

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZUN VE KISA SÜRELİ YANGIN GECİKTİRİCİLERİN
ORMAN YANGINLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Abdullah SARI

**Danışman
Prof. Dr. Mustafa AVCI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2017**



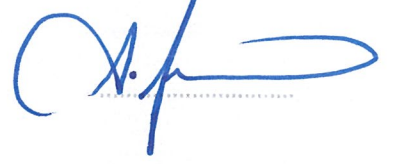
© 2017 [Abdullah SARI]

TEZ ONAYI

Abdullah SARI tarafından hazırlanan "**Uzun ve Kısa Süreli Yangın Geciktiricilerin Orman Yangınları Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Mustafa AVCI
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Oğuzhan SARIKAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Cumhur GÜNGÖROĞLU
Karabük Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER



TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Abdullah SARI



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.2. Metot.....	10
3.2.1. Örneklemme Büyüklüğü.....	10
3.2.2. Yanıcı madde tiplerinin toplanması ve sınıflandırılması	10
3.2.3. Yakıt yatağının hazırlanması.....	11
3.2.4. Yangın söndürme kimyasallarının hazırlanarak yakıtlara uygulanması	13
3.3. Laboratuvar Yakma Deneyleri.....	13
3.4. Açık Alan Yakma Deneyleri.....	14
3.5. Alev Boyları, Yakıt Tüketim Miktarları ve Yangın Yayılma Oranlarının Değerlendirilmesi	15
3.5.1. Tekli varyans modeli.....	16
3.5.2. Kruskal-Wallis (KW) H testi	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	19
4.1. Laboratuvar Deneyleri.....	19
4.1.1. Yakıt tiplerinin yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarları bakımından karşılaştırmaları.....	19
4.1.2. Rüzgâr hızlarının, yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarları bakımından karşılaştırmaları	20
4.1.3. Kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarları bakımından karşılaştırmaları.....	20
4.1.4. Yakıt tiplerinin, rüzgâr hızlarının ve kimyasal uygulamalarının, ortalama alev boyları bakımından karşılaştırmaları	21
4.2. Açık Alan Deneyleri.....	23
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	26
KAYNAKLAR	30
EK A. Tablolar.....	33
EK B. Grafikler.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	57

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UZUN VE KISA SÜRELİ YANGIN GECİKTİRİCİLERİN, ORMAN YANGINLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Abdullah SARI

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AVCI

“Uzun ve Kısa Süreli Yangın Geciktiricilerin Orman Yangınları Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” başlıklı bu tez çalışmasında, yakma deneylerinde kullanılan yanıcı maddeler Antalya Orman İşletme Müdürlüğü ormanlarından toplanmış, laboratuvar ve açık alanda yakma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kızılçam yanıcı madde tiplerinde, su, yangın söndürme köpüğü ve retardant uygulamalarının yangın yayılma oranı, yanıcı madde tüketimi, alev boyuna bağlı olarak yangın geciktirme/söndürme başarısı ölçülmesi amaçlanmıştır. Laboratuvar yakma deneyleri, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitü Müdürlüğü yangın laboratuvarında, açık alan yakma deneyleri ise Uluslararası Ormancılık Eğitim Merkezi Müdürlüğünde yapılmıştır. Bu amaçla laboratuvarında 144, açık alanda 48 adet yakma deneyi gerçekleştirilmiştir. Yakma deneyleri sonucunda, yanıcı maddelere uygulanan retardantın, yakıt tüketim miktarı, yangın yayılma oranı ve ortalama alev boyu üzerinde etkisi olmuştur. Retardant uygulamalarının yakıt tüketim miktarını ve yangın yayılma hızını azalttığı ve ortalama alev boyunu düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca laboratuvarındaki deneme yangınlarında rüzgâr hızı arttıkça yakıt tüketim miktarının değişmediği, yangın yayılma oranının arttığı, yangının daha hızlı yayıldığı görülmüştür. 0,6-1,0 cm kalınlığındaki yanıcı tipinde yangın yayılma oranının düşük olduğu, yangının daha yavaş yayıldığı ve ortalama alev boyunun düşük olduğu, ibre yanıcı tipinde ise yangın yayılma hızının yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam, retardant, köpük, orman yangını.

2017, 57 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINING THE EFFECTS OF LONG AND SHORT TERM FIRE RETARDANTS ON FOREST FIRES

Abdullah SARI

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa AVCI

In this thesis titled "Determining the Effects of Long and Short Term Fire Retardants on Forest Fires", the burning materials used in the burning experiments were collected from forests of the Antalya Forest Management Directorate, laboratory and open field burning tests were carried out. In this study, it was aimed to determine the performance of water, fire foam and retardant applications in term of fire spread rate, fuel consumption and flame height for Turkish red pine flammable material types. Laboratory burning experiments were carried out in the fire laboratory of the Directorate of South-west Anatolia Forest Research Institute and open field burning experiments were carried out in the Directorate of International Forestry Training Center. For this purpose, 144 burning tests in the laboratory and 48 burning tests in the open field have been carried out. Result of the burning experiments showed that, the retardants, applied on the flammable materials were effective on the fuel consumption amount, the fire spread rate, the average flame height. Retardant applications decreased the fuel consumption amount and fire spreading speed and reduce the average flame height. In addition, as the wind speed increased in laboratory test fires, the amount of fuel consumption did not change the rate of fire spread increased, and the fire spread more rapidly. At the flammable type of 0,6-1,0 cm, the fire spread rate was found low, the fire spread more slowly and the average flame height was lower. At the needle flammable type, fire spread rate was found high.

Keywords: Turkish red pine, fire retardant, fire foam, forest fire.

2017, 57 pages

TEŞEKKÜR

Çalışmalarından yararlandığım ve bu tezin hazırlanmasında benimle fikir alışverişinde bulunan hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa AVCI'ya, Sayın Yrd. Doç. Dr. Cumhur GÜNGÖROĞLU (Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi) ve Orman Yüksek Mühendisi Sayın Coşkun Okan GÜNEY (Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü)'e değerli görüş ve önerilerinden dolayı teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışma için rüzgâr tünelinin yapımında önemli katkılarından dolayı Elektrik-Elektronik Mühendisi Sayın Önder ASLANGİRAY'a, ayrıca açık alan yakma deneylerinde vermiş oldukları desteklerinden dolayı Antalya Uluslararası Ormancılık Eğitim Merkezi Müdürü Sayın Mustafa ÜLKÜDÜR ve Müdür Yrd. Sayın Dilek URSAVAŞ'a ve Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Yangınla Mücadele Şube Müdürü Sayın Mustafa SONGÜR'e ayrıca teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde, yoğun arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün 19.9600/2014-2016 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Orman Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Kimyasalların temininde gerekli desteği gösteren ve yardımcı olan ASIA International Ltd. yetkilisi Sayın Ayşe KAPLAN'a çok teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Abdullah SARI
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Arazi çalışmalarının yürütüldüğü alan (Antalya OBM, 2016).....	11
Şekil 3.2. Yanıcı maddelerin toplanma ve yanıcı tiplerine ayırma işlemleri (a, b).....	11
Şekil 3.3. Yakıt yatağının hazırlanması.....	12
Şekil 3.4. Yanıcı maddelerin tartılması ve yakıt yatağına serilmesi (a, b)	12
Şekil 3.5. Kimyasalların hazırlanması ve yakıtlara uygulanması (a, b)	13
Şekil 3.6. Laboratuvarda yakma deneyleri ve kayıt altına alınması	14
Şekil 3.7. Açık alanda yakma deneyleri ve kayıt altına alınması (a, b).....	15
Şekil B.1. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme öncesi verilerin histogramla gösterimi.....	49
Şekil B.2. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme sonrası verilerin histogramla gösterimi.....	49
Şekil B.3. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme öncesi verilerin trendsiz normallik grafiği.....	50
Şekil B.4. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme sonrası verilerin trendsiz normallik grafiği	50
Şekil B.5. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme öncesi verilerin saplı kutu diyagramı.....	51
Şekil B.6. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme sonrası verilerin saplı kutu diyagramı.....	51
Şekil B.7. Açık alan deneyleri için, yakıt tüketim miktarı verilerinin histogram grafiği.....	51
Şekil B.8. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme öncesi histogramla gösterimi	52
Şekil B.9. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme sonrası histogramla gösterimi	52
Şekil B.10. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme öncesi histogramla gösterimi.....	52
Şekil B.11. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme sonrası histogramla gösterimi.....	53
Şekil B.12. Açık alan deneyleri için, yakıt tüketim miktarı verilerinin normal dağılım grafiği.....	53
Şekil B.13. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme öncesi normal dağılım grafiği	53
Şekil B.14. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme sonrası normal dağılım grafiği	54
Şekil B.15. Açık alan alev boyu verilerinin normalleştirme öncesi normal dağılım grafiği.....	54
Şekil B.16. Açık alan deneyleri için, alev boyu verilerinin normalleştirme sonrası normal dağılım grafiği	54
Şekil B.17. Açık alan deneyleri için, yakıt tüketim miktarı verilerinin saplı kutu diyagramı	55
Şekil B.18. Açık alan deneyleri için yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme öncesi saplı kutu diyagramı.....	55
Şekil B.19. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme sonrası saplı kutu diyagramı.....	55

Şekil B.20. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme öncesi saplı kutu diyagramı.....	56
Şekil B.21. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme sonrası saplı kutu diyagramı.....	56
Şekil B.22. Açık alan deneylerinde yangın yayılma oranı verileri için uç değerlerin saplı kutu diyagramı	56



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Yakıt tiplerinin, yakıt tüketim miktarları üzerindeki etkilerini gösteren Kruskal-Wallis test sonuçları.....	19
Çizelge 4.2. Yakıt tiplerinin, yangın yayılma oranları üzerindeki etkilerini gösteren Kruskal-Wallis test sonuçları.....	19
Çizelge 4.3. Rüzgâr hızlarının, yakıt tüketim miktarları için Kruskal-Wallis test sonuçları.....	20
Çizelge 4.4. Rüzgâr hızlarının, yangın yayılma oranları için Kruskal-Wallis test sonuçları	20
Çizelge 4.5. Kimyasal uygulamalarının, yakıt tüketim miktarları için Kruskal-Wallis test sonuçları	21
Çizelge 4.6. Kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranları için Kruskal-Wallis test sonuçları	21
Çizelge 4.7. Yakıt tiplerinin, alev boyları üzerindeki etkilerini gösteren ANOVA sonucu	21
Çizelge 4.8. Yakıt tiplerinin, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi	22
Çizelge 4.9. Rüzgâr hızlarının, alev boyları üzerindeki etkilerini gösteren ANOVA sonucu	22
Çizelge 4.10. Rüzgâr hızlarının, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi	22
Çizelge 4.11. Kimyasal uygulamalarının, alev boyları üzerindeki etkilerini gösteren ANOVA sonucu.....	23
Çizelge 4.12. Kimyasal uygulamalarının, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi.....	23
Çizelge 4.13. Kimyasal uygulamalarının alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları, için ANOVA testi sonuçları.....	24
Çizelge 4.14. Kimyasal uygulamalarının, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi	24
Çizelge 4.15. Kimyasal uygulamalarının, yakıt tüketim miktarları oluşan alt gruplar çizelgesi.....	24
Çizelge 4.16. Kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranları için oluşan alt gruplar çizelgesi	24
Çizelge 4.17. Yakıt tiplerinin alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları, için ANOVA testi sonuçları	25
Çizelge A.1. Laboratuvar deneyleri için, uygulamaya giren veri sayısı	33
Çizelge A.2. Laboratuvar deneyleri için, dönüşümsüz ve dönüşümlü normallik testi	33
Çizelge A.3. Laboratuvar deneyleri için, tanıtıcı istatistikler	33
Çizelge A.4. Açık alan deneyleri için, uygulamaya giren toplam veri sayısı.....	34
Çizelge A.5. Açık alan deneyleri için, dönüşümsüz ve dönüşümlü normallik testi	34
Çizelge A.6. Açık alan deneyleri için, tanıtıcı istatistikler	35
Çizelge B.1. Yanıcı tipine göre laboratuvar yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları	37
Çizelge B.2. Kimyasal uygulamalarına göre laboratuvar yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları	38
Çizelge B.3. Rüzgâra göre laboratuvar yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları	39

Çizelge B.4. Yanıcı türüne göre laboratuvar yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarları ortalamaları	40
Çizelge B.5. Kimyasal uygulamalarına göre laboratuvar yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarı ortalamaları.....	41
Çizelge B.6. Rüzgâra göre laboratuvar yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarları ortalamaları	42
Çizelge B.7. Yanıcı tipine göre laboratuvar yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları.....	43
Çizelge B.8. Kimyasal uygulamalarına göre laboratuvar yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları	44
Çizelge B.9. Rüzgâra göre laboratuvar yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları.....	45
Çizelge B.10. Yanıcı tipine göre açık alan yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları	46
Çizelge B.11. Kimyasal uygulamalarına göre açık alan yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları	46
Çizelge B.12. Yanıcı tipine göre açık alan yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarı ortalamaları	47
Çizelge B.13. Kimyasal uygulamalarına göre açık alan yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarı ortalamaları.....	47
Çizelge B.14. Yanıcı tipine göre açık alan yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları	48
Çizelge B.15. Kimyasal uygulamalarına göre açık alan yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları.....	48

1. GİRİŞ

Günümüzde orman yangınları, küreselleşen dünyanın etkileri ve sonuçları bakımından bütün ülkeleri ilgilendiren en önemli afetlerden biridir. Yangınlar, dünya genelinde her yıl milyonlarca hektar ormanlık alanların zarar görmesine, büyük miktarlarda yangınla mücadele masraflarına, ormanların birçok fonksiyonlarının yok olmasına ve hatta can ve mal kayıplarına neden olabilen önemli bir tehdittir (Avcı vd., 2009).

Ormana zarar veren faktörler arasında daima önemini koruyan yangın, ülkemizde ormanların sürekliliğini ve devamlılığını tehdit eden etkenlerin en önemlilerinden biridir. Özellikle orman yangınlarının çıkmasında ve yayılmasında uygun koşullara sahip Akdeniz ikliminin etkili olduğu ülkemizin önemli bir bölümü, bu afetin devamlı tehdidi altında bulunmakta ve her yıl çok sayıda çıkan orman yangınları sonucunda önemli ölçüde orman varlığı zarar görmektedir (Göktepe ve Avcı, 2015).

Türkiye ormanlarının yaklaşık olarak 12,9 milyon hektarı yangına hassastır. Asli ağaç türlerinden kızılçam, orman yangınlarına en hassas ağaç türüdür. Büyük orman yangınlarının meydana geldiği alanlar, genellikle kızılçam ağaçlarıyla kaplı ormanlık alanlardır. Bu yüzden, yangın açısından riskli alanlarda orman yangınlarıyla başarılı bir şekilde mücadele etmek gerekmektedir.

Orman yangınlarıyla mücadelede iki çeşit faaliyet yürütülür.

1-Önleme faaliyetleri: Yangın insidansını (önleme düzeyinde) azaltmayı amaçlayan önlemler; halkın eğitimi, risk tahmini, hukuki yaptırım, yakıt yönetimi, önleyici alt yapılar (yol, su kaynakları)'dır.

2-Söndürme faaliyetleri: Söndürme, tüm yangın söndürme çalışmalarının tamamını kapsar. Söndürmede etkili kaynaklar; personel, hava araçları ve kara araçlarıdır. Söndürme operasyonları planlanırken üç önemli noktayı göz önünde bulundurmak gerekir. Bunlar; strateji, taktik ve operasyonel dönemdir. Strateji,

olayın hedeflerini gerçekleştirmek için seçilen planı ifade eder. Taktik, stratejik hedefleri gerçekleştirmek için seçilen kaynakların dağıtımı ve yönlendirilmesidir. Operasyonel dönem ise; taktik eylemlerin yürütüleceği zamandır (Àgueda, 2009).

Àgueda vd., (2011)'ya göre; arazi yangınlarını önlemek ve kontrol altına almak için, yakıt tipi, topoğrafya ve yangın davranışına bağlı olarak yangınla mücadele de kullanılan iki farklı söndürme metodu bulunmaktadır.

- 1) Doğrudan müdahale
- 2) Dolaylı müdahale yöntemleridir.

Doğrudan müdahale: Yanan yakıtı doğrudan müdahale edilir. Söndürmede görevli personel yangının kenarlarına yakın noktalarda çalışırlar. Su ve kimyasal yakıtı doğrudan tatbik edilir.

Dolaylı müdahale: Hızlı yayılan ve yüksek yoğunluktaki yangınlara doğrudan müdahale edilemez, bu tür yangınları kontrol altına almak ve söndürmek için yangına yaklaşılamadığından, dolaylı müdahale yöntemleri kullanılır. Karşı ateş, yangını doğal seyrine bırakma, hava araçlarıyla geciktirici hat tesis edilmesi, ıslak hat vb. metodlar dolaylı müdahale metodlarıdır.

Genel olarak bir çok ülke, doğrudan ve dolaylı müdahalede çalışmalarında, suyla birlikte köpük, retardant, jel vb. kimyasalları söndürme çalışmalarında kullanılmaktadırlar. Ülkemizde ise söndürme çalışmalarında, geçmişten bu yana su kullanılmaktadır. Son yıllarda suyla birlikte, kısa süreli yangın geciktiricilerden olan köpük kimyasalı da kullanılmaya başlanmasına rağmen, diğer kimyasallar kullanılmamaktadır. Orman Genel Müdürlüğü'nün 2010-2014 Eylem Planında köpük kimyasalının kullanılmasına yönelik hedefleri bulunmasına karşın, orman yangınlarıyla mücadelede diğer kimyasalların kullanımına yönelik hedefleri olmadığı görülmüştür.

