ve a çağı) ortalama % 0.23'tür. Dolayısıyla kontrol sahalarında 3.25, makilik ve bozuk alanda 5 ve kızılçam meşcerelerinde (d,c,b,ve a çağı) ortalama 4.1 ton N bulunduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla yangın sonrası toprağın N içeriği kontrol sahalarına göre makilik ve bozuk alanlarda yaklaşık % 53, kızılçam sahalalarında ise yaklaşık % 26 artmıştır.

Akdeniz havzasının yarı-kurak sahalalarında, sınırlı organik madde ayrışması ve yıkanma kayıpları nedeniyle toprağın N yoğunluğu genellikle düşüktür ve toplam N seviyeleri % 0,05 ile % 0,15 arasında değişmektedir (Schlesinger, 1997). Şimdiki çalışmada da yanmamış sahalardaki toprağın N değeri belirtilen değerlerle uyum göstermektedir. Karstik yapıya sahip Akdeniz bölgesinde yaygın olan kalsiyum karbonatlar tarafından fosforun bağlanması bitkiler tarafından yararlanılabilir formların ortalama yoğunluğunu 5 ila 20 mg/kg arasında sınırlandırmaktadır (Binkley ve Fisher, 2013). Şimdiki çalışmanın kontrol sahalarında toprağın ilk 20 cm derinliğindeki P değerinin belirtilen bu değerlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kurak sahalarda toprak tipi ve anamateryale bağlı olarak değişiklik göstermesine rağmen yıkanmaya karşı daha dirençli olan K'nın yoğunluğu yüksek olup ortalama 100 ila 300 mg kg⁻¹ arasında değerlere sahiptir (Joshi, 1996; Najafi-Ghiri ve Abtahi, 2013). Şimdiki çalışmanın kontrol sahalarında toprağın ilk 20 cm derinliğindeki K değeri de belirtilen bu değerlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kontrol sahalardaki bu değerler yangınla birlikte bütün yanan sahalarda daha da artmıştır.

Yanan sahaların restorasyonu ormancılığın önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Fakat restorasyon çalışmasının başarıya ulaşması için yangın dinamiğinin dışında yangın sonrası s ekosistem dinamiklerinin de iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Öncelikle tahrip olmuş sahaya gelecek bitki türlerine en büyük katkıyı yangından kurtulan tohumlar sağlayacaktır. Fakat sahada birçok bitki yok olduğundan sahadaki yaban hayvanları kalan

bitkileri ve tohumlarını yiyecek olarak kullanmaktadır. Dolayısıyla bir bitkinin yangın sonrası bol tohumu olsa bile yaban hayvanları için iyi bir besin kaynağı ise bu bitki ve tohumları yangın öncesine göre daha fazla tahribe maruz kalabilir.

Orman ekosistemi sadece ağaçlar değildir. Toprak ve toprak içindeki birçok bileşenlerde bu ormanın parçasıdır. Dolayısıyla tahrip ağaçlar yok olsa da diğer bileşenler zarar görmemişse toparlanarak ağaçların tekrar sahaya gelmesi daha kolaydır. Fakat toprakta önemli derecede zarar görmüşse sistemin toparlanması çok daha uzun süre alabilir.

