

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN YANGINLARINDA HELİKOPTER BAMBİ(SU KOVASI)
OPERASYONLARINDA YANGIN BASKILAMA VE GECİKTİRME
İÇİN KULLANILAN MAYİLERİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şaban YILMAZ

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORMAN YANGINLARINDA HELİKOPTER BAMBİ(SU KOVASI)
OPERASYONLARINDA YANGIN BASKILAMA VE GECİKTİRME
İÇİN KULLANILAN MAYİLERİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şaban YILMAZ

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gökhan COŞKUN

HAZİRAN 2024

Şaban YILMAZ tarafından hazırlanan “ORMAN YANGINLARINDA HELİKOPTER BAMBİ(SU KOVASI) OPERASYONLARINDA YANGIN BASKILAMA VE GECİKTİRME İÇİN KULLANILAN MAYİLERİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması 01.04.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans teziolarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı : Unvan Adı SOYADI.....
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Gökhan COŞKUN (Danışman)
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : Unvan Adı SOYADI
Sakarya Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “ORMAN YANGINLARINDA HELİKOPTER BAMBİ(SU KOVASI) OPERASYONLARINDA YANGIN BASKILAMA VE GECİKTİRME İÇİN KULLANILAN MAYİLERİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(...../04/2024).

Şaban YILMAZ





Eşime, çocuklarıma ve Yeşil Vatan'a...



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Gökhan COŞKUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Deney olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Yangın ve Yangın Güvenliği Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hakan Serhat SOYHAN'a ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Dr. Öğr.Üyesi Aliye HAKAN KAŞARCI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitimim süresince beni sabırla destekleyen eşim, çocuklarım ve kıymetli aileme de en kalbi duygularla teşekkür ederim.

Şaban YILMAZ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1. Türleri Bakımından Orman Yangınları	3
1.2. Orman Yangınlarını Etkileyen Faktörler.....	3
1.3. Yangın Tespiti	4
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
3. YANGIN KAVRAMLARI VE ORMAN YANGINLARI.....	13
3.1. Yangın Kavramları	13
3.1.1. Yanma	13
3.1.2. Yangın.....	13
3.1.3. Yangın Kavramları.....	13
3.1.4. Yanıcı maddeler	13
3.1.5. Oksijen	13
3.1.6. Isı.....	14
3.1.7. Yangınların Sınıflandırılması.....	14
3.2. Orman Yangınları.....	15
3.2.1. Dünya’da Orman Yangınları.....	15
3.2.2. Türkiye’de orman yangınları	16
3.2.3. Orman Yangınlarının Sebepleri	16
4. ORMAN YANGINLARINDA KULLANILAN HAVA ARAÇLARI VE HELİKOPTER SU KOVALARI(HSK).....	17
4.1. Yangın Söndürmede Kullanılan Uçaklar	18
4.1.1. Grumman S-2T Tanker Uçak.....	19
4.1.2. Beriev 200 ChS (BE-200 ChS):	19
4.1.3. Boeing 747	20
4.1.4. Canadair-CL-415	20
4.1.5. L-188 Electra.....	20
4.1.6. AVRO RJ85 AT	21
4.1.7. Air Tractor AT-802	21
4.2. Yangın Söndürmede Kullanılan Helikopterler.....	22
4.2.1. Sikorsky S-64F Aircrane.....	25
4.2.2. Sikorsky FireHawk.....	25
4.2.3. Sikorsky S-61	26
4.2.4. EuroCopter AS332L Süperpuma (Airbus H215):.....	26

4.2.5. UH-60/S-70 Blackhawk	27
4.2.6. Boeing CH-47D Chinook.....	27
4.2.7. Kamov-32 (Ka-32A11BC).....	28
4.2.8. MI-17.....	28
4.3. Havadan Yangın Söndürme Teknikleri	29
4.4. Helikopter Su Kovaları (HSK)	30
4.4.1. Helikopter Su Kovanı Çeşitleri.....	30
4.4.1.1. Chadwick Fiberglass Bucket.....	30
4.4.1.2. AFS Monsoon Bucket	31
4.4.1.3. Helifire Bucket:	32
4.4.1.4. Fast Bucket:.....	32
4.4.1.5. Cloudburst Bucket:.....	33
4.4.1.6. Water Hog Bucket.....	34
4.4.1.7. Bambi Bucket:.....	35
4.4.1.8. VSU 5-A Bucket:	36
4.4.1.9. Simplex Fire Attack System (FAS):.....	38
4.4.2. HSK'ların Kıyaslanması	38
4.4.3. VSU-5A ile Bambi Bucket Kıyaslaması:.....	40
4.4.4. Helikopter Su Kovaları Verimliliğini Artırmak İçin Tavsiyeler.....	41
5. YANGIN GECİKTİRİCİ MAYİİLER	43
5.1. Yangın Geciktiriciler	43
5.1.1. Uzun süreli yangın geciktiriciler	44
5.1.2. Kısa süreli geciktiriciler köpükler	45
5.2. Diğer Yangın Söndürücü-Geciktiriciler	46
5.2.1. I4F Yangın geciktirici:	46
5.2.2. Su.....	46
5.3. Yanmayı Geciktiren Kimyasallar	49
5.3. Yaptığımız Çalışmada Kullanılan Mayiler.....	51
5.3.1. Zeolit/klinoptilolit kil ürün (ZK KİL)	51
5.3.2. Boraks (Borlu toz bileşen)	54
6. ARAŞTIRMA BULGULARI (DENEYLER)	57
6.1. Deney Aşamasında Ahşap Bloğun Yanma Süreci Kavramları	58
6.1.1. Tutuşma.....	58
6.1.2. Alev yayılımı.....	58
6.1.3. Duman oluşumu	59
6.2. Sarıçam Odunu Yangın Deneyleri.....	59
6.2.1. A Sınıfı yangın deneyleri prosedürleri	59
6.2.2. Yangın deneylerinin özellikleri	59
6.2.3. ZK Kil Uygulamalı Sarıçam Bloğu Yanmazlık (1.) Deneyleri.....	67
6.2.4. Sarıçam Bloğu Söndürme Mayii Söndürücülük Etki (2.) Deneyleri	70
6.2.5. Tablo 24.04.2023 Tarihli Sarıçam Bloğu Söndürme Mayii Söndürücülük Etki (2.) Deneyleri.....	86
6.2.6. Sarıçam Bloğu Yanmazlık (3.) Deneyi	87
7. TARTIŞMA VE SONUÇ	99
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	111