Türkiye’de orman yangınlarında kullanılan kimyasalların etkinliklerini, meydana gelen yangınlar üzerinde ve yakma deneyleriyle (açık alan ve laboratuvar) ortaya koyarak, etkinlik ve uygulama imkânlarına göre yangınla mücadelede etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamak gerekmektedir. Ülkemizin de, diğer ülkeler gibi bütçesinden büyük bir pay ayırarak, farklı tiplerdeki kimyasalları deneyerek, başarı düzeylerine göre bu kimyasalları yangınla mücadelede yoğun bir şekilde kullanması gerekmektedir. Bu yüzden ülkemizde yangın söndürme başarısını arttırmak için; su, köpük ve retardantın yangın söndürme faaliyetlerindeki etkinliğini ortaya koymak ve literatüre katkı sağlamak amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ormanlarımızda çeşitli nedenlerle her yıl çok sayıda yangınlar çıkmaktadır. Bu yangınların çoğu yanan alan bakımından küçük, ancak bir kısmı ise geniş alanlarda etkili olan büyük yangınlardır. Tüm orman yangınları ister büyük, ister küçük yangınlar olsun, ülkemiz ormanlarının tahribinde önemli rol oynamaktadır (Küçükosmanoğlu, 1989).

Orman yangınları ekolojik, sosyal ve ekonomik yönleriyle dünyada bir çok ülkede sorunlar oluşturmaktadırlar. Orman yangınlarının, vejetasyon, insan yaşamı, atmosfer ve iklim üzerinde çok farklı ve karmaşık etkileri vardır. Orman yangınları, Akdeniz ülkeleri, Kuzey Amerika, Rusya ve Avustralya gibi birçok ülkede geçmişte olduğu kadar günümüzde de büyük kayıplara ve zararlara neden olmaktadır (Küçükosmanoğlu, 1986).

Türkiye orman varlığı 2015 yılı verilerine göre 22,3 milyon hektar olup, bu alanların %35'i birinci derece, %23'ü ikinci derece, %22'si üçüncü derece, %15'i dördüncü derece ve %5'i ise beşinci derecede yangına hassas bölgelerde yer almaktadır. Akdeniz ve Ege kıyı bölgeleri, yazları sıcak ve kurak iklime sahip olduğundan dolayı, en fazla yangına birinci derecede hassas alanların bulunduğu bölgelerdir. Kahramanmaraş'tan başlayıp Akdeniz ve Ege kıyılarını takiben İstanbul'a kadar uzanan 1700 km'lik sahil bandının 160 km derinliğindeki bölümünde yayılım gösteren yaklaşık olarak 12, 9 milyon hektar ormanlık alan orman yangınları bakımından, birinci ve ikinci derecede hassasiyet taşıyan alanlardır (Küçük ve Ünal, 2005).

Yangına bağlı ekosistemlerde, yangın sistemin ayrılmaz bir parçasıdır. Ülkemizin, Akdeniz iklim kuşağında olması ve toplam ormanlık alanımızın yarısından fazlasının (%58) yangın açısından riskli bölgelerde yer almasından dolayı, ülkemizi bu sistemin bir parçası haline getirmiştir (Bilgili vd., 2005).

Bir bölgenin yangına hassaslık/tehlike derecesi söz konusu bölgede çıkan yangın sayısı ve yanan alana bağlı olarak belirlenir. Bir bölgenin yangına

hassaslık derecesi hakkında doğru karar verebilmek için, o bölgenin geçmiş yıllarda meydana gelen orman yangınlarını detaylı bir şekilde incelemek gerekir. Yangına hassaslık derecesi birim alandaki çıkan yangın sayısına ve yanan alan miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Birim alanda çıkan yıllık yangın sayısı ve yanan alan miktarı arttıkça yangına hassaslık artmakta, azaldıkça yangına hassaslık azalmaktadır (Bilgili ve Küçük, 2001).

Ormanlar açık doğa koşullarında bulunmalarından dolayı, biyotik ve abiyotik birçok etmenin zararıyla karşı karşıya kalmaktadırlar. Orman yangınları, ormanların devamlılığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında gelmektedir. Yangın açısından, uygun iklim koşullarında insan-orman ilişkilerinden dolayı yangın çıkma ihtimali düşüktür. Buna karşılık yangın açısından riskli, uzun ve kuru yazların hâkim olduğu iklim koşullarında insan-orman ilişkilerinin etkisiyle de yangın çıkacaktır. Bütün çabalar, yangın sayısının az olmasından çok yanan alan miktarının küçük olmasını sağlamaktır (Küçükosmanoğlu, 1985).

Türkiye’de orman yangınlarına ait istatistikler incelendiğinde çıkan yangınların büyük bir kısmının insan kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre Türkiye’de orman yangınlarının çıkış sebeplerinin ana kaynağı insandır (Küçükosmanoğlu, 1987). Ülkemizde 1937 yılından 2008 Ekim sonuna kadar 85.865 adet orman yangınında 1.612.496 hektar alan zarar görmüştür. Ülkemizde orman yangınlarının nedenleri, %52,53’ü ihmal ve dikkatsizlik, %12,56’sı kasıt, %9,70’i yıldırım, %5,05’i kaza nedeni ile çıkmıştır. Geri kalan %20,16’sının ise nedeni belirlenememiştir. Orman yangınlarının çıkmasındaki en önemli etmen, insanların eğitim ve bilinç düzeylerinin düşüklüğü ve duyarsız davranışlarıdır. İkinci etmen ise kamu-halk arasındaki ilişkilerde yaşanan sorunlar ve bunun yanında doğal koşullar (yıldırım) üçüncü etmen olarak sıralanmaktadır (Avcı vd., 2009).

Topoğrafya ve hava hallerinin benzer olduğu koşullarda yangıcı madde tiplerine göre yangın yayılımı, yavaş ya da hızlı olabilir. Aynı şekilde bazı yangıcı tiplerinde yangın şiddeti düşük (örneğin, yaşlı meşcereler) iken, diğerinde yüksek şiddette

yangın (örneğin, maki ve genç plantasyonlar) oluşabilir. Bu durum değerlendirildiğinde yanıcı madde tiplerinin arazi üzerindeki dağılımı, yangın davranışını önemli ölçüde etkileyeceği anlaşılmaktadır (Bilgili, 1998).

Akdeniz iklimi anlatılırken dört önemli özellikten bahsedilir. Bunlardan birincisi sıcak yazlar ve ılıman kışlar, ikincisi tüm yıl boyunca etkisini gösteren deniz etkisi, üçüncüsü kış aylarının yağışlı ve yaz aylarının kurak geçmesi ve dördüncüsü ise geç ilkbahar ile erken sonbahar arasında denizden gelen nemli ve serinletici meltem rüzgârlarının yerini alan kısa süreli kurutucu rüzgârlar ve sıcak hava dalgalarıdır (Şirin ve Neyişçi, 1997).

Yangın davranışını etkileyen üç ana faktör bulunmaktadır: Yanıcı madde, hava halleri ve topoğrafya. Bu üç faktörün, birbirine olan etkisinin bilinmesiyle ortaya konulabilecek stratejilerle yangın davranışını tahmin ederek, söndürme çalışmalarının bu yönde organize edilmesiyle yangınlar kontrol altına alınabilmektedir (Eron, 1988).

Orman yangınlarının sebep olduğu zararın en aza indirilmesinde, yangınlarla mücadeledeki etkinlik düzeyinin artırılması ve belirlenen taktik ve stratejilerin sürekli olarak geliştirilmesi büyük ölçüde önem arz etmektedir. Bu yüzden yangın davranışını doğru tahmin etmek oldukça önemlidir (Bilgili vd., 2002).

Yangın yayılma oranı: Yangının birim zamanda ilerlediği yatay mesafedir (m/sn, km/sa). Yangın davranışını tanımlamak için kullanılan en yaygın değişkenlerden birisidir. Yangın yayılma oranı, hava hallerine, topoğrafya ve yanıcı özelliklerine bağlı olarak değişir (Àgueda, 2009; Durmaz, 2014).

Yakıt tüketim miktarı: Yangın esnasında oluşan enerjinin kaynağını oluşturan, tüketilen toplam yanıcı madde miktarıdır. Yanıcı maddenin, nemine, konumuna (toprak, örtü, tepe), yanıcı maddenin fiziksel (süreklilik) ve kimyasal özelliklerine bağlıdır (Durmaz, 2014).

Alev boyu: Alevin ucundan zemin yüzeyine kadar dik olarak ölçülen alev uzantısıdır. Serbest yayılan yangınlarda alev özelliklerinin bilinmesi yangın davranışının ve etkilerinin birçok yönünü belirlemede önemlidir (Àgueda, 2009; Durmaz, 2014).

Su ve kimyasallar söndürme operasyonlarında, doğrudan müdahale ve dolaylı müdahale metolarında yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Orman yangınlarını söndürmede geleneksel olarak su kullanılmaktadır. Su, yangın üçgeninin; ısı, yanıcı madde ve oksijen kısmına müdahale de bu üç etmen üzerinde etkili şekilde kullanılmaktadır (Ertuğrul, 2007). Yangın söndürmede kullanılan kimyasallar; uzun süreli yangın geciktiricileri ve kısa süreli yangın geciktiricileridir (USDA, 1994).

Kısa süreli yangın geciktiricileri: Yanan alanda, yangını durdurmak veya geciktirmek için kullanılırlar. Kısa süreli yangın geciktiricilerin içerisinde; su, renklendirici ve korozyon önleyici maddeler bulunur (USDA, 1994). Liodakis vd. (2006)'e göre; kısa süreli yangın geciktiricilerin tipik örnekleri; köpükler ve su arttırıcılar (elastomerler ve jeller)'dir. Kısa süreli yangın geciktiricilerin, uzun süreli yangın geciktiricilerden farkı; içerisindeki su buharlaştıktan sonra etkilerini kaybetmeleridir (USDA, 1994).

Yangın söndürme köpükleri: Suyla karıştırıldığında küçük damlacıklar oluşturan bileşimlerdir. Köpük sudan daha düşük yoğunluğa ve daha düşük yüzey gerilimine sahip olduğu için yakıtın içerisine daha iyi nüfuz ederler (USDA, 1994). Köpük konsantrasyonları, surfaktan, köpük ana maddesi ve korozyon önleyici kimyasal maddelerden oluşmaktadır. Yangın alanında, yanan kısmın sıcak taraflarını soğutmak, boğmak ve yakıtların üzerlerini kaplamak, yakıtların nemini tutmak için köpük çok etkili bir maddedir (Ertuğrul, 2007).

Uzun süreli yangın geciktiricileri: Yangın yayılma oranını ve yoğunluğunu azaltmak için kullanılan kimyasallardır. Geciktiricilerin aktif maddeleri; amonyum sülfat, sülfürik ve fosforik asitler, mono amonyum fosfat, diamonyum

fosfat ve amonyum polifosfat gibi gübre tozları kombinasyonudur (Liodakis vd., 2006).

Birçok ülkede, geciktiricilerin etkinliğini test etmek için çok sayıda laboratuvar çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalarda, yangın davranış parametreleri, yangın yayılma oranları, yakıt tüketimi, yangın geciktirme oranlarını ölçmüşlerdir (Vega vd., 2007). Amerika Birleşik Devletlerinde, 1992 yılında 91 milyon litre uzun süreli geciktirici (McDonald vd., 1996), 160 milyon litre yoğunlaştırılmış köpük kullanmışlardır (Larson ve Newton, 1996). Avustralya, 1991-1992 yıllarında yangın söndürme bütçesinin %15'ini yangın söndürme kimyasallarına harcamıştır (Rawet vd., 1996).

Vega vd. (2007), tarafından makilik ve çalılık alanlarda polifosfat, köpük ve su uygulamalarının yangın yayılmasında etkilerinin karşılaştırılması için çalışmalar yürütmüşler. Bu çalışma sonucunda, polifosfatın %63, köpüğün %53 ve suyun %25 oranında yangın yayılımını azalttığı tespit etmişlerdir. Gimenez vd., (2004) tarafından uzun süreli yangın geciktiricilerin etkinliği, uygulanması, doğada yaşayan organizmalar, bitki örtüsü ve insanlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda uzun süreli geciktiricilerin yangın şiddetini azalttığı ve yanmanın tekrar kuvvetlenmesine kadar zaman uzattığını (geciktirdiğini) kanıtlamıştır.

Liodakis vd. (2002) tarafından, çeşitli bitki türlerine DAP (diamonyum fosfat) ve AS (amonyum sülfat)'lı yangın geciktiricileri uygulayarak tutuşma testlerine tabi tutarak yakma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. DAP ve AS'lı geciktirici uygulanmış bitkilerde, ateşleme gecikim süresinin uzadığını ve bunun düşük sıcaklıklarda olduğunu termografik analizler sonucunda bulmuşlardır. Ayrıca geciktiricilerin yakıtlar üzerindeki termal bozulma profilini etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Ągueda vd. (2008), orman yangınlarında kullanılan uzun süreli geciktiricilerin etkinliğini incelemiş, laboratuvar ve sahada alev yayılma testleri içeren çalışmalar yapmışlardır. Bu ürünlerin etkisi altında yangın davranışının modellenmesinin acil çalışılması gerektiği kanısına varmışlardır.

Águeda vd. (2010), uzun süreli yangın geciktirici (Fire- Trol 931) uygulanmış saman yakıt tipinde yangın yayılımını görmek için, rüzgârsız, eğimsiz alanda testler gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda geciktirici uygulanmış yakıtta yangın şiddetini azaltma faktörünün 0,80 olarak ölçmüştür. Águeda vd. (2010), laboratuvar şartlarında saman yakıt tipinde, uzun süreli yangın geciktirici uygulanarak, yangın davranışı üzerinde etkilerini karakterize etmek için çalışmalar yürütmüşlerdir. Yangın yayılma oranının %63, yakıt tüketim oranının %36, yangın yoğunluğunun %77 ve alev uzunluğunun %54 oranında azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Liodakis vd. (2002) tarafından, kimyasal uygulanmış *Pinus halepensis* ibrelerinin tutuşabilirliğini test etmişlerdir. Bu deneyler sonucunda DAP ve AS'ın yangın noktasındaki, tutuşma için gereken zamanı arttırdığını ve bu etkinin yüksek konsantrasyon seviyelerinde daha belirgin olduğunu göstermiştir.

Schlobohm ve Rochna (1987), örtü yangınlarının kontrol altına almak ve söndürmek için köpüklerin yeteneğini değerlendirmiştir. Performans değerlendirmelerini doğrudan müdahale ve dolaylı müdahale için ayrı ayrı incelemiş ve bu çalışmalar sonucunda köpüğün yangın bastırmada ve püskürtmede oldukça kararlı olduğunu gözlemlemiştir. Batista vd. (2008), *Pinus taeda* plantasyon sahalarından elde edilen yakıtlarla, yangın laboratuvarında testler yapmışlardır. Geciktirici çözeltisinin yayılma oranı ve alev uzunluğu parametrelerinde, yangın önleme yeteneğine sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Kızılçam yanıcı örnekleri (kızılçam ibreleri, kızılçam ağaçlarındaki ince yanıcılar), meteorolojik parametreler (sıcaklık, nem, rüzgâr hızı) ve orman yangınlarında kullanılan kimyasallar (yangın söndürme köpüğü (Fire-Trol Fire Foam 103B), uzun süreli yangın geciktirici (Fire-Trol 934 Long-Term Retardant) ve su materyali oluşturmaktadır.