Yangının baharda veya erken yazda olması ile yaz sonu veya kışa doğru olması özellikle toprak açısından önemlidir. Baharda ve ilk yazda zarar gören yer örtücüler tekrar sahaya gelip yağışlı döneme kadar toprağı kapatıp erozyondan koruyacak duruma gelebilir. Fakat yaz sonu veya sonbahardaki yangınlar toprağı çıplak bırakacağından arkasından gelen yağışlarla erozyon çok daha şiddetli olabilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Alt dal budanması gerçekleşmiş yetişkin bireyler hızla ilerleyen örtü yangına karşı daha dayanıklıdır. Bu tür sahalarda yangın sırasında oluşan yüksek ısı nedeniyle ibreler tamamen kuruyup dökülebilir. Ancak tohum ve tomurcuklar zarar görmemişse bireyler yangını takip eden vejetasyon döneminde tekrar yeşerebilir. Bu nedenle yangından sonra zarar gören ekosistemin restorasyonunda yangın geçirmiş ve belirli sıcaklıkta yaşamını sürdürebilen kısmen dayanıklı bireylerin sahayı tekrar tohumlaması sağlanarak dayanıklı genetik yapıya doğru evrilmesi sağlanmalıdır. Yangına direnci belirli olmayan ve başka bölgelerdeki bireylerden toplanan tohumların sahaya takviye yapılması bu dirençli genetik yapıya doğru evrilmeyi sekteye uğratabilir. Yanmamış yaşlı ağaçların belirlenerek sahada bırakılması hem geçmiş ormanlardaki genetik çeşitliliğin devam ettirilmesine katkı sağlar hem de çok büyük alanları kaplayan gençlik sahalarında teritoriyal kuşlar için habitat oluşturur.

Akdeniz ekosistemlerinde uzun yaz kuraklıkları sıcak ve kuru rüzgarlar ile yanıcı madde birikiminin fazla olması bu ekosistemlerde yangın kontrolünü zorlaştırmaktadır. Hava koşullarını değiştirmek mümkün olmadığına göre tek kontrol edilebilecek değişken yanıcı madde birikimini azaltmaktır. Yanıcı madde miktarını kısmen de olsa kontrol etmek veya azaltmak mümkündür. Bunun için yangın riski olan yerlerde kontrollü yangınlarla ölü-örtü azaltılabilir, ayrıca yangına hassas olan gençliklerin daha hızlı büyüyüp örtü yangınlarıyla temasını azaltması için aralama vb. orman bakım işlemlerinin yoğunlaştırılması gerekmektedir. Böylece daha şiddetli sıklık bakımları hem yangının hızını ve şiddetini kırarak hem de düşük verimliliğe sahip arazilerde tür içi rekabeti azaltıp bireylerin daha hızlı büyümesini sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, (2021). (16.06.2024). Yangın (basım). [Online]. Erişim: www. <https://joint-research-centre.ec.europa.eu/URL>
- Belillas, C.M and Feller, M.C. (1998). Relationships between fire severity and atmospheric and leaching nutrient losses in British Colombia's coastal western hemlock zone forest. *Int.J.Wildland Fire*, 8(2), 87-101.
- Binkley, D. and Fisher, R. F. (2013). *Ecology and Management of forest soils*. Fourth Edition. Wiley-Blackwell. Oxford, UK.
- Binkley, D. (2021). *Forest ecology: An evidence-based approach*. John Wiley & Sons. West Sussex, UK
- Blondel, J. (2010). *The Mediterranean region: biological diversity in space and time*. Oxford University Press.
- Bremner, J.M., (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods* 5 (ss.1085-1121).
- Corteau, R., (2007). Report No. 117 (2007–2008) for the French Parliament Office for the Evaluation of Scientific and Technological Choices, 60p.
- Daniau, A.L., d'Errico, F., Goni, M.F.S., (2010). Testing the hypothesis of fire use for ecosystem management by neanderthal and upper palaeolithic modern human populations. *Plos One* 5.
- Dufaure, J.J. (1984). La mobilité des paysages méditerranéens. *Revue Geographique des pyrenees et du sud- quest*. Suppli. 1-387.
- DeBano, L.F., Neary, D.G., and Folliott, P.F. (1998). Fire's Effects on Ecosystems. *John Wiley and Sons, Inc*. New York, NY.
- Dixon, R.A., Harrison, M.J., ve Lamb. C.J (1994). Early events in the activaiton of plant defense responses. *AnnuRev.Phytopathol*. 32, 479-501.