KISALTMALAR

AA	: Anadolu Ajansı
AB	: Avrupa Birliği
ASTM E 84	:Yüzey Yanma Karakteristikleri İçin Standart Test Yöntemi
CAFS	: Basınçlı, havalı köpük sistemleri
CAMS	: Avrupa Atmosfer İzleme Sistemi
DHA	: Devlet Hava Araçları
FAA	: Amerikan Havacılık Ajansı
HSK	: Helikopter Su Kovası
IHA	: İnsansız Hava Aracı
IR	: Kızılötesi
MAFFS	: Modüler Havadan Yangın Söndürme Sistemi
MEFISTO	: Akdeniz Orman Yangını Söndürme Eğitimi Standardizasyonu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MSDS	:Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
NWCG	: Amerikan Ulusal Orman Yangını Koordinasyon Grubu
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OY	: Orman Yangınları
OYM	: Orman Yangınlarıyla Mücadele
THK	: Türk Hava Kurumu
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TOB	: Tarım ve Orman Bakanlığı
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
YSC	: Yangın Söndürme Cihazı
ZK Kil	: Zeolit/Klinoptilolit Kil



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Çalışmada Geçen Konular ve Yazarlar Çizelgesi	11
Tablo 3.1. Dünyada ve Türkiyede Yangın Sınıfları	15
Tablo 4.1. NFPA’ e Göre Helikopter İniş/Kalkış Yerlerine Ait Bazı Standartlar.....	23
Tablo 5.1. Zeolit/Klinoptilolit Ürün Analiz Formu Genel Bilgileri.....	52
Tablo 5.2. Bor Kullanım Alanları	55
Tablo 6.1. A Sınıfı Deney Yangınlarının Özellikleri	60
Tablo 6.2. A Sınıfı Deney Yangınlarının Oluşturulması.....	60
Tablo 6.3. 16.04.2023 Tarihli Sarıçam Ahşap Blok Yangın Geciktirici Deneyleri. .	70
Tablo 6.4. 28.05.2023 Tarihli Sarıçam Bloğu Yanmazlık Deneyleri.....	97