3.2. Metot

3.2.1. Örnekleme Büyüklüğü

Laboratuvar;

Toplam yakma sayısı= rüzgâr kademeleri (3) x yanıcı sınıfı (4) x kimyasallar (4) x tekrür (3) = 144

Açık alan;

Toplam yakma sayısı= yanıcı sınıfı (4) x kimyasallar (4) x tekrür (3) = 48

Laboratuvarda 144, açık alanda 48 tane olmak üzere toplamda 192 adet yakma deneyi gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Yanıcı madde tiplerinin toplanması ve sınıflandırılması

Antalya Orman İşletme Müdürlüğü sınırları (Şekil 3.1) içerisinde bölgeyi temsil eden özellikle “ab, b” meşcerelerinden seçilen kızılçam ağaçlarından ibreler ve dallardan (0-0,3 cm, 0,3-0,6 cm, 0,6-1,0 cm kalınlığındaki dallar) oluşan yanıcı tipleri toplanmıştır (Şekil 3.2). Toplanan bu yanıcı maddeler, laboratuvar ortamında 24 saat süre ile 105 C° sıcaklıkta fırın kurusu hale getirilerek, yakma deneyleri için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.1. Arazi çalışmalarının yürütüldüğü alan (Antalya OBM, 2016)

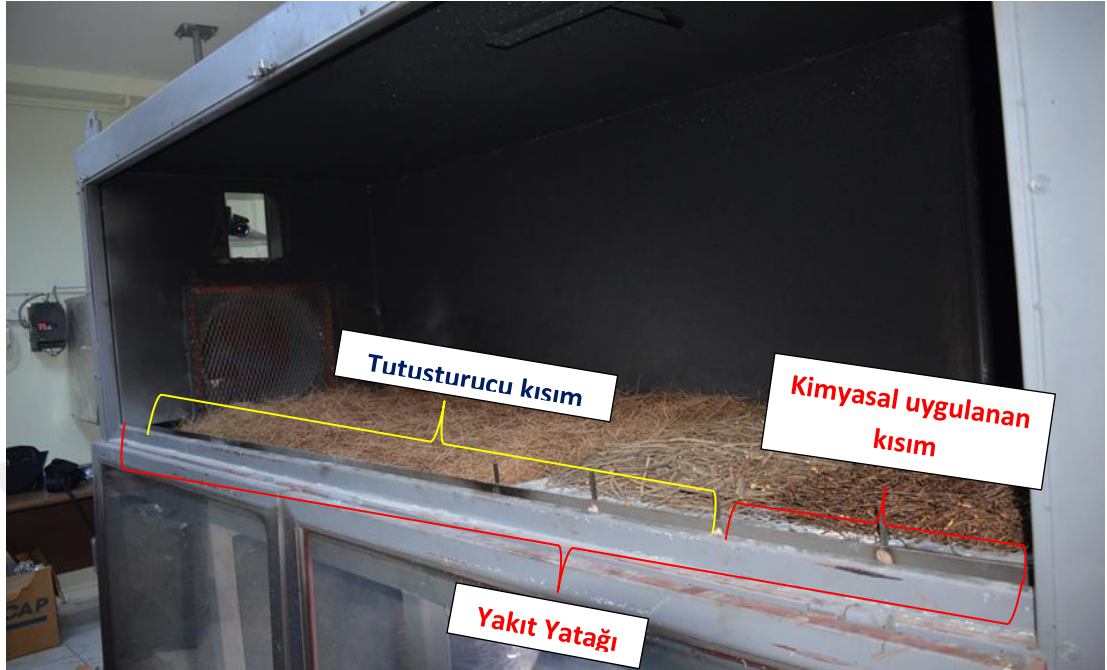


Şekil 3.2. Yanıcı maddelerin toplanma ve yanıcı tiplerine ayırma işlemleri (a, b)

3.2.3. Yakıt yatağının hazırlanması

Yakıt yatağı, iki kısımdan oluşmaktadır; ilk kısım (fanın bağlı olduğu kısımdan itibaren) tutuşturucu yakıtı, ikinci kısım ise kimyasal uygulanacak olan yakıt kısmını oluşturmaktadır. Tutuşturucu yakıtın iki metrelik kısmını ibre, 0,5 metrelik kısmını ise 0,3-0,6 cm (750 g), 0,6-1,0 cm (750 g) kalınlığındaki dallar ve ibre (200 g) yanıcı tiplerinden oluşan karışım oluşturmaktadır. Tutuşturucu yakıtın oluşturduğu bu alanın iki kısma ayrılmasının sebebi; ilk kısımdaki ibre yanıcı tipinin, hızlı yanıp çabuk sönmesinden dolayı yakıt yatağının son kısmındaki kimyasal uygulanan alandaki yakıtı tutuşturamayacağı düşünüldüğü için, yakıt yatağı iki kısma ayrılmıştır. Bu yüzden tutuşturucu kısmın, karışım yapılan bölümündeki yakıtlar, tutuşmayı kolaylaştıran ve aynı zamanda ibreye

göre daha uzun yanabilen yakıtların olmasından dolayı daha kolay tutuşma sağlanabileceği düşünülmüş ve bu şekilde planlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yakıt yatağının hazırlanması

Yakıt yatağındaki ikinci kısımda ise yatağa serilecek yakıt miktarı tüm yakıt tiplerinde (0,0-0,3, 0,3-0,6, 0,6-1,0 ve ibre) 1200 gram olarak belirlenmiştir. Bu kısımdaki yakıt tipleri fırın kurusu hale getirildikten sonra nem miktarlarında değişim olmaması için poşetlere konularak yakma deneylerine kadar tartılıp muhafaza edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yanıcı maddelerin tartılması ve yakıt yatağına serilmesi (a, b)

3.2.4. Yangın söndürme kimyasallarının hazırlanarak yakıtlara uygulanması

Yangın söndürme köpüğü, retardant ve suyun her karışım için toplam karışım miktarı 750 mililitre olarak belirlenmiştir. Yangın söndürme köpüğünün suyla karışım oranı %0,6, retardantın suyla karışım oranı %12 olarak (kullanım kılavuzlarındaki belirtilen oranda) çözeltiler hazırlanmıştır. Suyun kullanıldığı karışımlarda, suya hiçbir şey karıştırılmadan çözeltinin tamamına su konulmuştur. Bu karışımların yakıtlara uygulanması, retardant ve su için ilaçlama pompası, köpük için ise kompresörlü köpük makinesi ile yapılmıştır. Yapılacak deneye göre, hangi kimyasal uygulanacaksa karışımı ölçülerek hazırlanıp, uygulama yapılacak olan ekipmana dökülmüş ve yakıt yatağındaki hazırlanan yanıcı maddeler üzerine uygulanarak yakmaya hazırlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kimyasalların hazırlanması ve yakıtlara uygulanması (a, b)

3.3. Laboratuvar Yakma Deneyleri

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneyler rüzgâr tüneli içerisinde yapılmıştır. Araziden toplanan ve fırın kurusu hale getirilen kızılçam yanıcı örnekleri, yakıt yatağına serilerek bu yakıtlar üzerinde yakma deneyleri yapılmıştır. Yakıt yatağının son 0,5 metrelik kısmına su, yangın söndürme köpüğü ve uzun süreli yangın geciktirici kimyasal uygulamaları yapılarak yakma deneyleri için hazırlanmıştır. Rüzgâr tünelinin yan tarafına HD video kamera, fanın üst kısmına da termal kamera düzenekleri yerleştirilmiştir.

Hazırlanmış yakıt yatağı ateşlenerek, her bir yanıcı tipinde ve üç farklı rüzgâr hızında yangın söndürme köpüğü, uzun süreli yangın geciktirici (retardant) ve su uygulaması yapılmış bölümlerdeki yangınlar izlenerek, kayıt altına alınmıştır. Yakılan kısımlar; termal kamera ve HD video kamera ile izlenerek kayıt altına alınmıştır. Yangınlardan sonra, kimyasal uygulaması yapılan kısımlardaki kalan yanıcı maddeler hassas tartı ile tartılıp kaydedilerek yakıt tüketim miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca video ve termal kameradan alınan veriler analiz edilerek, yangın yayılma oranları ve alev boyları tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Laboratuvarda yakma deneyleri ve kayıt altına alınması

3.4. Açık Alan Yakma Deneyleri

Açık alandaki yakma deneyleri, Uluslararası Ormancılık Eğitim Merkezi Müdürlüğü tesislerindeki alan içerisinde gerçekleştirilmiştir. Açık alan yakma deneylerinde kullanılmak üzere, laboratuvardaki yakıt yatağına benzer bir metre genişliğinde, üç metre uzunluğunda dikdörtgen bir yakıt yatağı oluşturulmuştur. Bu düzeneğin yönü hâkim rüzgâr yönüne paralel olarak hazırlanmıştır.

Yakıt yatağı, laboratuvar deneylerindeki gibi iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım tutuşturucu, ikinci kısım ise kimyasal uygulanan yakıt bölümüdür. Yakıt yatağının ilk bölümüne mümkün olduğunca homojen bir şekilde tutuşturucu yakıtlar serilmiştir. Daha sonra, araziden toplanarak fırın kurusu hale getirilen

yanıcı tipleri, açık alandaki yakma yapılacak alana getirilerek, yakıt yatağının son 0,5 metrelik bölüme eşit miktarlarda (tüm yanıcı tiplerinde 1200 g) yanıcı maddeler serilmiştir. Yakıt yatağının son 0,5 metrelik bölümüne yangın söndürme köpüğü, uzun süreli yangın geciktirici ve su uygulaması yapılarak yanmaya hazır hale getirilmiştir. Açık alandaki yakıt yatağının, yan tarafına HD video kamera ve termal kamera düzenekleri yerleştirilmiştir. Hazırlanmış yakıt yatağı ateşlenerek, her bir yanıcı tipinde ve açık alan koşullarında, yakıt yatağı üzerinde; yangın söndürme köpüğü, uzun süreli retardant ve su uygulaması yapılmış bölümlerdeki yangın, izlenerek kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.7). Ayrıca yakma sırasındaki açık alan koşullarının sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı değerleri, yakma deneylerinin gerçekleştirildiği alan içindeki bulunan meteoroloji istasyonundan veriler alınmıştır.



Şekil 3.7. Açık alanda yakma deneyleri ve kayıt altına alınması (a, b)

3.5. Alev Boyları, Yakıt Tüketim Miktarları ve Yangın Yayılma Oranlarının Değerlendirilmesi

HD kamera, termal kamera ve fotoğraf makinesinden elde edilen görüntüler değerlendirilmiştir.

Alev boylarının ölçümü, yakma deneyleri esnasında çekilen fotoğraflar ve video kamera görüntüleri üzerinden yapılmıştır. Her yakma deneyi için elde edilen fotoğraflar Corel DRAW X8 (free trial) programında ölçeklendirilerek kimyasal uygulanan alanlardaki ortalama alev boyları ölçülerek alev boyu verileri elde

edilmiştir. Yakıt tüketim miktarları, kimyasal uygulaması yapılan yakıt yatağındaki yanıcı miktarı tüm yakma deneylerinde 1200 gram olarak belirlenmiştir. Yakma deneyleri sonucunda kalan yakıt miktarları tartılarak, ne kadar yakıt tüketiminin gerçekleştiği hesaplanarak yakıt tüketim miktarı verileri elde edilmiştir. Yangın yayılma oranları, yakma deneyleri esnasında yangının yakıt yataklarının kenarlarında bulunan 25 cm aralıklardaki demirlere geldiği zamanlar kaydedilmiş ve bunların ağırlıklı ortalamaları alınarak veriler elde edilmiştir.

Kimyasal uygulamaları, yakıt tipleri ve rüzgâr hızı gibi faktörler yangın davranışı parametrelerinden yakıt tüketim miktarı, yangın yayılma oranı ve alev boyları hakkında bilgi vermektedir. Bu amaçla alev boyu, yakıt tüketim miktarı ve yangın yayılma oranının belirlenmesinde Kruskal-Wallis ve tek yönlü ANOVA analizleriyle ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

3.5.1. Tekli varyans modeli

Verilerin normallik testlerinde ise Kolmogorow Simirnov testi ($p>.05$), histogram grafikleri ve çarpıklık basıklık katsayıları (+2 ile -2) dikkate alınmıştır (Field, 2009; Kalaycı, 2010). Laboratuvar deneyleri için, elde edilen verilerde normallik testleri yapılmıştır. Ancak yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarı verilerinin normal dağılım göstermediği, alev boyu için elde edilen verilerin ise logaritmik dönüşüm sonucunda normal dağılım gösterdiği görülmüştür (Çizelge A.2, Çizelge A.3).

Açık alan deneylerinde ise, yakıt tüketim miktarı, alev boyu verilerinin tamamı, yangın yayılma oranı verilerinin ise uç değerlerin (6 adet) çıkarılması sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği görülmüştür. Ayrıca yangın yayılma oranı verilerinde karekök, alev boyu verilerinde ise Ln dönüşümleri yapılarak normallik testleri (Çizelge A.5, Çizelge A.6) sonucunda her bir parametre için tek yönlü varyans (ANOVA) analizi yapılmıştır. Gruplar arasındaki farkı görebilmek için ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden faydalanılmıştır.

Alev boyu, yakıt tüketim miktarı ve yangın yayılma oranı için ayrı ayrı, her bir kimyasal türüne ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) için aşağıdaki model kullanılmıştır (3.1.a).

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad i=1,\dots,m; j=1,\dots,r \quad (3.1.a)$$

y_{ij} : i. Kimyasal türüne ait j. kimyasal değeri,

μ : Populasyon ortalaması,

α_i : i. Kimyasal türünün etkisi,

e_{ij} : Tesadüfi hata

Alev boyu, yakıt tüketim miktarı ve yangın yayılma oranı için ayrı ayrı, her bir yanıcı tipinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) için aşağıdaki model kullanılmıştır (3.1.b).

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad i=1,\dots,m; j=1,\dots,r \quad (3.1.b)$$

y_{ij} : i. yanıcı tipine ait j. yanıcı sınıfı değeri,

μ : Populasyon ortalaması,

α_i : i. Yanıcı tipinin etkisi,

e_{ij} : Tesadüfi hata

Alev boyu, yakıt tüketim miktarı ve yangın yayılma oranı için ayrı ayrı, her bir rüzgâr hızında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) için aşağıdaki model kullanılmıştır (3.1.c).

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad i=1,\dots,m; j=1,\dots,r \quad (3.1.c)$$

y_{ij} : i. rüzgâr hızına ait j. rüzgâr hızı değeri,

μ : Populasyon ortalaması,

α_i : i. Rüzgâr hızının etkisi,

e_{ij} : Tesadüfi hata

3.5.2. Kruskal-Wallis (KW) H testi

Laboratuvar deneylerinde, elde edilen verilerin normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan tek yönlü varyans analizinin karşılığı olan Kruskal-Wallis (H) testinden faydalanılmıştır. Bu test sonucu gruplar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunduğu durumlarda, gruplardan hangisi ya da hangilerinin birbirinden farklı olduğunu bulmak için parametrik olmayan sıralama puanlarını karşılaştıran Hollander-Wolfe yönteminden faydalanılmıştır. Bu yöntem ile genel medyandan grup medyanlarının farklılığı araştırılmıştır. Bu test, her bir grubun ortalama sıralama puanının, genel ortalama sıralama puanından farkları genel standart hataya göre z testi ile test eder. Toplam sıralama puanları ortalaması $\bar{R}$ (3.2a), standart hatası $SH_{\bar{R}}$ (3.2b) ve z testi istatistiği (3.2.c) formüllerine göre aşağıdaki gibi hesaplanır (Özdamar, 2010).

$$\bar{R} = \frac{(N+1)}{2} \quad (3.2a)$$

$$SH_{\bar{R}} = \sqrt{\frac{(N+1)(N/n_i - 1)}{12}} \quad (3.2b)$$

$$Z_i = \frac{\bar{R}_i - \bar{R}}{SH_{\bar{R}}} = \frac{\bar{R}_i - \frac{(N+1)}{2}}{\sqrt{\frac{(N+1)(N/n_i - 1)}{12}}} \quad (3.2c)$$

Burada $\bar{R}_i$ i. grubun sıralama puanı ortalaması, n_i i. grubun birim sayısını, N ise genel toplam birim sayısını belirtmektedir.

$$(N = \sum n_i \quad i = 1, 2, \dots, k)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Laboratuvar Deneyleri

4.1.1. Yakıt tiplerinin yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarları bakımından karşılaştırmaları

Kruskal-Wallis test sonuçlarına göre yakıt türleri bakımından; yakıt tüketim miktarları (Çizelge 4.1) ve yangın yayılma oranları (Çizelge 4.2) bakımından ileri düzeyde anlamlı farkların olduğu görülmüştür. Hollander-Wolfe yöntemine göre yapılan test sonucunda, 1. yakıt türünün (0,0-0,3 cm kalınlığındaki), yakıt tüketim miktarı açısından diğer yakıt türlerine göre yakıt tüketim miktarı önemli düzeyde düşüktür. Yangın yayılma oranı açısından 3. yakıt türündeki yangın yayılma oranı, diğer yakıt türlerine göre önemli düzeyde düşüktür.

Çizelge 4.1. Yakıt tiplerinin, yakıt tüketim miktarları üzerindeki etkilerini gösteren Kruskal-Wallis test sonuçları

Yakıt	N	Median	Ave rank	Z
1	36	2,274	45,0	-4,57
2	36	2,298	74,6	0,34
3	36	2,312	90,5	2,99
4	36	2,300	79,9	1,23
Overall	144		72,5	

1- 0,0-0,3 cm 2- 0,3-0,6 cm 3- 0,6-1,0 cm 4- İbre H = 23.62 DF = 3 *P = 0.000

Çizelge 4.2. Yakıt tiplerinin, yangın yayılma oranları üzerindeki etkilerini gösteren Kruskal-Wallis test sonuçları

Yakıt	N	Median	Ave Rank	Z
1	36	0,3348	65,4	-1,18
2	36	0,2247	65,7	-1,12
3	36	0,1593	40,3	-5,34
4	36	3,5714	118,5	7,64
Overall	144		72,5	

1- 0,0-0,3 cm 2- 0,3-0,6 cm 3- 0,6-1,0 cm 4- İbre H = 67,24 DF = 3 *P = 0.000

4.1.2. Rüzgâr hızlarının, yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarları bakımından karşılaştırmaları

Kruskal-Wallis test sonuçları sonucunda, farklı hızdaki rüzgâr hızlarının; yakıt tüketim miktarları (Çizelge 4.3) açısından anlamsız ve yangın yayılma oranları (Çizelge 4.4) bakımından ise ileri düzeyde anlamlı farkların olduğu görülmüştür. Rüzgâr hızlarının, yangın yayılma oranları üzerindeki etkileri ise, düşük rüzgâr hızlarındaki (10 km) yangınların yangın yayılma oranının diğer rüzgâr hızlarına göre yangın yayılma oranları, önemli düzeyde düşüktür.