- Etiégni, L and Campbell, A.G. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash, *Bioresource Technology*, 37 (2), 173-178.
- European Commission, (2011). *Forest Fires in Europe 2010*. Official Publication of the European Communities, EUR 24910.
- Gee, G., Bauder, J., (1986). Particle-size analysis. (ss. 383–411). A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1*. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Gilliam, F.S. (1988). Interactions of fire with nutrients in the herbaceous layer of a nutrient-poor Coastal plain forest. *Bulletin of the Torrey botanical Club*, 115(4), 265-271.
- Giovannini, G., Lucchesi, S., and Giachetti, M. (1987). The natural evolution of a Burned soil: A three-year investigation. *Soil Science*. 143(3), 220-226.
- Goren-Inbar, N., Alpers, N., Kislev, M.E., Simchoni, O., Melamed, Y., Ben-Nun, A., Werker, E., (2004). Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science*, 304, 725–727.
- Helmke, P. A., & Sparks, D. L. (1996). Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. *Methods of soil analysis: Part 3 chemical methods* 5, 551-574.
- 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.
- Jones Jr, J. B., & Case, V. W. (1990). Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. *Soil testing and plant analysis*, 3, 389-427.
- Joshi, D.C. (1996). Status and availability of potassium in arid soils: State of knowledge. *Current Agriculture*, 20(1-2), 33-42.
- Kazanis D, Arianotsou M (2004) Factors determining low Mediterranean ecosystems resilience to fire: the case of *Pinus halepensis* forests. In: *Proceedings of 10th MEDECOS conference*
- Kimmins, J.P. (1997). *Forest ecology. A foundation for sustainable management*. Second edition. Prentice Hall, New Jersey.

- Kuo, S., (1996). Phosphorus. *Methods of Soil Analysis—Part 3: Chemical Methods*. Editor: Sparks(ss. 869-919), D.L., et al. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Landsberg, J., & Waring, R. (2014). *Forests in our changing world: new principles for conservation and management*. Washington, DC: Island Press.
- Nardoto, G. B., & Bustamante, M. M. D. C. (2003). Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38, 955-962.
- Najafi-Ghiri, M. and Abtahi, A. (2013). Potassium Fixation in Soil Size Fractions of Arid Soils. *Soil and Water Research*. 8(2), 49–55.
- Nabuurs, G., Paivinen, P., Pussinen, A., Schelhaas, M., and Schuck, A. (2000). European forests in 2050. What will they look like. *EFI News*, 2(8), 10-11.
- Nearya, D.G., Klopatek, C.C, DeBano, L.F., Ffolliott, P.F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122, 51-71.
- Nelson, D., Sommers, L.E., (1983). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties* 9, 539-579.
- SasInst., (1996). SAS/STAT software: changes and enhancements for release 6.12. Sas Inst.
- San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J.M. and Camia, A. (2013). Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294, 11–22.
- Schlesinger, W. H. (1997). *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press. Smith, R.L. and Smith, T.M. 1999. Ecology and Field Biology. Sixth edition. Benjamin Cummings, New York.
- Sumner, M.E., Miller, W.P., (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods* 5 (ss 1201-1229).

- Suarez, D.L., (1996). Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. *Methods of Soil Analysis—Part 3: Chemical Methods* (ss. 575-601) Editor: Sparks, D.L., et al. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Thomas, G.W., (1996). Soil pH and soil acidity. *Methods of soil analysis: part 3 chemical methods 5* (ss. 475-490).
- Turner, M. G., & Gardner, R. H. (Eds.). (1991). Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity (Vol. 82). New York: Springer-Verlag.
- Vaudour, J. (1979). “La region de Madrid. Alterations, sols et paleosols”. PhD Thesis. University of Aix- Marseille.
- Waring, R.H. and Running, S.W. (1998). *Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales*. Second edition. Academic press. Inc. San Diego, Ca.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali ÖRDEK

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2024
Lisans	Orman Müh.	Ankara Üniversitesi	2009
Lise		Silifke Lisesi	2004

YAYINLAR

Ördek A., Yıldız O., (2024). (basımda) Akdeniz Kızılcıam (*Pinus brutia*) Ormanlarında Yangın Sonrası Bazı Toprak Özelliklerindeki Değişim. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*.