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Yangın Üçgeni	1
Şekil 1.2. Türkiye Yaz Mevsimi Ortalama Sıcaklık Farkları	2
Şekil 1.3. Orman Yangınlarına Sebep Olan Tutuşturucu Faktörler ve Yıllık Payları .	4
Şekil 1.4. Yangın Gözetleme Kuleleri ve Kameraları	5
Şekil 1.5. İHA Yardımıyla Yangınların Tespiti	6
Şekil 1.6. Bayraktar TB2 İHA'ların Yangın Tespitleri.....	6
Şekil 1.7. Bayraktar TB2 Siha	7
Şekil 1.8. Yangın Faktörleri ve Zaman/Mekan İlişkisi.....	8
Şekil 4.1. OYM'de kullanılan hava araçlarının özellikleri	18
Şekil 4.2. Grumman S-2T Tanker Uçak	19
Şekil 4.3. Beriev 200ChS Amfibik Yangın Uçağı Su Üzerinden İkmal Yaparken ...	19
Şekil 4.4. Boeing 747 Yangın Üzerine Geciktirici Uygularken	20
Şekil 4.5. Canadair CL-415 Su Alırken	20
Şekil 4.6. L-Electra Yangın Uçağı	21
Şekil 4.7. Avro RJ85 AT Yangın Geciktirici Uygularken.....	21
Şekil 4.8. AT 802 Yangın Uçağı.....	22
Şekil 4.9. Erickson Air-Crane S-64F	25
Şekil 4.10. Erickson S-64F Su Tabancası	25
Şekil 4.11. S-70 Firehawk Halitack İle Su Bırakıyor	26
Şekil 4.12. Skorsky S-61 Su Atarken	26
Şekil 4.13. Süper Puma/Airbus H215 Helikopteri.....	27
Şekil 4.14. HSK Takılı Olan DHA S-70 Helikopteri.....	27
Şekil 4.15. HSK ve Helitak Monte Edilmiş CH-47D Helikopterleri.....	28
Şekil 4.16. KA-32 HSK'na Su Alıyor	28
Şekil 4.17. Mi-17 HSK İle Yangın Söndürme Faaliyeti Yapıyor.....	29
Şekil 4.18. Okanagan Helicopters Ltd. Ürünü Fiber, Chadwick HSK	31
Şekil 4.19. AFS Alüminyum, Munsoon HSK	32
Şekil 4.20. Helifire Bucket İle Yangın Söndürme Çalışması	32
Şekil 4.21. Fast Bucket İle Yangın Söndürme Çalışması Yapılıyor.....	33
Şekil 4.22. Cloudburst Bucket HSK	33
Şekil 4.23. Cloudburst HSK İç Donanımı	34
Şekil 4.24. Cloudburst HSK Aksesuarları	34
Şekil 4.25. Water Hog HSK Yangın Bekleme Durumunda.....	35
Şekil 4.26. Bambi Bucket İle Yangın Söndürme Anı	35
Şekil 4.27. Bambi HSK Ekipmanları	36
Şekil 4.28. Bambi HSK Ekipmanları	36
Şekil 4.29. VSU 5-A HSK Su Alıyor	37
Şekil 4.30. VSU 5-A HSK Açma Kapama Mekanizma İç Donanımı	38
Şekil 4.31. S-70 Helikopteri Fire Attack System İle Su Bırakıyor	38
Şekil 4.32. HSK'dan Yere Bırakılan Söndürücü Madde Miktarı Çalışması	40
Şekil 4.33. Bambi ve VSU-5A HSK Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	40

Şekil 4.34. Uçuş Durumunda Helikopter-HSK Açık Tablosu	41
Şekil 4.35. Kuyruk Rotorla Dolanan HSK ve Kaza Kırım Yapan Bir Helikopter.....	41
Şekil 5.1. Phos-Chek D75-F ve Phos-Chek D75-R Ürün Bilgi Formu	44
Şekil 5.2. Fire-Trol GTS-R Ürün Bilgi Formu	45
Şekil 5.3. Yangın Geciktirici Uygulamasından Sonra Los Angeles Sespe Deresi	51
Şekil 5.4. Zeolit/Klinoptilolit Killer.....	53
Şekil 5.5. Zeolit/Klinoptilolit Ürün MSDS	53
Şekil 5.6. Zeolit/Klinoptilolit Ürün MSDS	54
Şekil 6.1. A Sınıfı Yangın Örneği (13A Yangını) - Önden Görünüş.....	61
Şekil 6.2. Temsili A Sınıfı Yangın Örneği (13A Yangını)	61
Şekil 6.3. Deney Düzenek ve Malzemeleri.....	63
Şekil 6.4. Sarıçam Bloğu Tartımı Yapılıyor	64
Şekil 6.5. Tavada Yakılacak Benzin Tartımı Yapılıyor.....	64
Şekil 6.6. Tavanın Oturacağı Zemin Su Düzeci İle Ayarlanıyor	64
Şekil 6.7. Termal Cihaz İle Sarıçam Blok Isı Ölçümü Yapılıyor	64
Şekil 6.8. Geciktirici Ürün Miktarı Tartılıyor.....	65
Şekil 6.9. Tava Tutuşturularak Blok Yakılıyor.....	65
Şekil 6.10. Yanma Devam Ediyor	65
Şekil 6.11. Deney Sonrası Yanan Numune Tartılıyor	66
Şekil 6.12. Katlı Bloklar Sehpalı DeneyDüzenekinde Yakılıyor.....	66
Şekil 6.13. Sarıçam Bloklarının Yanma Sonrasındaki Durumu	66
Şekil 6.14. Sarıçam Bloklarının Yanma Deneyi Sonrası Oluşan Tahribat Durumu..	67
Şekil 6.15. Deney Sonrası Yanan Blok Durumu	68
Şekil 6.16. 2.Deney Sonrası Yanan Numunenin Son Durumu	68
Şekil 6.17. 3.Deneyde Yakılan Numunenin Son Hali.....	69
Şekil 6.18. %100 ZK Kil Uygulanarak Yakılan Bloğun Son Hali	69
Şekil 6.19. 4x5'lik Blokları, 1 kg Benzinle Tutuşturuluyor.....	72
Şekil 6.20. 4x5'lik Bloklarda Yanma Süreci Devam Ediyor	72
Şekil 6.21. 4x5'lik Bloklarda Yanma Devam Ederken Söndürme Süreci Başlıyor ..	73
Şekil 6.22. Söndürme Sürecinde Yer-Yön Değiştiren Rüzgarın Etkisiyle Alev Yüksekliği Farklı Seyredebiliyor	73
Şekil 6.23. Söndürücü Mayii Uygulanmasına Rağmen Yangın Devam Ediyor.....	74
Şekil 6.24. Söndürme Yapılamamış, Bloklar Dağılmış, Yangın Devam Etmiştir.....	74
Şekil 6.25. 2x5'lik Sarıçam Blokları 500 gr Benzinle Tutuşturulmuş ve Yanma Başlamıştır.....	75
Şekil 6.26. Tutuşturulan Bloklarda, Rüzgarın Tesiriyle Alevlenme Artmıştır	75
Şekil 6.27. 6 Dakikalık Bekleme Süresince Alevler Azalıyor	76
Şekil 6.28. Söndürmeyle Birlikte Duman Renginde Beyazlaşmalar Başlıyor.....	76
Şekil 6.29. 4x5'lik Sarıçam Blokları 1kg Benzinle Tutuşturuluyor	77
Şekil 6.30. Tavadaki Benzinin Desteğiyle Yanma Harlı Bir Hal Alıyor	77
Şekil 6.31. 4x5'lik Sarıçam Blokları Kendiliğinden Yanmaya Devam Ediyor	77
Şekil 6.32. Söndürme Esnasında Su Sisi ve Beyaz Duman Görülüyor	78
Şekil 6.33. Söndürme Süreci Devam Ediyor	78
Şekil 6.34. Söndürme Akabinde Bloklar Dağılıyor, Beyaz Duman Görülüyor.....	79
Şekil 6.35. 3x5'lik Sarıçam Bloklarını Tutuşturmak İçin 750 gr Benzin Yakılıyor..	80
Şekil 6.36. 3x5'lik Sarıçam Blokları Tutuşturuluyor.....	80
Şekil 6.37. Bloklar Altan Tutuşmaya Başlıyor, Akabinde Siyah Duman Çıkışı Görülüyor	81
Şekil 6.38. Tavadaki Benzininde Tesiriyle Yoğun Bir Alev Gözlemleniyor	81
Şekil 6.39. Ahşap Bloklar Kendi Enerjisiyle Yanmaya Devam Ediyor	81