Çizelge 4.3. Rüzgâr hızlarının, yakıt tüketim miktarları için Kruskal-Wallis test sonuçları

Rüzgâr	N	Median	Ave Rank	Z
1	48	2,284	68,3	-0,85
2	48	2,299	76,9	0,90
3	48	2,296	72,2	-0,05
Overall	144		72,5	

1-10 km 2- 20 km 3- 30 km $H = 1,03$ $DF = 2$ * $P = 0,597$

Çizelge 4.4. Rüzgâr hızlarının, yangın yayılma oranları için Kruskal-Wallis test sonuçları

Rüzgâr	N	Median	Ave Rank	Z
1	48	0,1996	54,4	-3,69
2	48	0,2342	72,8	0,06
3	48	1,1237	90,4	3,63
Overall	144		72,5	

1-10 km 2- 20 km 3- 30 km $H = 17,88$ $DF = 2$ * $P = 0,000$

4.1.3. Kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranı ve yakıt tüketim miktarları bakımından karşılaştırmaları

Kimyasal uygulamaların, yakıt tüketim miktarı ve yangın yayılma oranları açısından ileri düzeyde önemli farkların olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5). Yakıt tüketim miktarı açısından 2. gruptaki kimyasalın (retardant), diğer kimyasal gruplarına göre yakıt tüketim miktarının ileri düzeyde düşük olduğu, ayrıca yangın yayılma oranı açısından retardantın ileri düzeyde düşük olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Kimyasal uygulamalarının, yakıt tüketim miktarları için Kruskal-Wallis test sonuçları

Kimyasal	N	Median	Ave Rank	Z
1	36	2,302	87,2	2,43
2	36	2,238	22,9	-8,24
3	36	2,289	73,0	0,09
4	36	2,308	106,9	5,71
Overall	144		72,5	

1-Su 2- Retardant 3- Köpük 4- Kontrol H = 79,83 DF = 3 *P = 0,000

Çizelge 4.6. Kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranları için Kruskal-Wallis test sonuçları

Kimyasal	N	Median	Ave Rank	Z
1	36	0,2852	71,1	-0,23
2	36	0,1953	52,2	-3,37
3	36	0,2079	58,4	-2,34
4	36	2,0032	108,3	5,94
Overall	144		72,5	

1-Su 2- Retardant 3- Köpük 4- Kontrol H = 39,14 DF = 3 *P = 0,000

4.1.4. Yakıt tiplerinin, rüzgâr hızlarının ve kimyasal uygulamalarının, ortalama alev boyları bakımından karşılaştırmaları

Yakıt tiplerinin, alev boyları üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan ANOVA testi (Çizelge 4.7) sonucunda ileri düzeyde farkların olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki farklılıkları test etmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi (Çizelge 4.8) yapılmış ve bu test sonucunda 2 grup oluşmuştur.

Çizelge 4.7. Yakıt tiplerinin, alev boyları üzerindeki etkilerini gösteren ANOVA sonucu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,334	3	,111	6,748	,000
Within Groups	2,293	139	,016		
Total	2,627	142			

Çizelge 4.8. Yakıt tiplerinin, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi

Yakıt	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
3	36	1,40	
1	36		1,50
2	36		1,51
4	35		1,53
Sig.		1,000	,311

1- 0,0-0,3 cm

2- 0,3-0,6 cm

3- 0,6-1,0 cm

4- İbre

Rüzgâr hızlarının, alev boyları üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan ANOVA testi (Çizelge 4.9) sonucunda ileri düzeyde farkların olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki farklılıkları test etmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi (Çizelge 4.10) yapılmış ve bu test sonucunda 3 grup oluşmuştur.

Çizelge 4.9. Rüzgâr hızlarının, alev boyları üzerindeki etkilerini gösteren ANOVA sonucu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,556	2	,278	18,814	,000
Within Groups	2,071	140	,015		
Total	2,627	142			

Çizelge 4.10. Rüzgâr hızlarının, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi

Rüzgâr	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	48	1,40		
2	47		1,50	
1	48			1,55
Sig.		1,000	1,000	1,000

1- 10 km

2- 20 km

3- 30 km

Kimyasal uygulamaların, alev boyları üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan ANOVA testi (Çizelge 4.11) sonucunda önemli farkların olduğu görülmüştür. Gruplar arasındaki farklılıkları test etmek için Duncan çoklu

karşılaştırma testi (Çizelge 4.12) yapılmış ve bu test sonucunda 3 grup oluşmuştur.

Çizelge 4.11. Kimyasal uygulamalarının, alev boyları üzerindeki etkilerini gösteren ANOVA sonucu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,213	3	,404	39,755	,000
Within Groups	1,414	139	,010		
Total	2,627	142			

Çizelge 4.12. Kimyasal uygulamalarının, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi

Kimyasal uygulamalar	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2	36	1,37		
3	35		1,45	
1	36		1,50	
4	36			1,62
Sig.		1,000	,060	1,000

1- Su 2- Retardant 3- Köpük 4- Kontrol

4.2. Açık Alan Deneyleri

Kimyasal uygulamaların, ortalama alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan ANOVA testleri (Çizelge 4.13) sonucunda önemli farkların olduğu görülmüştür. Bu farklar sonucunda, gruplar arasındaki farklılıkları test etmek için Duncan çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır. Bu testler sonucunda ortalama alev boyları için 4 grup (Çizelge 4.14), yakıt tüketim miktarları için 2 grup (Çizelge 4.15) ve yangın yayılma oranları için 3 grup (Çizelge 4.16) oluşmuştur.

Çizelge 4.13. Kimyasal uygulamalarının alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları, için ANOVA testi sonuçları

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alev boyu	Between Groups	3,056	3	1,019	30,710	,000
	Within Groups	1,426	43	,033		
	Total	4,483	46			
Yakıt Tüketim	Between Groups	,080	3	,027	21,456	,000
	Within Groups	,055	44	,001		
	Total	,135	47			
Yangın Yayılma Oranı	Between Groups	,277	3	0,92	10,774	,000
	Within Groups	,325	38	,009		
	Total	,602	41			

Çizelge 4.14. Kimyasal uygulamalarının, alev boyları için oluşan alt gruplar çizelgesi

Kimyasal	N	Subset for alpha = 0,05			
		1	2	3	4
2	12	3,52			
3	12		3,75		
1	11			3,94	
4	12				4,21
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

1- Su 2- Retardant 3- Köpük 4- Kontrol

Çizelge 4.15. Kimyasal uygulamalarının, yakıt tüketim miktarları oluşan alt gruplar çizelgesi

Kimyasal	N	Subset for alpha = 0,05	
		1	2
2	12	2,19708	
3	12		2,28433
4	12		2,28525
1	12		2,30092
Sig.		1,000	,284

1-Su 2- Retardant 3- Köpük 4- Kontrol

Çizelge 4.16. Kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranları için oluşan alt gruplar çizelgesi

Kimyasal	N	Subset for alpha = 0,05		
		1	2	3
2	12	,39583		
3	12	,42759		
1	12		,51406	
4	6			,63645
Sig.		,457	1,000	1,000

Yakıt tiplerinin, ortalama alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları üzerindeki etkilerini belirlemek için ANOVA testleri yapılmıştır (Çizelge 4.17). Bu testler sonucunda yakıt tiplerinin, ortalama alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları üzerinde anlamlı farkların olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.17. Yakıt tiplerinin alev boyları, yakıt tüketim miktarları ve yangın yayılma oranları, için ANOVA testi sonuçları

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Alev boyu	Between Groups	,549	3	,183	2,001	,128
	Within Groups	3,934	43	,091		
	Total	4,483	46			
Yakıt Tüketim	Between Groups	,017	3	,006	2,069	,118
	Within Groups	,118	44	,003		
	Total	,135	47			
Yangın Yayılma Oranı	Between Groups	0,36	3	0,12	,811	,496
	Within Groups	,566	38	0,15		
	Total	,602	41			

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda elde ettiğimiz veriler değerlendirildiğinde, laboratuvar yakma deneyleri için; yakıt tiplerinin, yakıt tüketim miktarı üzerindeki etkisinde 0,0-0,3 cm kalınlığındaki yanıcı tipinin diğer yakıt tiplerine göre birim alanda daha az yakıt tükettiği, bunun sebebinin de bu yakıt tipindeki yanıcılara uygulanan kimyasalları daha iyi absorbe etmesi ve yakıtın içine daha iyi nüfuz ederek, bir kısım yakıtın yanmasını engellemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine yakıt tiplerinin, yangın yayılma oranları bakımından 0,6-1,0 cm kalınlığındaki yakıt tipinin, birim alandaki yangın yayılma hızı diğer yakıt tiplerine göre daha yavaş yayıldığı belirlenmiştir. Bu yanıcı tipindeki yakıtların, diğer yakıt tiplerinden daha kalın olmasından dolayı, tutuşma sıcaklığının yüksek olduğu ve yakıt boyutu bakımından diğer yakıtlara göre büyük olması ve dolayısıyla yanma süresinin daha uzun olması nedeniyle yangın yayılma oranının bu yakıt türünde daha düşük olduğu düşünülmektedir. Yanıcı tiplerinin ortalama alev boyları üzerinde etkili olduğu, yine 0,6-1,0 cm kalınlığındaki yanıcı tiplerinde meydana gelen yangınlarda alev boylarının düşük olduğu görülmüştür.

Rüzgâr hızlarının yakıt tüketim miktarı ve yangın yayılma oranı üzerindeki etkileri incelenmesi sonucunda, farklı rüzgâr hızlarının yakıt tüketim miktarları üzerine anlamlı farkların olmadığı görülmüştür. Ancak, yangın yayılma oranları ve ortalama alev boyları üzerinde önemli farkların olduğu görülmüştür. Rüzgâr hızlarının, yangın yayılma oranı üzerindeki etkisi ise, düşük rüzgâr hızında (10 km) yangın yayılma oranının daha düşük olduğu, yangının daha yavaş yayıldığı, yüksek rüzgâr hızında (30 km) ise yangın yayılma oranının daha yüksek olduğu ve yangının daha hızlı yayıldığı görülmüştür. Ayrıca, düşük rüzgâr hızında (10 km) ortalama alev boyunun yüksek, yüksek rüzgâr hızında (30 km) ise ortalama alev boyunun düşük olduğu görülmüştür.

Kimyasal uygulamalarının (su, retardant ve köpük uygulamaları), parametreler üzerindeki etkilerine bakıldığında; yakıt tüketim miktarları bakımından, retardant uygulanan yakıtlarda yakıt tüketim miktarının daha düşük olduğu,

köpük uygulanan yakıtların ise yakıt tüketim miktarı retardant'a göre yüksek suya göre daha düşük olduğu görülmüştür. Retardantın, köpük ve suya göre kimyasal içeriğinin etkisiyle yakıt üzerini iyi bir şekilde kaplayarak, yakıtın oksijenle temasını kesmesi, yakıtı daha çok ıslatarak tutuşma süresini uzatması, hatta alevlerin bazı yakıtları tutuşturamamasını sağladığı yakma deneylerinde görülmüştür. Yunanistan'da yapılan bir çalışmada, *Pinus halepensis* ibrelerine uygulanan reterdantın tutuşma süresini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır (Liodakis vd., 2002). Bu yüzden retardant uygulanan yakıtlardaki, yakıt tüketim miktarı düşük olduğu düşünülmektedir. Yangın yayılma oranı açısından, retardant uygulanan yakıtlardaki yangın yayılma oranının düşük olduğu, bu alanlarda yangının daha yavaş yayıldığı görülmüştür. Ayrıca retardant uygulanan yakıtlardaki yanmalarda ortalama alev boylarının, diğer kimyasallara göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Retardantın, yangın davranışı parametreleri üzerindeki etkileri üzerine İspanya'da Àgueda vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada da yayılma oranı %63, yakıt tüketim oranı %36, alev uzunluğu %54 ve yangın yoğunluğu %54 oranının da azaldığı belirlenmiştir.

Açık alan yakma deneyleri sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde, kimyasal uygulamalarının, yangın yayılma oranı üzerindeki etkisinin incelenmesi sonucunda oluşan üç grubun birbirinden farklı olduğu, birinci grubu retardant ve köpüğün oluşturduğu görülmüştür. Birinci gruptaki yangın yayılma oranı, diğer gruplara göre düşük olduğundan dolayı, bu gruplardaki uygulanan kimyasal maddenin etkisiyle yangının daha yavaş yayıldığı belirlenmiştir. İkinci grubu su, üçüncü grubu ise kontrol oluşturmaktadır. Su uygulanan kısımlardaki yangın yayılma oranı, kontrol grubuna göre daha düşük olduğundan dolayı bu kısımlardaki yangınlar kontrol grubuna göre daha yavaş yayılmıştır. Bu konuyla ilgili olarak, Vega vd., (2007) tarafından makilik ve çalılık alanlarda yapılan çalışma sonucunda, retardatın %63, köpüğün %53 ve suyun %25 oranında yangın yayılımını azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Yine kimyasal uygulamalarının yakıt tüketim miktarı üzerindeki etkisi incelendiğinde, 1. grubun (retardant) diğer gruplardan farklı olduğu, bu gruptaki yakıtlara uygulanan, retardantın, yakıt yatağındaki yakıta etkisiyle, yanmasını geciktirerek ya da bu yakıtları yakmayarak yakıt tüketim miktarını düşürdüğü görülmüştür. Kimyasal uygulamaların, ortalama alev boyu üzerinde önemli farkların olduğu, bu farkların karşılaştırılması sonucunda 4 farklı grubun olduğu görülmüştür. Ortalama alev boyunun, retardant uygulanan kimyasallarda daha düşük, sırasıyla köpükte retardanta göre daha yüksek, su da ise köpüğe göre daha yüksek alev boylarının olduğu görülmüştür. *Pinus taeda* plantasyon sahalarında retardantın yangın yayılma oranı ve alev uzunluğu parametrelerinde etkili olduğu Batista vd. (2008) tarafından da saptanmıştır.

Yakıt tiplerinin yakıt tüketim miktarı, ortalama alev boyları ve yangın yayılma oranları üzerine etkileri incelendiğinde, istatistiki olarak anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır.

Sonuç olarak, suyun, iyi bir yangın söndürme materyali olmasına rağmen, yapılan çalışmalarında gösterdiği gibi yangın söndürme de suyun etkisini artırmak için yangın söndürme kimyasallarıyla birlikte kullanılması yangın söndürme başarısını arttıracaktır. Bu söndürme materyallerinden retardant, köpük ve suya göre yangın söndürme/bastırma açısından daha iyi performans gösterdiği bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda görülmüştür. Daha öncede belirtilmiş olduğu gibi, retardant birçok ülkede yangın söndürme çalışmalarında kullanılmasına rağmen uzun zamandır ülkemizde kullanılmamaktadır. Bunun sebebi de; köpüğe göre daha pahalı, suyla karışım oranının yüksek düzeyde olmasından dolayı ve ayrıca retardantı yangın sahasına uygulayacak ekipmanların olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak hâlihazırda retardantın kullanımı için şartlar uygun olmasada, gerekli çalışmalar yapılarak retardant kullanımına en kısa zamanda geçilmelidir. Orman yangınlarının söndürülmesi konusunda büyük yatırımlar yapılmaktadır. Bu yatırımlar içerisine retardant kimyasalının da dâhil edilerek söndürme başarısının artırılması ülkemiz açısından önemlidir. Bu yüzden retardant kullanımının yaygınlaştırılarak, retardant uygulamasında kullanılacak hava araçları ve kara

araçlarını bu uygulamayı yapabilecek düzeye getirerek, büyüyen yangınlarda kullanılması, yangının kontrol altına alınması ve söndürülmesinde büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yangın söndürme köpüğü de, yangın davranışı parametreleri üzerinde retardanta göre düşük, ancak suya göre daha iyi performans göstermiştir. Ayrıca köpüğün, yangın söndürmede ve bastırmada etkili olduğu Schlobohm ve Rochna (1987) tarafından da bulunmuştur. Köpük son zamanlarda yoğun şekilde yangın söndürme çalışmalarında kullanılmaktadır. Yoğun kullanılmasının sebebi retardanta göre daha ucuz ve suyla karışım oranının daha düşük düzeyde olmasıdır. Bundan dolayı, ülkemizde yangın söndürmede retardantın yerini almıştır. Köpük birçok yangında, hava ve kara araçlarının yardımıyla yangın söndürme çalışmalarında kullanılmaktadır. Köpük ekonomik olmasından dolayı tüm yangın söndürme çalışmalarında kullanılmalı, ancak soğutma çalışmalarında, söndürme maliyetlerini arttırmamak için kullanılmamalıdır.

Yangın söndürme çalışmalarında önemli olan, hangi kimyasalı ne zaman ve nerede uygulanacağını bilmek ve buna karar vermektir. Bu yüzden yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilerde retardantın, köpüğün ve suyun yangın davranışı parametrelerinde nasıl değişiklikler yaptığı açıklanmıştır. Buradan hareketle, yangın amiri yangının durumuna (yeni çıkmış, küçük, orta ve büyük ölçekli yangınlarda) göre; hangi kimyasalı nerede ve nasıl kullanacağı konusunda doğru stratejiyi belirleyerek, yangının türüne göre uygun kimyasalı tercih edip söndürme çalışmalarında kullanılmalıdır. Bu şekilde yürütülen faaliyetlerin yangın söndürme başarısını arttıracığı düşünülmektedir.

Ülkemizde, yangın söndürme çalışmalarında kullanılan kimyasallar konusunda maalesef yapılmış çalışmalar bulunmamaktadır. Bundan dolayı, bu kimyasallar üzerine yeni çalışmalar başlatılması ülkemiz bilimine ve ormancılık mesleğine katkılar sağlayacağından dolayı önemlidir.

KAYNAKLAR

- Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, 2016. Antalya Orman İşletme Müdürlükleri. Erişim Tarihi: 01.09.2016 <http://antalyaobm.ogm.gov.tr/Sayfalar/OrmanIsletmeMudurlukleri.aspx>
- Agueda, E., Pastor, E., Planas, 2008. Different scales for studying the effectiveness of long- term forest fire retardants. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34, 782–796.
- Àgueda, E., 2009. Effects of long-term forest fire retardants on fire intensity, heat of combustion of the fuel. Centre d'Estudis del Risc Tecnològic Department of Chemical Engineering Universitat Politècnica de Catalunya, Doctor of Philosophy, 15-16 September, Barcelona.
- Agueda, E., Pastor, Y., Pe´rez, D. X., Viegas, E., Planas, E., 2010. Characterization of Laboratory-Scale Firespropagating Under The Effect of A Long-Term Retardant, *Combustion Science and Technology*, 82(8), 1083-1103.
- Agueda, E., Pastor, Y., Pe´rez, D. X., Viegas, E., Planas, E., 2011. Fire intensity reduction in straw fuel beds treated with a long-term retardant. *Fire Safety Journal*, 46(1-2), 41-47.
- Avcı, M., Korkmaz, M., Alkan, H., 2009. Türkiye'de Orman Yangınlarının Nedenleri Üzerine Bir Değerlendirme. I. Orman Yangınları İle Mücadele Sempozyumu, 07-10 Ocak, Antalya, 33-45.
- Batista, C. A., Martini, A., Pereira, F. J., Ferreira, J., 2008. Assessment of efficiency of polyphosphate ammonium fire retardant, in control burnings under laboratory conditions. *Scientia Forestalis*, 36(79), 223-229.
- Bilgili, E., 1998. A state dependent model of forest floor development. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(4), 323-328.
- Bilgili, E., Küçük, Ö., 2001. Yanıcı Madde Durumunun Yangın Hassasiyet Sınıflarının Belirlenmesindeki Önemi. I. Ulusal Ormancılık Kongresi, 19-20 Mart, Ankara, 530-535.
- Bilgili, E., Küçük, Ö., Sağlam, B., 2002. Yangın Davranışının Tahmini ve Yangınlarla Mücadeledeki Önemi, *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 2, No:2, Kastamonu.
- Durmaz, B.D., 2014. Aralama Görmüş Genç Kızılçam Ağa landı rma Alanlarında Yangın Davranışı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Eron, Z., 1988. Orman Yangınları ve Mücadele Yöntemleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi: 56, Ankara.

- Ertuğrul, M., 2007. Orman yangınlarında kullanılan kimyasal maddeler. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9(12), 15-19.
- Field, A. P., 2009. Discovering statistics using SPSS. Sage publications, London, England.
- Giménez, A., Pastor, E., Zárate, L., Planas, E., Arnaldos, J., 2004. Long-term forest fire retardants: a review of quality, effectiveness, application and environmental considerations. International Journal of Wildland Fire, 2004, 13, 1-15.
- Göktepe, S., Avcı, M., 2015. Muğla-Fethiye ormanlarında yangın sorunu, yangınların dağılımı ve yangınlar üzerinde etkili olan faktörler. Turkish Journal of Forestry, 16(2), 130-140.
- Kalaycı, Ş., 2010. Faktör analizi. (Ed. Şeref Kalaycı) SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Küçük, Ö., Ünal, S., 2005. Yangın Hassasiyet Derecesinin Belirlenmesi: Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 6(1-2), 28-34.
- Küçükosmanoğlu, A., 1985. Orman Yangınları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 35(1), 116-124.
- Küçükosmanoğlu, A., 1986. Türkiye Ormanlarında Çıkan Büyük Yangınlara Karşı Alınabilecek Önlemler. Orman Mühendisliği Dergisi, 5, 6-8.
- Küçükosmanoğlu, A., 1987. Türkiye Ormanlarında Çıkan Yangınların Sınıflandırılması İle Büyük Yangınların Çıkma ve Gelişme Nedenleri. OGM Matbaası, VI+245, Ankara.
- Küçükosmanoğlu, A., 1989. Türkiye'de Çıkan Büyük Yangınların Yangın Sonrası Sorunları. Orman Yangınlarıyla Savaş Semineri, 28, 150-157.
- Larson, D.L., Newton, W.E., 1996. Effects of fire retardant chemicals and fire suppressant foam on North Dakota prairie vegetation. Proceedings of the North Dakota Academy of Science, 50, 137-144.
- Liodakis, S., Bakirtzis, D., Loisb, E., Gakis, D., 2002. The effect of (NH₄) H₂PO₄ and (NH₄) S₂O₄ on the spontaneous ignition properties of *Pinus halepensis* pine needles. Fire Safety Journal, 37, 481-494.
- Liodakis, S., Bakirtzis, D., Dimitrakopoulos, A.P., 2003. Autoignition and thermogravimetric analysis of forest species treated with fire retardants. Thermochimica Acta, 399, 31-42.

- Lioudakis, S., Vorisis, D., Agiovlaitis, I., 2006. Testing the retardancy effect of various inorganic chemicals on smoldering combustion of *Pinus halepensis* needles. *Thermochim Acta*, 444(2),157-165.
- McDonald, S.F., Hamilton, S.J., Buhl, K.J., Heisinger, J.F., 1996. Acute toxicity of fire control chemicals to *Daphnia magna* (Straus) and *Selenastrum capricornutum* (Printz). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 33, 62-72.
- Rawet, D., Smith, R., Kravainis, G., 1996. A comparison of water additives for mopping-up after forest fires. *International Journal of Wildland Fire*, 6, 37-43.
- Özdamar, K., 2010. PASW ile Biyoistatistik (8. Baskı). Eskişehir: Kaan Kitabevi.
- Sclobohm, P., Rochna, R., 1987. Foam as a Fire Suppressant: An Evaluation. Gen. Tech. Rep. PSW-101 Berkeley, CA. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Şirin, G., Neyişçi, T., 1997. Yangın yönetimi ve silvikültür. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Yayın no: 096, 3, 33-54.
- USDA, 1994. Kontrolsüz doğal yangınların risk kıyaslaması ve yangın söndürme kimyasallarının kullanılışı. Labat-Anderson Ltd. (Çev.). Arlington, Virginia, 19-36.
- Vega, J. A., Cuñas, P., Fonturbel, T., Pérez, J.R., Vega, D.J., Pérez-Gorostiaga, P., Fernández, C., Jiménez, E., 2007. Comparing the effect of polyphosphate and foam addition to water on fire propagation in shrubland. *Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference*, 14-17 May, Sevilla, Spain, 13-17.

EK A. Tablolar

Çizelge A.1. Laboratuvar deneyleri için, uygulamaya giren veri sayısı

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Alev Boyu	143	99,3%	1	0,7%	144	100,0%
log_Alev boyu	143	99,3%	1	0,7%	144	100,0%

Çizelge A.2. Laboratuvar deneyleri için, dönüşümsüz ve dönüşümlü normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Alev Boyu	,105	143	,001	,962	143	,001
log_alev	,049	143	,200*	,990	143	,410

Çizelge A.3. Laboratuvar deneyleri için, tanıttıcı istatistikler

			Statistic	Std. Error
Alev Boyu	Mean		32,0960	,83950
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	30,4365	
		Upper Bound	33,7555	
	5% Trimmed Mean		31,6259	
	Median		30,7961	
	Variance		100,780	
	Std. Deviation		10,03894	
	Minimum		13,68	
	Maximum		66,69	
	Range		53,01	
	Interquartile Range		12,54	
	Skewness		,741	,203
	Kurtosis		,618	,403
log_alev	Mean		1,49	,011
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	1,46	
		Upper Bound	1,51	
	5% Trimmed Mean		1,49	
	Median		1,49	
	Variance		,019	
	Std. Deviation		,136	
	Minimum		1	
	Maximum		2	
	Range		1	
	Interquartile Range		0	
	Skewness		-,144	,203
	Kurtosis		-,054	,403

Çizelge A.4. Açık alan deneyleri için, uygulamaya giren toplam veri sayısı

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Yakıt Tüketim	44	91,7%	4	8,3%	48	100,0%
Yangın Yayılma Oranı	44	91,7%	4	8,3%	48	100,0%
KK Yangın Yayılma Oranı	42	87,5%	6	12,5%	48	100,0%
Alev Boyu	44	91,7%	4	8,3%	48	100,0%
Ln Alev Boyu	44	91,7%	4	8,3%	48	100,0%

Çizelge A.5. Açık alan deneyleri için, dönüşümsüz ve dönüşümlü normallik testi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Yakıt Tüketim	,202	44	,000	,884	44	,000
Yangın Yayılma Oranı	,218	42	,006	,905	42	,002
KK Yangın Yayılma Oranı	,164	42	,006	,905	42	,072
Alev Boyu	,107	44	,200*	,953	44	,072
Ln Alev Boyu	,093	44	,200*	,977	44	,523

Çizelge A.6. Açık alan deneyleri için, tanıtıcı istatistikler

		Statistic	Std. Error
Yakıt Tüketim	Mean	2,26914	,008048
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	2,25291
		Upper Bound	2,28537
	5% Trimmed Mean	2,27196	
	Median	2,29150	
	Variance	,003	
	Std. Deviation	,053382	
	Minimum	2,134	
	Maximum	2,338	
	Range	,204	
	Interquartile Range	,092	
	Skewness	-,867	,357
	Kurtosis	-,392	,702
Yangın Yayılma Oranı	Mean	,23812	,021016,
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,19568
		Upper Bound	,28056
	5% Trimmed Mean	,22455	
	Median	,21950	
	Variance	,019	
	Std. Deviation	,136201	
	Minimum	,076	
	Maximum	,862	
	Range	,786	
	Interquartile Range	,106	
	Skewness	,2566	,365
	Kurtosis	9,903	,717
kk_YYO	Mean	,47306	,018698
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	,43530
		Upper Bound	,51082
	5% Trimmed Mean	,46615	
	Median	,46851	
	Variance	,015	
	Std. Deviation	,12179	
	Minimum	,276	
	Maximum	,928	
	Range	,653	
	Interquartile Range	,118	
	Skewness	,1351	,365
	Kurtosis	3,663	,717
Alev Boyu	Mean	50,4822	2,33488
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	45,7735
		Upper Bound	55,1909
	5% Trimmed Mean	49,9040	
	Median	48,8543	
	Variance	239,873	
	Std. Deviation	15,48783	
	Minimum	25,65	
	Maximum	87,66	
	Range	62,01	

	Interquartile Range		19,11	
	Skewness		,611	,357
	Kurtosis		,022	,702
ln_alev	Mean		3,8758	,04649
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3,7820	
		Upper Bound	3,9696	
	5% Trimmed Mean		3,8778	
	Median		3,8888	
	Variance		,095	
	Std. Deviation		,30841	
	Minimum		3,24	
	Maximum		4,47	
	Range		1,23	
	Interquartile Range		,40	
	Skewness		-,108	,357
	Kurtosis		-,369	,702

Çizelge B.1. Yanıcı tipine göre laboratuvar yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları

Laboratuvar Yangın Yayılma Oranı (m/dk)					
Yanıcı Tipine göre	Deney no	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	İbre
	1	0,10	0,17	0,09	1,72
	2	0,12	0,20	0,09	1,72
	3	0,10	0,33	0,08	1,67
	4	0,05	0,20	0,06	0,45
	5	0,04	0,14	0,09	0,49
	6	0,03	0,20	0,09	1,35
	7	0,12	0,20	0,08	0,86
	8	0,12	0,16	0,08	1,85
	9	0,07	0,21	0,09	2,50
	10	1,22	0,45	0,24	5,56
	11	2,38	0,94	0,24	5,56
	12	3,57	1,52	0,25	6,25
	13	0,34	0,23	0,20	2,38
	14	0,20	0,22	0,23	2,63
	15	0,41	0,20	0,19	3,57
	16	0,08	0,16	0,14	2,63
	17	0,12	0,23	0,15	2,50
	18	0,23	0,16	0,15	2,78
	19	0,22	0,22	0,15	3,57
	20	0,21	0,20	0,15	2,78
	21	0,15	0,16	0,16	2,08
	22	4,55	1,92	0,39	8,33
	23	6,25	1,11	0,40	8,33
	24	5,56	1,35	0,37	10,00
	25	1,16	2,00	0,20	10,00
	26	0,45	2,63	0,24	10,00
	27	1,06	3,33	0,20	10,00
	28	0,41	0,23	0,15	2,38
	29	0,30	0,22	0,19	5,56
	30	0,41	0,21	0,14	4,55
	31	0,32	0,21	0,17	3,85
	32	0,48	0,23	0,16	7,14
	33	0,35	0,23	0,15	6,25
	34	7,14	1,28	1,35	16,67
	35	10,00	2,08	1,14	12,50
	36	12,50	1,92	1,11	16,67
Ortama		1,69	0,71	0,26	5,20

Çizelge B.2. Kimyasal uygulamalarına göre laboratuvar yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları

Laboratuvar Yangın Yayılma Oranı (m/dk)					
Kimyasala göre	Deney No	Su	Retardant	Köpük	Kontrol
	1	0,10	0,05	0,12	1,22
	2	0,12	0,04	0,12	2,38
	3	0,10	0,03	0,07	3,57
	4	0,34	0,08	0,22	4,55
	5	0,20	0,12	0,21	6,25
	6	0,41	0,23	0,15	5,56
	7	1,16	0,41	0,32	7,14
	8	0,45	0,30	0,48	10,00
	9	1,06	0,41	0,35	12,50
	10	0,17	0,20	0,20	0,45
	11	0,20	0,14	0,16	0,94
	12	0,33	0,20	0,21	1,52
	13	0,23	0,16	0,22	1,92
	14	0,22	0,23	0,20	1,11
	15	0,20	0,16	0,16	1,35
	16	2,00	0,23	0,21	1,28
	17	2,63	0,22	0,23	2,08
	18	3,33	0,21	0,23	1,92
	19	0,09	0,06	0,08	0,24
	20	0,09	0,09	0,08	0,24
	21	0,08	0,09	0,09	0,25
	22	0,20	0,14	0,15	0,39
	23	0,23	0,15	0,15	0,40
	24	0,19	0,15	0,16	0,37
	25	0,20	0,15	0,17	1,35
	26	0,24	0,19	0,16	1,14
	27	0,20	0,14	0,15	1,11
	28	1,72	0,45	0,86	5,56
	29	1,72	0,49	1,85	5,56
	30	1,67	1,35	2,50	6,25
	31	2,38	2,63	3,57	8,33
	32	2,63	2,50	2,78	8,33
	33	3,57	2,78	2,08	10,00
	34	10,00	2,38	3,85	16,67
	35	10,00	5,56	7,14	12,50
	36	10,00	4,55	6,25	16,67
	Ortalama	1,62	0,76	1,00	4,47

Çizelge B.3. Rüzgâra göre laboratuvar yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları

Laboratuvar Yangın Yayılma Oranı (m/dk)				
Rüzgâra göre	Deney No	10 Km	20 Km	30 Km
	1	0,10	0,34	1,16
	2	0,12	0,20	0,45
	3	0,10	0,41	1,06
	4	0,05	0,08	0,41
	5	0,04	0,12	0,30
	6	0,03	0,23	0,41
	7	0,12	0,22	0,32
	8	0,12	0,21	0,48
	9	0,07	0,15	0,35
	10	1,22	4,55	7,14
	11	2,38	6,25	10,00
	12	3,57	5,56	12,50
	13	0,17	0,23	2,00
	14	0,20	0,22	2,63
	15	0,33	0,20	3,33
	16	0,20	0,16	0,23
	17	0,14	0,23	0,22
	18	0,20	0,16	0,21
	19	0,20	0,22	0,21
	20	0,16	0,20	0,23
	21	0,21	0,16	0,23
	22	0,45	1,92	1,28
	23	0,94	1,11	2,08
	24	1,52	1,35	1,92
	25	0,09	0,20	0,20
	26	0,09	0,23	0,24
	27	0,08	0,19	0,20
	28	0,06	0,14	0,15
	29	0,09	0,15	0,19
	30	0,09	0,15	0,14
	31	0,08	0,15	0,17
	32	0,08	0,15	0,16
	33	0,09	0,16	0,15
	34	0,24	0,39	1,35
	35	0,24	0,40	1,14
	36	0,25	0,37	1,11
	37	1,72	2,38	10,00
	38	1,72	2,63	10,00
	39	1,67	3,57	10,00
	40	0,45	2,63	2,38
	41	0,49	2,50	5,56
	42	1,35	2,78	4,55
	43	0,86	3,57	3,85
	44	1,85	2,78	7,14
	45	2,50	2,08	6,25
	46	5,56	8,33	16,67
	47	5,56	8,33	12,50
	48	6,25	10,00	16,67
	Ortalama	0,92	1,64	3,33

Çizelge B.4. Yanıcı türüne göre laboratuvar yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarları ortalamaları