Şekil 6.40. Söndürme Süreci Başlıyor	82
Şekil 6.41. Söndürme Mayii Yangın Üzerine Püskürtülüyor	82
Şekil 6.42. Karışık Mayii İçeriğindeki Borlu Bileşiğin Beyaz Görüntüsü	82
Şekil 6.43. 3x5'lik Sarıçam Blokları ve Deney Düzeneği Hazırlanmıştır	83
Şekil 6.44. Bloklar Tutuşmaya Başlıyor	83
Şekil 6.45. Tavadaki Benzinin Etkisiye Bloklar Üzerindeki Alev Miktarı Oldukça Yükseliyor	84
Şekil 6.46. Ahşap Bloklar Kendi Enerjisiyle Yanmaya Devam Ediyor.	84
Şekil 6.47. Söndürme Süreci Başlıyor, Söndürme Yapılıyor	84
Şekil 6.48. Söndürme Yapılmış, Sıcak Kalan Bloklarda Tütme Devam Ediyor	85
Şekil 6.49. Deney Seti.....	87
Şekil 6.50. Katkisız (Kuru) Numune Deneyi Tutuşturma Anı	89
Şekil 6.51. Kuru Numune İşlenmeye Başlıyor	89
Şekil 6.52. Kuru Numune Yakılıyor	89
Şekil 6.53. Kuru Numune Kendiliğinden Yanarken	90
Şekil 6.54. Alev Söndükten Hemen Sonra, Isı Açığa Çıkmaya Devam Ediyor	90
Şekil 6.55. Kuru Odun Deneyi Tahribat Durumu	90
Şekil 6.56. Kuru Odun Deneğinin Son Hali	90
Şekil 6.57. Sadece Su İle Empreye Edilmiş Sarıçam Bloğu Tutuşturuluyor	91
Şekil 6.58. Su İle Empreye Edilmiş Sarıçam Bloğu Yakılıyor	91
Şekil 6.59. Sarıçam Bloğu 2 dk. Yakıldıktan Sonra Kendiliğinden Yanıyor	92
Şekil 6.60. Islak Odun Deneği Son Hali	92
Şekil 6.61. Su İle Empreye Edilmiş Numune İle Kuru Numune İşlenme ve Katmanlaşma Bakımından Karşılaştırılıyor	92
Şekil 6.62. 1lt Suya İlave Edilen 40 Mk. 100 gr ZK kil İle Empreye Edilen Sarıçam Bloğu Tutuşturuluyor	93
Şekil 6.63. 1lt Suya İlave Edilen 40 Mk. 100 gr ZK kil İle Empreye Edilen Sarıçam Bloğu Tutuşurken	93
Şekil 6.64. 2dk. Isıya Maruz Kalan Sarıçam Bloğunda Alev Görülmedi	94
Şekil 6.65. Denekler Arasındaki Tahribat Durumu	94
Şekil 6.66. 100 Mk. ZK Kil İle Empreye Edilmiş Ahşap Blok Tutuşturuluyor	94
Şekil 6.67. Isıya Maruz Bırakılan Ahşap Bloğun Tutuşma Durumu	95
Şekil 6.68. Ahşap Bloğun 2dk. Sonraki Durumu	95
Şekil 6.69. 100 Mk Mayii İle Empreye Edilen Ahşap Bloкта Soğuma Olduğu Değerlendirildi	95
Şekil 6.70. 3dk Bekleme Esnasında Kontrol Edilen Ahşap Bloкта İşlenme ve Katmanlaşma Görüldü	96
Şekil 6.71. 100 Mk ve 40 Mk'luk Mayilerle Empreye Edilen Bloklarda Yanma Sonucu Oluşan Tahribat Durumu Karşılaştırılıyor	96