Laboratuvar Yakıt Tüketim Miktarı (kg/m ²)					
Yanıcı Tipine göre	Deney No	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	İbre
	1	2,056	2,298	2,335	2,300
	2	2,255	2,303	2,313	2,304
	3	2,287	2,315	2,327	2,312
	4	2,067	2,269	2,237	2,247
	5	1,749	2,253	2,229	2,265
	6	1,162	2,276	2,230	2,257
	7	2,263	2,268	2,252	2,237
	8	2,279	2,292	2,318	2,314
	9	2,257	2,274	2,272	2,291
	10	2,284	2,307	2,316	2,285
	11	2,306	2,298	2,321	2,317
	12	2,299	2,319	2,318	2,318
	13	2,274	2,320	2,308	2,308
	14	2,292	2,313	2,312	2,297
	15	2,288	2,305	2,312	2,300
	16	2,167	2,250	2,240	2,269
	17	2,203	2,271	2,273	2,251
	18	2,189	2,257	2,162	2,220
	19	2,275	2,307	2,306	2,299
	20	2,283	2,303	2,321	2,299
	21	2,254	2,276	2,292	2,302
	22	2,295	2,308	2,334	2,324
	23	2,306	2,302	2,330	2,307
	24	2,295	2,311	2,331	2,319
	25	2,237	2,309	2,306	2,310
	26	2,281	2,288	2,268	2,300
	27	2,299	2,299	2,312	2,300
	28	1,628	2,244	2,139	2,213
	29	2,011	2,252	2,289	2,243
	30	2,190	2,203	2,183	2,249
	31	2,262	2,288	2,319	2,287
	32	2,273	2,280	2,316	2,324
	33	2,278	2,296	2,307	2,323
	34	2,308	2,309	2,332	2,308
	35	2,296	2,302	2,318	2,322
	36	2,292	2,306	2,330	2,301
Ortama		2,187	2,288	2,289	2,290

Çizelge B.5. Kimyasal uygulamalarına göre laboratuvar yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarı ortalamaları

Laboratuvar Yakıt Tüketim Miktarı (kg/m ²)				
Kimyasala göre	Deney No	Su	Retardant	Köpük
	1	2,056	2,067	2,263
	2	2,255	1,749	2,279
	3	2,287	1,162	2,257
	4	2,274	2,167	2,275
	5	2,292	2,203	2,283
	6	2,288	2,189	2,254
	7	2,237	1,628	2,262
	8	2,281	2,011	2,273
	9	2,299	2,190	2,278
	10	2,298	2,269	2,268
	11	2,303	2,253	2,292
	12	2,315	2,276	2,274
	13	2,320	2,250	2,307
	14	2,313	2,271	2,303
	15	2,305	2,257	2,276
	16	2,309	2,244	2,288
	17	2,288	2,252	2,280
	18	2,299	2,203	2,296
	19	2,335	2,237	2,252
	20	2,313	2,229	2,318
	21	2,327	2,230	2,272
	22	2,308	2,240	2,306
	23	2,312	2,273	2,321
	24	2,312	2,162	2,292
	25	2,306	2,139	2,319
	26	2,268	2,289	2,316
	27	2,312	2,183	2,307
	28	2,300	2,247	2,237
	29	2,304	2,265	2,314
	30	2,312	2,257	2,291
	31	2,308	2,269	2,299
	32	2,297	2,251	2,299
	33	2,300	2,220	2,302
	34	2,310	2,213	2,287
	35	2,300	2,243	2,324
	36	2,300	2,249	2,323
	Ortalama	2,293	2,162	2,288

Çizelge B.6. Rüzgâra göre laboratuvar yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarları ortalamaları

Laboratuvar Yakıt Tüketim Miktarı (kg/m ²)				
	Deney no	10 Km	20 Km	30 Km
Rüzgâra göre	1	2,056	2,274	2,237
	2	2,255	2,292	2,281
	3	2,287	2,288	2,299
	4	2,067	2,167	1,628
	5	1,749	2,203	2,011
	6	1,162	2,189	2,190
	7	2,263	2,275	2,262
	8	2,279	2,283	2,273
	9	2,257	2,254	2,278
	10	2,284	2,295	2,308
	11	2,306	2,306	2,296
	12	2,299	2,295	2,292
	13	2,298	2,320	2,309
	14	2,303	2,313	2,288
	15	2,315	2,305	2,299
	16	2,269	2,250	2,244
	17	2,253	2,271	2,252
	18	2,276	2,257	2,203
	19	2,268	2,307	2,288
	20	2,292	2,303	2,280
	21	2,274	2,276	2,296
	22	2,307	2,308	2,309
	23	2,298	2,302	2,302
	24	2,319	2,311	2,306
	25	2,335	2,308	2,306
	26	2,313	2,312	2,268
	27	2,327	2,312	2,312
	28	2,237	2,240	2,139
	29	2,229	2,273	2,289
	30	2,230	2,162	2,183
	31	2,252	2,306	2,319
	32	2,318	2,321	2,316
	33	2,272	2,292	2,307
	34	2,316	2,334	2,332
	35	2,321	2,330	2,318
	36	2,318	2,331	2,330
	37	2,300	2,308	2,310
	38	2,304	2,297	2,300
	39	2,312	2,300	2,300
	40	2,247	2,269	2,213
	41	2,265	2,251	2,243
	42	2,257	2,220	2,249
	43	2,237	2,299	2,287
	44	2,314	2,299	2,324
	45	2,291	2,302	2,323
	46	2,285	2,324	2,308
	47	2,317	2,307	2,322
	48	2,318	2,319	2,301
	Ortalama	2,243	2,285	2,263

Çizelge B.7. Yanıcı tipine göre laboratuvar yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları

Laboratuvar Alev boyu (cm)					
	Deney no	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	İbre
Yanıcı Tipine göre	1	37,96	45,31	40,71	45,89
	2	44,64	35,30	46,54	41,47
	3	22,29	41,18	37,56	40,92
	4	30,36	30,17	20,30	32,23
	5	27,93	29,85	29,92	30,55
	6	30,06	29,42	31,39	33,35
	7	36,57	30,94	42,08	37,37
	8	44,77	29,64	22,73	36,10
	9	23,12	39,89	28,00	35,77
	10	44,48	57,67	51,13	50,44
	11	55,78	53,83	46,07	51,45
	12	65,06	47,15	45,08	50,57
	13	22,16	34,45	41,67	34,91
	14	35,98	35,50	32,65	35,30
	15	22,98	36,26	31,73	32,67
	16	23,03	23,91	23,09	30,61
	17	19,55	25,93	25,85	25,88
	18	17,47	24,19	25,00	28,86
	19	21,39	31,56	20,69	32,15
	20	33,14	31,34	27,13	0,00
	21	30,57	30,96	23,42	33,43
	22	44,48	49,04	37,22	40,06
	23	55,78	42,71	33,10	44,27
	24	70,49	46,26	49,57	42,38
	25	38,49	26,02	23,74	29,55
	26	44,85	27,37	17,07	29,97
	27	36,97	25,46	16,98	29,92
	28	16,90	21,14	19,27	25,88
	29	14,63	20,91	13,33	23,37
	30	25,42	18,03	14,03	24,48
	31	27,05	25,21	17,44	27,40
	32	29,29	26,57	22,00	28,72
	33	34,09	25,07	18,10	27,75
	34	50,29	44,88	29,72	31,25
	35	36,13	40,47	36,17	31,06
	36	45,58	39,10	35,47	32,60
Ortalama		34,99	33,96	29,89	33,57

Çizelge B.8. Kimyasal uygulamalarına göre laboratuvar yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları

Laboratuvar Alev boyu (cm)					
Kimyasala göre	Deney no	Su	Retardant	Köpük	Kontrol
	1	37,96	30,36	36,57	44,48
	2	44,64	27,93	44,77	55,78
	3	22,29	30,06	23,12	65,06
	4	22,16	23,03	21,39	44,48
	5	35,98	19,55	33,14	55,78
	6	22,98	17,47	30,57	70,49
	7	38,49	16,90	27,05	50,29
	8	44,85	14,63	29,29	36,13
	9	36,97	25,42	34,09	45,58
	10	45,31	30,17	30,94	57,67
	11	35,30	29,85	29,64	53,83
	12	41,18	29,42	39,89	47,15
	13	34,45	23,91	31,56	49,04
	14	35,50	25,93	31,34	42,71
	15	36,26	24,19	30,96	46,26
	16	26,02	21,14	25,21	44,88
	17	27,37	20,91	26,57	40,47
	18	25,46	18,03	25,07	39,10
	19	40,71	20,30	36,07	42,91
	20	46,54	29,92	24,79	43,20
	21	37,56	31,39	26,14	36,67
	22	41,67	23,09	20,64	38,00
	23	32,65	25,85	25,78	30,80
	24	31,73	25,00	28,07	40,39
	25	23,74	19,27	16,60	27,15
	26	17,07	13,33	16,82	29,46
	27	16,98	14,03	16,52	30,80
	28	45,89	32,23	37,37	50,44
	29	41,47	30,55	36,10	51,45
	30	40,92	33,35	35,77	50,57
	31	34,91	30,61	32,15	40,06
	32	35,30	25,88	0,00	44,27
	33	32,67	28,86	33,43	42,38
	34	29,55	25,88	27,40	31,25
	35	29,97	23,37	28,72	31,06
	36	29,92	24,48	27,75	32,60
Ortalama		33,96	24,62	28,37	43,96

Çizelge B.9. Rüzgâra göre laboratuvar yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları

Laboratuvar Alev boyu (cm)				
Rüzgâra göre	Deney no	10 Km	20 Km	30 Km
	1	37,96	28,30	31,08
	2	44,64	28,91	38,79
	3	22,29	28,60	38,20
	4	30,36	21,71	15,70
	5	27,93	19,20	16,62
	6	30,06	18,40	24,50
	7	36,57	30,80	24,51
	8	44,77	32,63	25,19
	9	23,12	32,05	28,55
	10	44,48	51,34	43,12
	11	55,78	55,60	30,49
	12	65,06	57,69	34,05
	13	45,31	34,45	26,02
	14	35,30	35,50	27,37
	15	41,18	36,26	25,46
	16	30,17	23,91	21,14
	17	29,85	25,93	20,91
	18	29,42	24,19	18,03
	19	30,94	31,56	25,21
	20	29,64	31,34	26,57
	21	39,89	30,96	25,07
	22	57,67	49,04	44,88
	23	53,83	42,71	40,47
	24	47,15	46,26	39,10
	25	32,92	30,82	19,10
	26	34,17	32,26	17,14
	27	29,81	29,05	15,11
	28	21,09	21,65	18,53
	29	28,01	22,53	13,68
	30	25,80	20,95	15,46
	31	36,07	20,64	16,60
	32	24,79	25,78	16,82
	33	26,14	28,07	16,52
	34	42,91	38,00	27,15
	35	43,20	30,80	29,46
	36	36,67	40,39	30,80
	37	45,89	34,91	29,55
	38	41,47	35,30	29,97
	39	40,92	32,67	29,92
	40	32,23	30,61	25,88
	41	30,55	25,88	23,37
	42	33,35	28,86	24,48
	43	37,37	32,15	27,40
	44	36,10	0,00	28,72
	45	35,77	33,43	27,75
	46	50,44	40,06	31,25
	47	51,45	44,27	31,06
	48	50,57	42,38	32,60
	Ortalama	37,52	32,06	26,44

Çizelge B.10. Yanıcı tipine göre açık alan yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları

Açık alan Yangın Yayılma Oranı(m/dk)					
Yanıcı Tipine	Deney no	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	İbre
	1	0,08	0,33	0,25	0,26
	2	0,24	0,43	0,22	0,36
	3	0,39	0,23	0,22	0,27
	4	0,08	0,20	0,12	0,24
	5	0,14	0,20	0,14	0,15
	6	0,15	0,21	0,12	0,16
	7	0,16	0,25	0,15	0,21
	8	0,10	0,25	0,12	0,23
	9	0,17	0,25	0,14	0,22
	10	0,44	0,38	0,23	2,17
	11	1,28	1,02	0,44	3,13
	12	0,86	1,11	0,22	1,47
Ortama		0,34	0,40	0,20	0,74

Çizelge B.11. Kimyasal uygulamalarına göre açık alan yakma deneylerindeki yangın yayılma oranı ortalamaları

Açık alan Yangın Yayılma Oranı (m/dk)					
Kimyasal	Deney no	Su	Retardant	Köpük	Kontrol
	1	0,08	0,08	0,16	0,44
	2	0,24	0,14	0,10	1,28
	3	0,39	0,15	0,17	0,86
	4	0,33	0,20	0,25	0,38
	5	0,43	0,20	0,25	1,02
	6	0,23	0,21	0,25	1,11
	7	0,25	0,12	0,15	0,23
	8	0,22	0,14	0,12	0,44
	9	0,22	0,12	0,14	0,22
	10	0,26	0,24	0,21	2,17
	11	0,36	0,15	0,23	3,13
	12	0,27	0,16	0,22	1,47
Ortama		0,27	0,16	0,19	1,06

Çizelge B.12. Yanıcı tipine göre açık alan yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarı ortalamaları

Açık alan Yakıt tüketim miktarı (kg/m ²)					
Yanıcı Tipine	Deney no	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	İbre
	1	2,29	2,33	2,26	2,31
	2	2,30	2,33	2,34	2,32
	3	2,29	2,30	2,21	2,33
	4	2,16	2,25	2,20	2,30
	5	2,17	2,17	2,19	2,19
	6	2,21	2,20	2,13	2,19
	7	2,29	2,29	2,28	2,29
	8	2,26	2,31	2,22	2,30
	9	2,30	2,31	2,26	2,30
	10	2,31	2,33	2,28	2,28
	11	2,28	2,32	2,21	2,26
	12	2,31	2,29	2,27	2,28
Ortalama		2,27	2,28	2,24	2,28

Çizelge B.13. Kimyasal uygulamalarına göre açık alan yakma deneylerindeki yakıt tüketim miktarı ortalamaları

Açık alan Yakıt tüketim miktarı (kg/m ²)					
	Deney no	Su	Retardant	Köpük	Kontrol
Kimyasal	1	2,29	2,16	2,29	2,31
	2	2,30	2,17	2,26	2,28
	3	2,29	2,21	2,30	2,31
	4	2,33	2,25	2,29	2,33
	5	2,33	2,17	2,31	2,32
	6	2,30	2,20	2,31	2,29
	7	2,26	2,20	2,28	2,28
	8	2,34	2,19	2,22	2,21
	9	2,21	2,13	2,26	2,27
	10	2,31	2,30	2,29	2,28
	11	2,32	2,19	2,30	2,26
	12	2,33	2,19	2,30	2,28
Ortalama		2,30	2,20	2,28	2,29

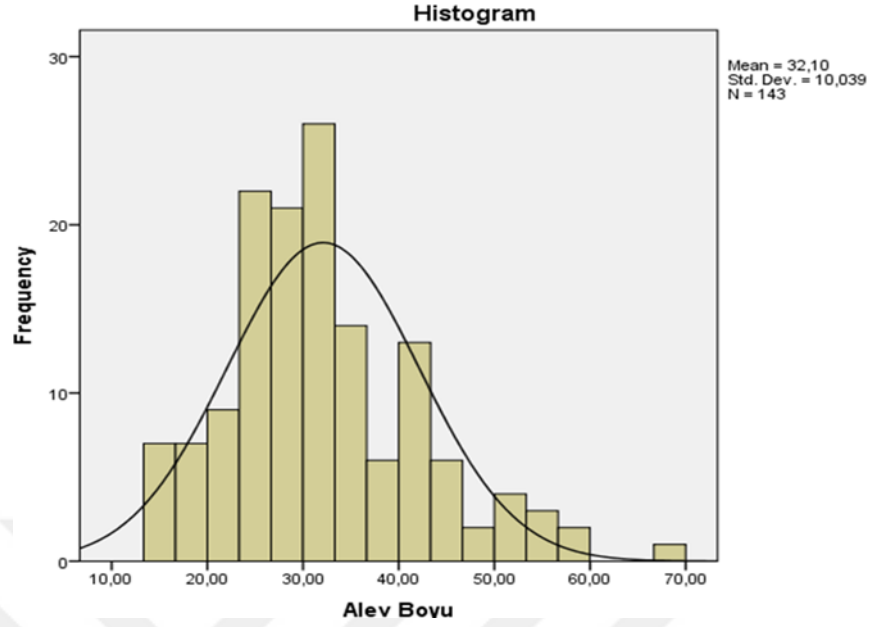
Çizelge B.14. Yanıcı tipine göre açık alan yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları

Açık alan Alev boyu (cm)					
Yanıcı Tipine	Deney no	0,0-0,3	0,3-0,6	0,6-1,0	İbre
	1	0,00	60,14	49,09	57,41
	2	48,59	53,16	44,48	59,70
	3	41,28	48,62	47,01	57,60
	4	29,09	36,04	38,16	47,52
	5	26,93	28,00	32,61	37,35
	6	25,65	34,15	40,27	37,45
	7	30,52	52,82	46,62	50,23
	8	33,12	46,95	45,71	50,09
	9	29,38	39,28	42,10	54,39
	10	72,43	67,13	55,21	83,15
	11	87,66	56,21	52,04	75,94
	12	80,13	60,06	54,04	80,03
Ortalama		42,06	48,55	45,61	57,57