ORMAN YANGINLARINDA HELİKOPTER BAMBİ(SU KOVASI) OPERASYONLARINDA YANGIN BASKILAMA VE GECİKTİRME İÇİN KULLANILAN MAYİLERİN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Orman yangınları; sıcaklığın mevsim normallerinin üzerine çıkmasıyla, doğal sebeplerle ya da kötü amaçlı kişilerce bilinçli şekilde meydana gelebilen olaylardır. Orman yangınları kuraklık, yüksek sıcaklıklar, rüzgâr ve insan faktörlerinin birleşmesiyle oluşur. Bu yangınlar, flora ve fauna kaybına, ekosistemlerin zarar görmesine, ekonomik kayıplara ve insanların hayatlarını tehdit eden durumlara sebep olabilir. Dahası orman yangınları sebebiyle hem ağaçlar hem de ormanda yaşayan bin bir türlü canlı yok olmaktadır.

Dünya genelinde orman yangınları, iklim değişikliği, kuraklık, insan etkinlikleri ve yangın yönetimi eksiklikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Özellikle Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, İspanya ve Portekiz gibi ülkelerde orman yangınlarının sıklığı ve şiddeti artmaktadır. Bu yangınlar, geniş alanlara yayılarak doğal yaşamı ve ekosistemleri ciddi şekilde etkilemektedir.

Orman yangınları, dünya genelinde doğal afetler arasında en ciddi tehditlerden biri olarak kabul edilir. Son yıllarda, çeşitli bölgelerde meydana gelen büyük orman yangınları, doğal yaşamı, ekosistemleri ve insan yerleşimlerini ciddi şekilde etkilemiştir. 2023 yılına kadar dünyada meydana gelen en büyük orman yangınlarına ilişkin;

Avustralya'da 2019 ve 2020 yıllarında meydana gelen orman yangınları, dünya genelinde en dikkat çeken yangın olaylarından biridir. Bu yangınlar, Avustralya'nın çeşitli eyaletlerinde şiddetli şekilde etkili olmuş ve milyonlarca hektarlık alanın yanmasına yol açmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri, her yıl çeşitli bölgelerinde yangınlarla mücadele etmektedir. 2020 yılında, Batı Kıyısı boyunca meydana gelen şiddetli orman yangınları ülkenin birçok eyaletini etkilemiştir. Özellikle Kaliforniya, Oregon ve Washington eyaletlerindeki yangınlar büyük dikkat çekmiştir.

Sibiryaya, geniş ormanlık alanlarıyla ünlüdür ve sık sık orman yangınlarına maruz kalmaktadır. 2019 ve 2020 yıllarında, Sibiryaya'da meydana gelen yangınlar, bölgenin tarihindeki en büyük yangın olaylarından biri olarak kaydedilmiştir. Bu yangınlar, milyonlarca hektarlık alanın yanmasına ve büyük ölçekli ekosistem tahribatına neden olmuştur.

Amazon Ormanları, dünyanın en büyük tropikal yağmur ormanlarından biridir ve birçok biyolojik çeşitliliğe ev sahipliği yapar. Ancak, 2019 yılında Amazon'da meydana gelen yangınlar, bölgenin tarihindeki en büyük yangın dalgası olarak kaydedilmiştir.

Türkiye, özellikle yaz aylarında sıcak ve kuru iklim koşullarına sahip olduğundan, orman yangınlarının sıkça yaşandığı bir ülkedir. Son yıllarda, özellikle Ege, Akdeniz

ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki orman yangınları artmıştır. Bu yangınlar, çoğunlukla insan etkinlikleri, dikkatsizlik, tarım faaliyetleri ve yangın önleme eksiklikleri gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Orman yangınları, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan birçok zarara neden olur. Bunlar arasında;

Doğal yaşamın tahribi: Orman yangınları, bitki örtüsünün ve habitatların yok olmasına, hayvanların yaşam alanlarının kaybolmasına ve biyoçeşitliliğin azalmasına neden olur.

Ekonomik kayıplar: Yangınlar, tarım arazilerinin, ormanların ve tarım ürünlerinin zarar görmesine, yerleşim birimlerinin zarar görmesine ve turizm sektöründe kayıplara yol açar.