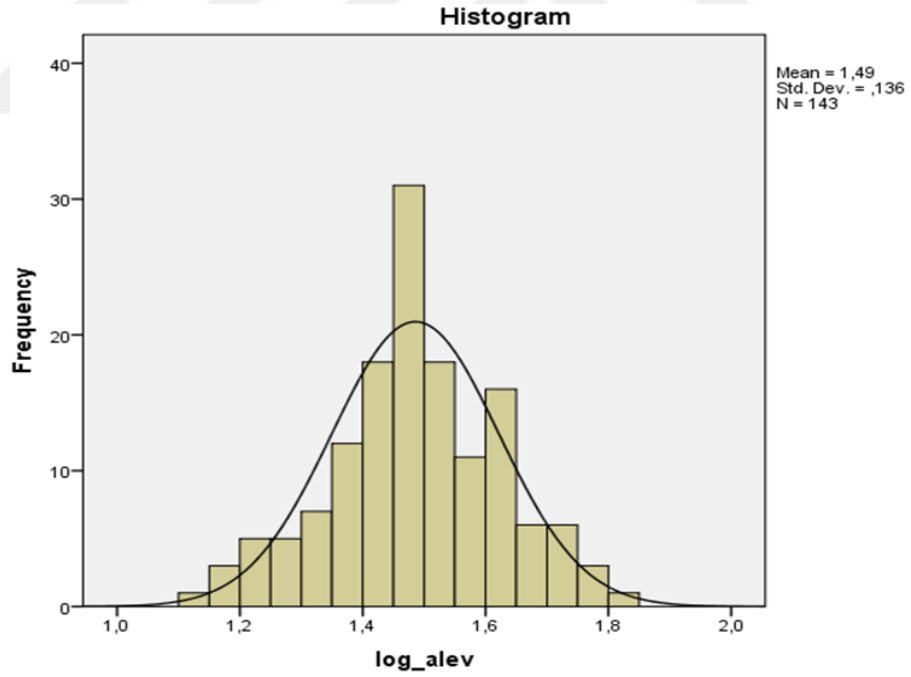
Çizelge B.15. Kimyasal uygulamalarına göre açık alan yakma deneylerindeki alev boyu ortalamaları

Açık alan Alev boyu (cm)					
Kimyasal	Deney no	Su	Retardant	Köpük	Kontrol
	1	0,00	29,09	30,52	72,43
	2	48,59	26,93	33,12	87,66
	3	41,28	25,65	29,38	80,13
	4	60,14	36,04	52,82	67,13
	5	53,16	28,00	46,95	56,21
	6	48,62	34,15	39,28	60,06
	7	49,09	38,16	46,62	55,21
	8	44,48	32,61	45,71	52,04
	9	47,01	40,27	42,10	54,04
	10	57,41	47,52	50,23	83,15
	11	59,70	37,35	50,09	75,94
	12	57,60	37,45	54,39	80,03
Ortalama		47,26	34,44	43,43	68,67

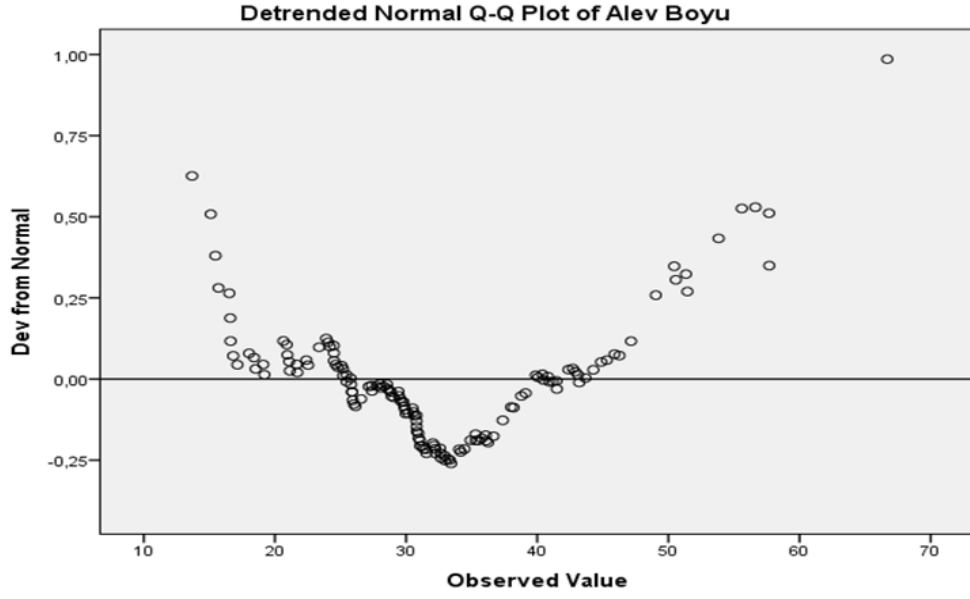
EK B. Grafikler



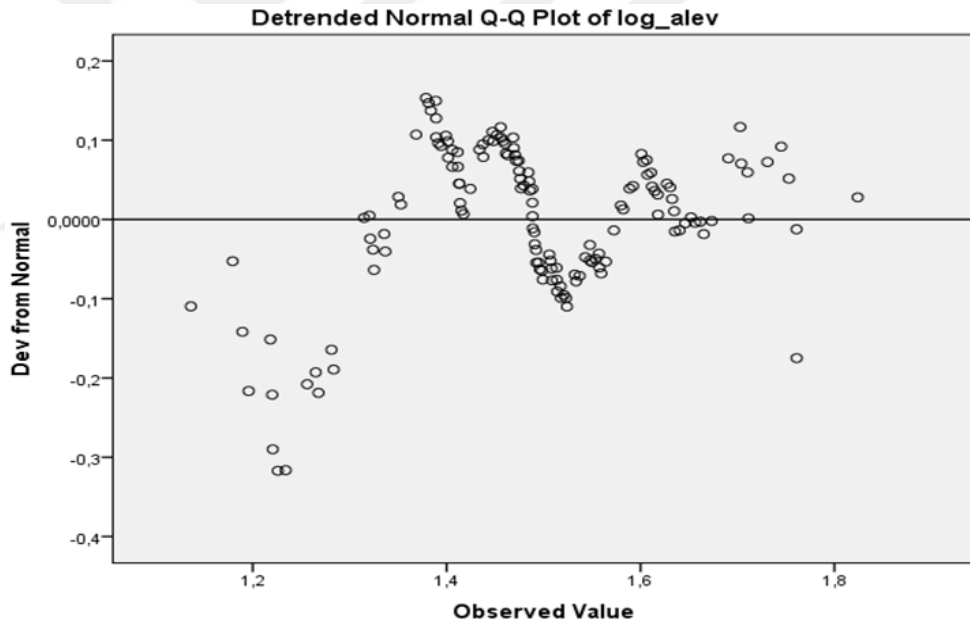
Şekil B.1. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme öncesi verilerin histogramla gösterimi



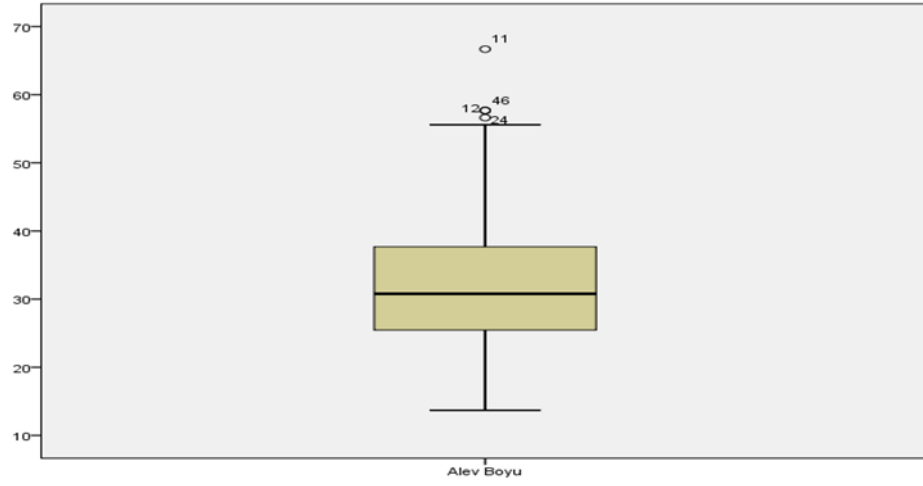
Şekil B.2. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme sonrası verilerin histogramla gösterimi



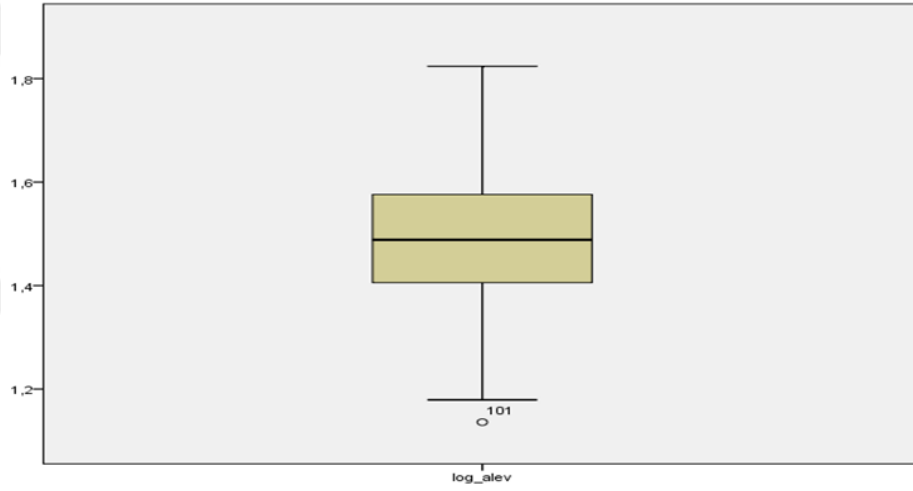
Şekil B.3. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme öncesi verilerin trendsiz normallik grafiği



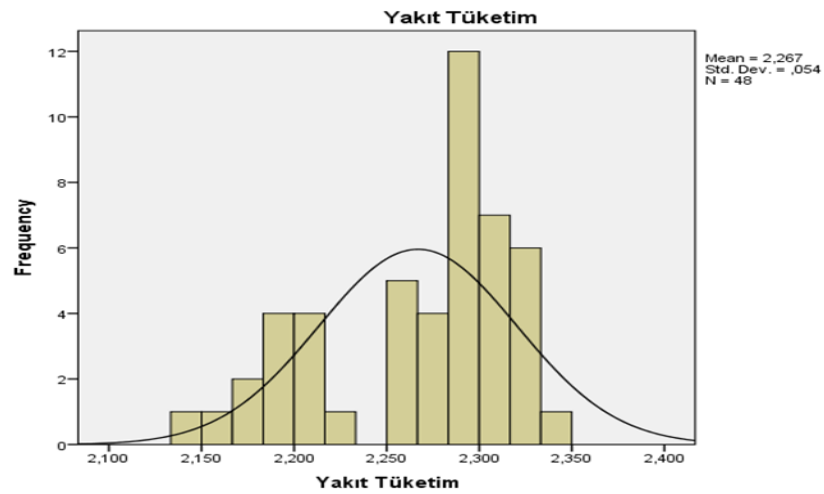
Şekil B.4. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme sonrası verilerin trendsiz normallik grafiği



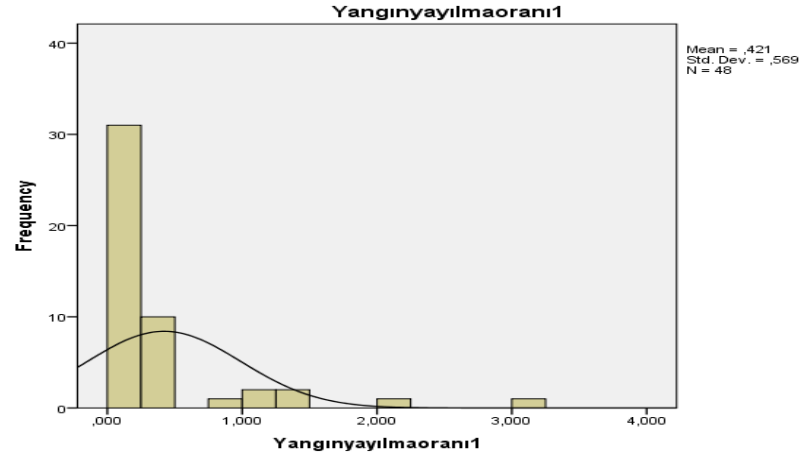
Şekil B.5. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme öncesi verilerin saplı kutu diyagramı



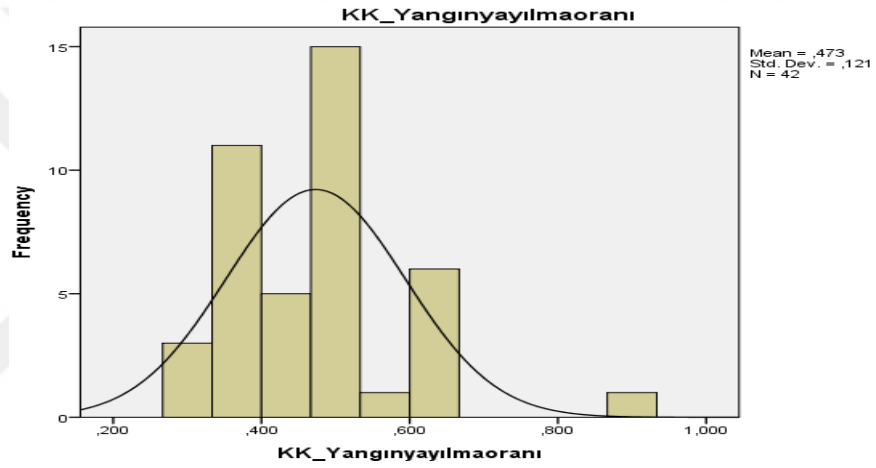
Şekil B.6. Laboratuvar deneyleri için, normalleştirme sonrası verilerin saplı kutu diyagramı



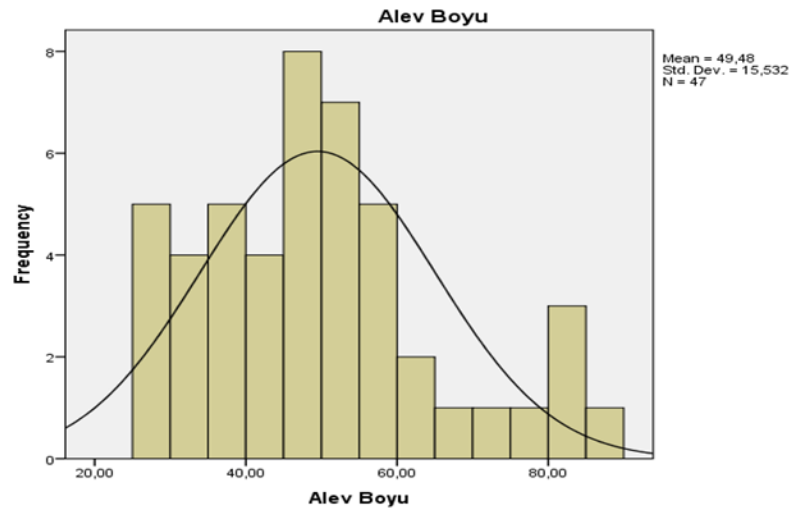
Şekil B.7. Açık alan deneyleri için, yakıt tüketim miktarı verilerinin histogram grafiği



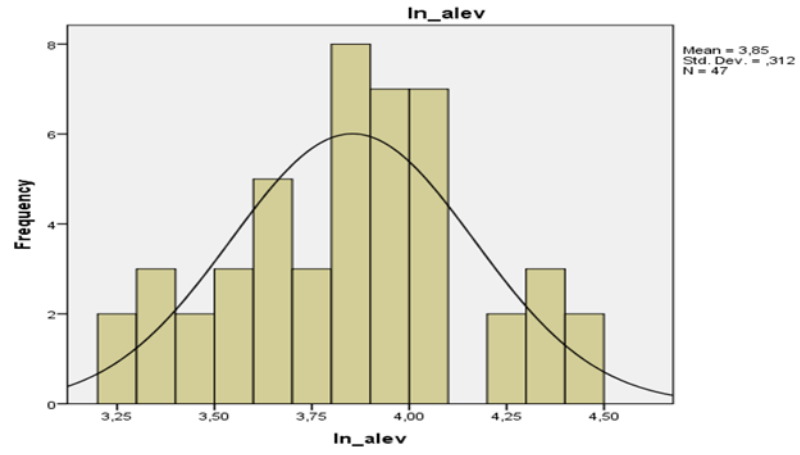
Şekil B.8. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme öncesi histogramla gösterimi



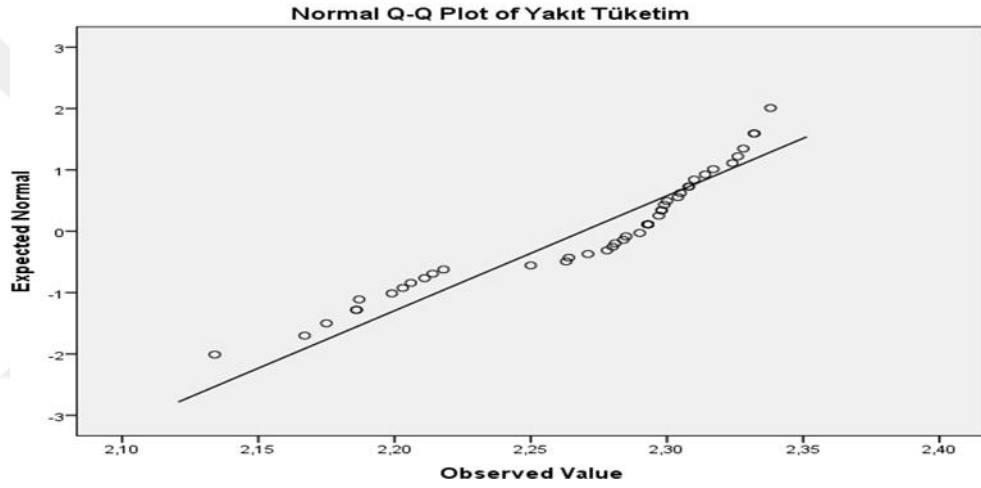
Şekil B.9. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme sonrası histogramla gösterimi