İnsan kayıpları ve sağlık sorunları: Yangınlar, insanların yaşamını ve sağlığını tehdit eder, hava kirliliğine ve solunum yolu hastalıklarına neden olabilir.

Toplumsal etkiler: Yangınlar, yerinden edilmiş insanlar, psikolojik etkiler, sosyal huzursuzluklar ve göç hareketleri gibi toplumsal sorunlara yol açabilir.

Türkiye, çeşitli iklim ve coğrafi özelliklere sahip bir ülke olarak orman yangınlarıyla sık sık karşı karşıya kalmaktadır. Son yıllarda, Türkiye'de meydana gelen orman yangınları, doğal yaşamı, ekosistemleri ve insan yerleşimlerini ciddi şekilde etkilemiştir. Yanan bölgelere baktığımızda; Antalya'nın Manavgat ilçesinde 2020 yılında çıkan orman yangını,. Muğla'nın Marmaris ilçesinde 2021 yılında başlayan orman yangını, Aydın'ın Karpuzlu ilçesinde 2022 yılında çıkan orman yangını, Muğla'nın Milas ilçesinde 2023 yılında çıkan orman yangını, Türkiye'nin en büyük yangınları olarak kaydedilmiştir.

Yangın, sıcak hava ve rüzgarın etkisiyle hızla yayılarak binlerce hektarlık ormanlık alanı etkisi altına almıştır. Yangında, birçok ev ve iş yeri zarar görmüş, hayvanların yaşam alanları yok olmuş ve binlerce kişi evlerini terk etmek zorunda kalmıştır. Dünya genelinde yaşanan büyük orman yangınları, doğal yaşamı, ekolojiyi ve insan yaşamını ciddi şekilde etkilemektedir. Bu yangınlar, iklim değişikliği, kuraklık, dikkatsizlik, tarım faaliyetleri ve yangın yönetimi eksiklikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

Orman yangınlarında erken, hızlı ve etkili müdahale ile yangınların yayılmasını önlemek ve söndürmek ana hedeftir. Karadan söndürmenin yanında havadan acil müdahaleler önem arz etmektedir. Orman yangınlarının kontrol altına alınması ve söndürülmesi için birçok yöntem ve araç kullanılmaktadır. Günlük hayatta yolcu veya yük uçağı, helikopteri olarak kullanılan bir hava aracı pratik bir dönüşümle yangınla mücadele konseptine çevrilebilir. Bu şekilde azalan maliyetler ve artan aidiyet duygusuyla, yangınla mücadele azminin bir üst seviyeye çıkarılabilir olduğu düşünülmektedir. Ülkeler, kendi imkânları nispetinde, gerek yangın filoları gerekse, Devlet Hava Araçları (DHA) ile yangın seferberliği başlatabilir. Orman yangınının; henüz başlamadan tespit edebilme, ortaya çıktığında ani müdahale ve sonrasında yeniden yeşertme süreçleri, orman hayatı için elzem hususlardır. Bu mihmalde çalışma yapan hava destek unsurları, olarak uçaklar ve helikopterlerle havadan söndürme çalışmaları yapılmaktadır.

Yangın helikopterleri, yangınla mücadele ekiplerine yangın söndürme operasyonlarında keşif, gözetleme, yük - yolcu taşıma ve söndürme çalışmasıyla destek sağlar. Helikopter vasıtasıyla en uygun yerden ve yükseklikten, yanan bölgeye su/geciktirici, bırakmak şeklinde olan bu yöntemde gerekli olan su, en yakın göl/deniz vb. su kaynağından temin edilmektedir. Bu operasyonlar, yangınla mücadele

ekiplerine zor ulaşılabilir bölgelere sutaşıma ve yangınları kontrol altına alma yeteneği sağlar. Gövde altına sabitlenen tanklar (Helitak), su alma hortumu ucuna bağlı birkaç metrelik bir su emiş pompası ile doldurulurlar. Gövde altı yük taşıma kancasına bağlanan halat vasıtasıyla Helikopter Su Kovaları(HSK) ile yapılacak havadan yangın söndürme operasyonları, yangının yayılmasını kontrol altına almak ve yangın alanındaki ekiplere destek olmak için hayati öneme sahip havadan söndürme cihazlarıdır. Orman yangınlarını havadan söndürmede kullanılan yaygın yöntemlerden biri “Bambi” (Helikopter Su Kovası) ile müdahaledir. Helikopter Su Kovaları(HSK), yangın geciktirici maddeler veya diğer yangın söndürme ekipmanlarıyla donatılmış olabilirler. Helikopter kaldırma yeteneği nispetinde, farklı görünüm ve ölçülerde, HSK’lar bulunmaktadır. Yaygın kullanılan HSK’larıyla birlikte, HSK operasyon aşamasındaki kronik arızalar ve arızaların getireceği olumsuzluklarda değerlendirilmelidir. Başlı başına disiplinler süreçler olan havacılık ve yangın konuları, havadan yangın söndürme noktasında ciddiye alınması gereken disiplinler üstü bir kavram olarak düşünülmelidir. HSK operasyonlarında yapılan sorti sayılarından ziyade etkin söndürme yapmak gerekir. Bu sebeple suyun tesirini artıracak katkılar kullanılır. Bu katkılar, yangın geciktiriciler olarak adlandırılır ve yangınların kontrol altına alınması, söndürülmesi tekrar etmemesi aşamaları için kullanılan kimyasal maddelerdir. Köpükler, tozlar veya sıvılar şeklinde olabilirler ve yangının yayılmasını kontrol altına alabilirler. Orman yangınları söndürme kapsamında etkili birçok ürün olduğu bilinmesine karşın, yangın sonrasında yeniden yeşerme, tabiatın kendini yenilemesi hususları da önem arz eden durumlardır. Kullanılan ürünlerin doğa dostu ürünler olmasının, orman ve dolayısıyla insan geleceğinin sürdürülebilirliği ve akıbeti bakımından önemli olduğu hatırlanmalıdır.