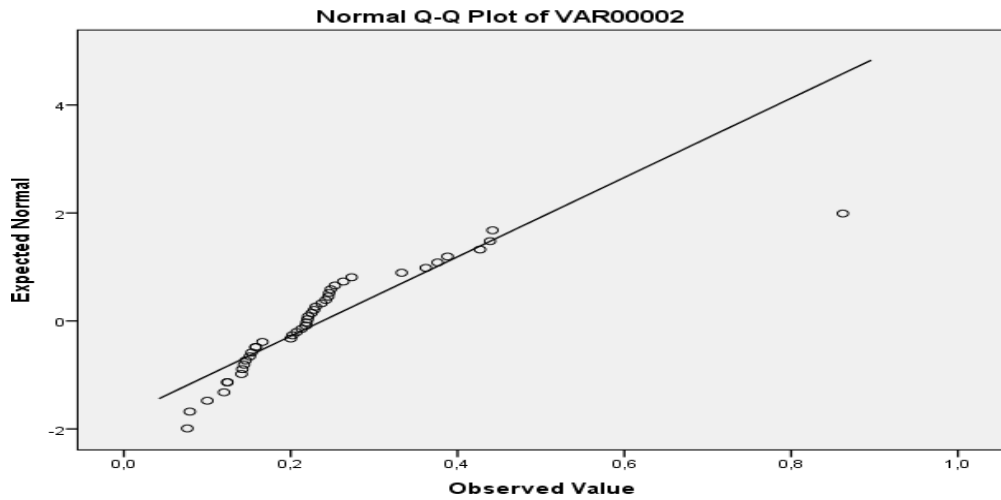
Şekil B.10. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme öncesi histogramla gösterimi



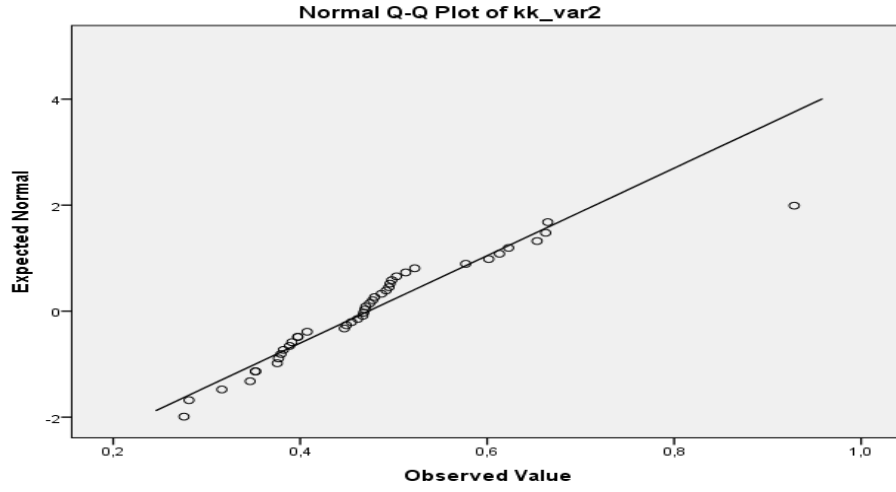
Şekil B.11. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme sonrası histogramla gösterimi



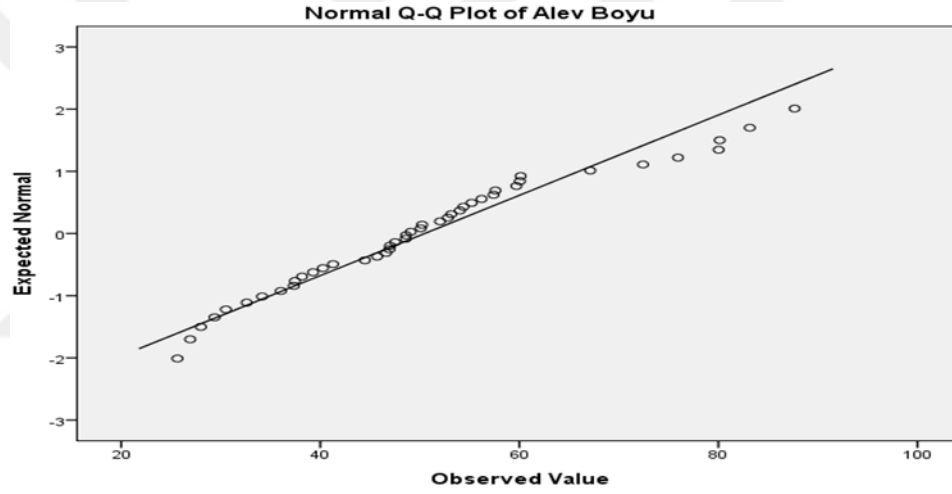
Şekil B.12. Açık alan deneyleri için, yakıt tüketim miktarı verilerinin normal dağılım grafiği



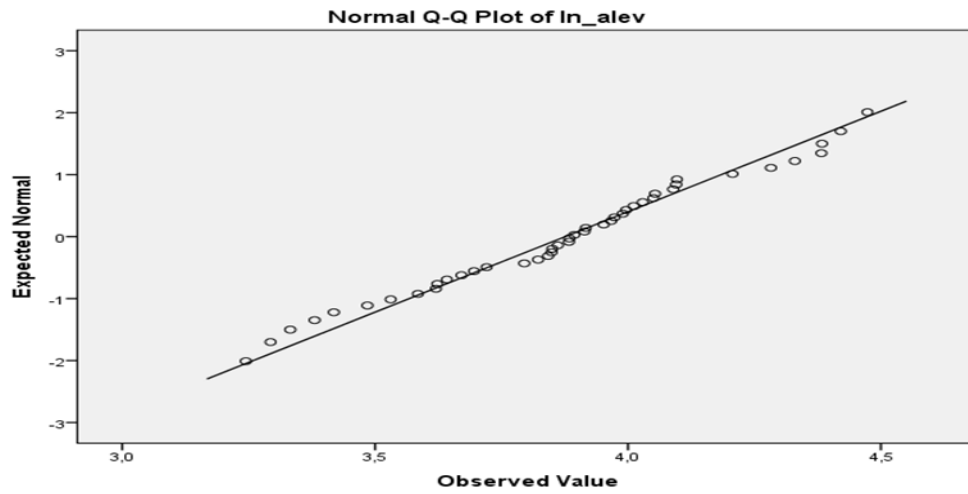
Şekil B.13. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme öncesi normal dağılım grafiği



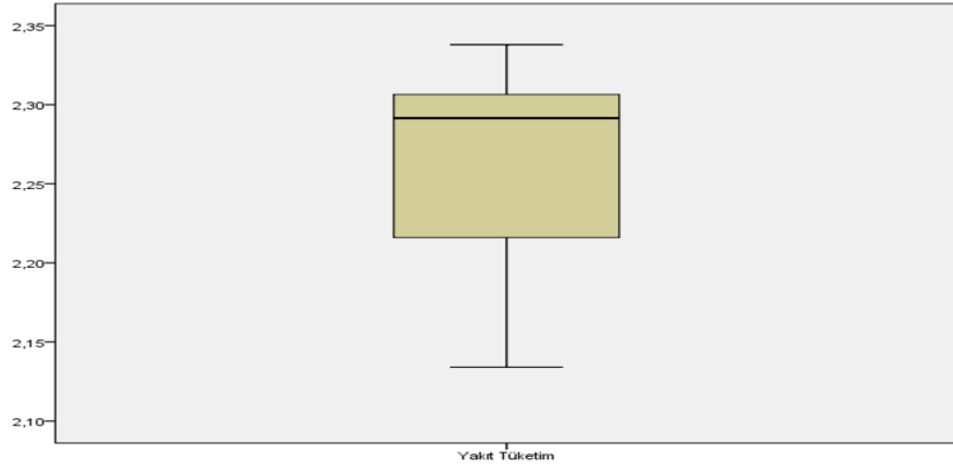
Şekil B.14. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme sonrası normal dağılım grafiği



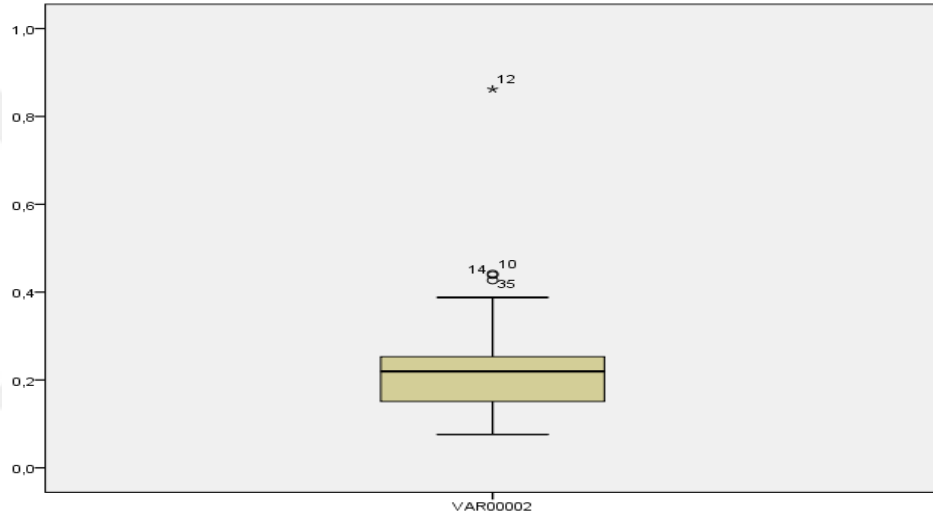
Şekil B.15. Açık alan alev boyu verilerinin normalleştirme öncesi normal dağılım grafiği



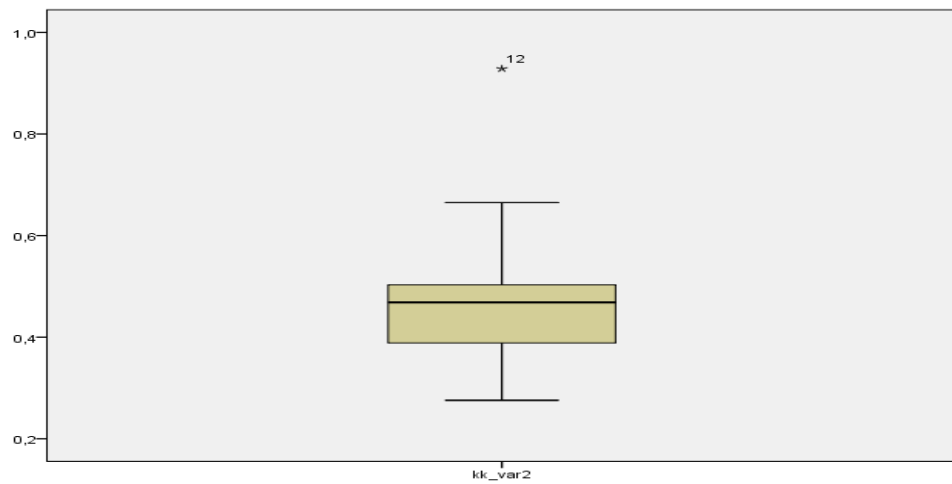
Şekil B.16. Açık alan deneyleri için, alev boyu verilerinin normalleştirme sonrası normal dağılım grafiği



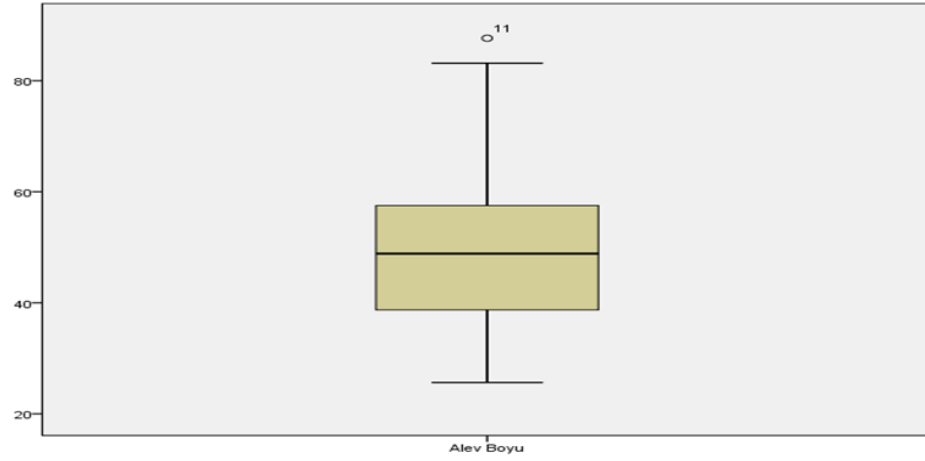
Şekil B.17. Açık alan deneyleri için, yakıt tüketim miktarı verilerinin saplı kutu diyagramı



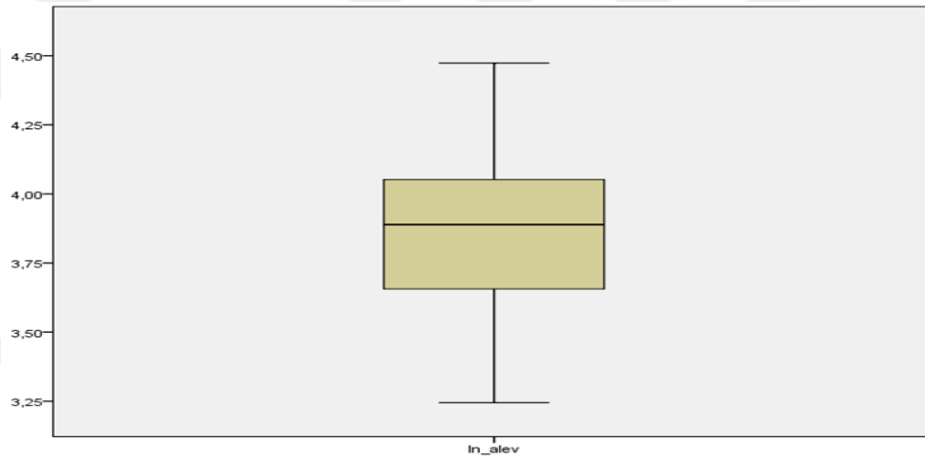
Şekil B.18. Açık alan deneyleri için yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme öncesi saplı kutu diyagramı



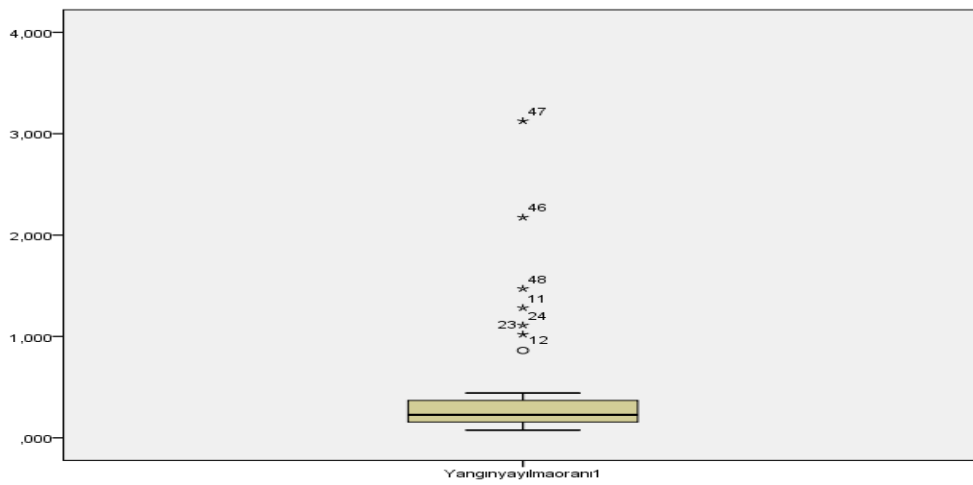
Şekil B.19. Açık alan deneyleri için, yangın yayılma oranı verilerinin normalleştirme sonrası saplı kutu diyagramı



Şekil B.20. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme öncesi saplı kutu diyagramı



Şekil B.21. Açık alan deneyleri için, ortalama alev boyu verilerinin normalleştirme sonrası saplı kutu diyagramı



Şekil B.22. Açık alan deneylerinde yangın yayılma oranı verileri için uç değerlerin saplı kutu diyagramı

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdullah SARI

Doğum Yeri ve Yılı : Konya, 1983

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : abdullahsari042@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Dumlupınar Lisesi, 2000

Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Akseki Orman İşletme Müdürlüğü, Orman İşletme Şefi 2009-2012

Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Mühendis 2012-..... (halen)

Yayınları

- Güngöroğlu, C., Güney, C. O., Sarı, A., 2012. Orman Yangın Davranış Analizlerinde Teknoloji Kullanımı, Kuruluşunun 60. Yılında Ormancılık Araştırma Enstitüleri: Dünü, Bugünü ve Geleceği Sempozyumu, Bolu, 7-9 Kasım, Poster Bildiri.
- Sarı, A., Güney, C.O, Güngöroğlu, C., 2014. Orman Yangınları İle Mücadelede Köpük Kullanımı. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, 460-466.
- Güngöroğlu, C., Güney, C.O., Sarı, A., 2014. Yangına dirençli orman projelerine (YARDOP) ait uygulamaların değerlendirilmesi (Antalya örneği). II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, 467-476.
- Sayın, S., Güney, C. O., Sarı, A., 2014. Orman Yangınlarında İş Sağlığı ve Güvenliği, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 15(2), 168-175.