Orman yangınlarında daha hızlı ve etkili söndürmeyi sağlayabilmek için yola çıkılan bu tez çalışmasında, Bambi HSK’nda kullanılan suya göre buharlaşma noktası ve ısı sığası daha yüksek bir karışımla müdahale etmek amaçlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında uygun karışımın hazırlanması, söndürme deneylerinin yapılması, suya göre söndürme etkisinin ortaya konulması hedeflenmektedir. Çalışmada TS 862-7 EN 3-7 + A1 standardına uygun prosedürle deneyler gerçekleştirilecek olup su ve mayii karışımı ile söndürme sonuçlarının yanı sıra yangın geciktiriciliği hususları da karşılaştırılacaktır. Deneylerde kullanılacak sarıçam odunları, standartlara uygun şekilde hazırlanmıştır. Sarıçam numuneleri belirli boyutlara sahip olmalı ve standartlarda belirtilen özellikleri sağlamalıdır. Söndürme testleri 5x5x50cm bir tabakada 5 adet olacak şekilde sarıçam bloklarıyla TS 862-7 5/A testi gereğince kullanılır. Yanmazlık testlerinde 2,5x2,5x15 cm sarıçam blokları, geciktirici mayi ile empreye edilmek suretiyle yakılmış ve neticeler karşılaştırılmıştır. Deneyler, kontrollü bir ortamda gerçekleştirilir. Çalışma orman yangını kapsamında olduğundan açık havada kontrollü bir deney icra edilmiştir. Yangın parametreleri, yanma, sönme, soğutma aşamaları, standartlara uygun olarak kontrol edilir. Sarıçam odununun yangın davranışı gözlemlenerek, yangın yayılımı, alevlerin durumu, duman ve gaz çıkışı gibi çıktılar elde edilir. Bu çıktılar ışığında değerlendirmeler yapılabilecektir. Yangın deneyi tamamlandıktan sonra, numunelerin yanma süresi, yanmamış kısımları ve diğer özellikleri değerlendirilir. Bu değerlendirmeler, sarıçam bloğunun yangın direnci hakkında önemli bilgiler içermektedir. Sonuçlar, standartlara uygun şekilde raporlanır ki bu raporlar, malzemenin yangına karşı davranışı ve yangınla mücadele de belirlenecek stratejiler için kullanılabilir. Ahşap yanmazlık deneyleri, malzemelerin yangına karşı direncini belirlemek için ve söndürücülük deneyleri de en makul söndürme seçeneğine ulaşabilmek maksadıyla yapılır. Bu deneyler, malzemelerin yangın sırasında nasıl davrandığını, yanma hızını ve yangınla mücadele stratejilerini

belirlemeye yardımcı olur. Bu sayede yangın daha çabuk sndrleceği gibi yangının tekrar etmemesinin de sağlanması planlanmaktadır. Bu süre içerisinde soğutma çalışmaları için söndürme ekibine zaman kazandırılmış da olunabilecektir.

Orman yangınları, küresel bir sorun olup ciddi zararlara yol açmaktadır. Bu nedenle, yangın nleme ve kontrol stratejilerinin geliştirilmesi, yangınla mücadele kapasitesinin artırılması, yangın riskinin azaltılması ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi önemlidir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle mücadele, yangın riskini azaltmak için etkili bir önlemdir. Orman yangınlarının etkilerini azaltmak için yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde işbirliği ve koordinasyon gerekmektedir. Bu şekilde, ormanlarımızı koruyabilir ve gelecek nesillere temiz bir evre bırakabiliriz.



INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF LIQUIDS USED FOR FIRE SUPPRESSION AND DELAY IN HELICOPTER BAMBI (WATER BUCKET) OPERATIONS IN FOREST FIRES

SUMMARY

Forest fires; These are events that can occur consciously, due to natural causes or by malicious people, when the temperature rises above seasonal norms. Forest fires occur due to the combination of drought, high temperatures, wind and human factors. These fires can cause loss of flora and fauna, damage to ecosystems, economic losses and situations that threaten people's lives. Moreover, due to forest fires, both trees and thousands of creatures living in the forest disappear.

Wildfires around the world are affected by many factors, including climate change, drought, human activities and fire management deficiencies. The frequency and severity of forest fires are increasing, especially in countries such as Australia, the United States, Brazil, Spain and Portugal. These fires spread over large areas and seriously affect natural life and ecosystems.

Forest fires are considered one of the most serious threats among natural disasters worldwide. In recent years, large forest fires that have occurred in various regions have seriously affected natural life, ecosystems and human settlements. Regarding the largest forest fires in the world until 2023;

The forest fires that occurred in Australia in 2019 and 2020 are one of the most notable fire events worldwide. These fires were severe in various states of Australia and caused the burning of millions of hectares of land.

The United States struggles with fires in various regions every year. In 2020, severe wildfires along the West Coast affected many states of the country. Especially the fires in California, Oregon and Washington states have attracted great attention.

Siberia is famous for its vast forest areas and is subject to frequent forest fires. In 2019 and 2020, fires in Siberia were recorded as one of the largest fire events in the history of the region. These fires caused the burning of millions of hectares of land and large-scale ecosystem destruction.

The Amazon Forest is one of the largest tropical rainforests in the world and is home to a lot of biodiversity. However, the fires that occurred in the Amazon in 2019 were recorded as the largest fire wave in the history of the region.

Turkey is a country where forest fires occur frequently, as it has hot and dry climate conditions, especially in the summer months. In recent years, forest fires have increased, especially in the Aegean, Mediterranean and Southeastern Anatolia regions. These fires are mostly caused by human activities, carelessness, agricultural activities and fire prevention deficiencies. Forest fires cause many environmental, economic and social damages. Among these;

Destruction of natural life: Forest fires cause the destruction of vegetation and habitats, the loss of animal habitats and the decrease in biodiversity.

Economic losses: Fires cause damage to agricultural lands, forests and agricultural products, damage to settlements and losses in the tourism sector.

Human losses and health problems: Fires threaten people's lives and health and can cause air pollution and respiratory diseases.

Social impacts: Fires can cause social problems such as displaced people, psychological effects, social unrest and migration movements.

Türkiye, as a country with various climate and geographical characteristics, frequently faces forest fires. In recent years, forest fires in Turkey have seriously affected natural life, ecosystems and human settlements. When we look at the burning areas; The forest fire that broke out in Manavgat district of Antalya in 2020. The forest fire that started in 2021 in Muğla's Marmaris district, the forest fire in Aydın's Karpuzlu district in 2022, and the forest fire in Muğla's Milas district in 2023 were recorded as the largest fires in Turkey.

The fire spread rapidly under the influence of hot weather and wind and affected thousands of hectares of forest area. In the fire, many houses and workplaces were damaged, the habitats of animals were destroyed and thousands of people had to leave their homes. Large forest fires around the world seriously affect natural life, ecology and human life. These fires are affected by many factors such as climate change, drought, carelessness, agricultural activities and fire management deficiencies.

The main goal in forest fires is to prevent and extinguish the spread of fires with early, rapid and effective intervention. In addition to extinguishing from land, emergency interventions from the air are important. Many methods and tools are used to control and extinguish forest fires. An aircraft used as a passenger or freight plane or helicopter in daily life can be converted into a firefighting concept with a practical transformation. It is thought that with such decreasing costs and increasing sense of belonging, firefighting determination can be taken to the next level. Countries can initiate fire mobilization with both fire fleets and State Aircraft (DHA) within their own means. Forest fire; Detection before it starts, immediate intervention when it occurs, and subsequent regrowth processes are essential for forest life. Air support elements working in this area are carrying out aerial extinguishing operations with airplanes and helicopters.

Fire helicopters provide support to firefighting teams in fire extinguishing operations with reconnaissance, surveillance, cargo and passenger transportation and extinguishing work. In this method, which involves dropping water/retardant onto the burning area from the most suitable place and height via helicopter, the required water is transferred to the nearest lake/sea, etc. It is supplied from the water source. These operations provide firefighting teams with the ability to deliver water to hard-to-reach areas and control fires. The tanks (Helitak) fixed under the fuselage are filled with a water suction pump of several meters connected to the end of the water intake hose. Aerial fire extinguishing operations to be carried out with Helicopter Water Buckets (HSK) through the rope attached to the underbody load carrying hook are vital air extinguishing devices to control the spread of fire and support the teams in the fire area. One of the common methods used to extinguish forest fires from the air is intervention with "Bambi" (Helicopter Water Bucket). They may be equipped with Helicopter Water Buckets (HSK), fire retardant materials or other fire extinguishing

equipment. HSKs are available in different appearances and sizes, depending on the helicopter lifting ability. Along with the commonly used HSKs, chronic malfunctions during the HSK operation phase and the negativities caused by the malfunctions should be evaluated. Aviation and fire issues, which are disciplinary processes in themselves, should be considered as a transdisciplinary concept that should be taken seriously in terms of aerial fire extinguishing. In HSK operations, effective extinguishing is necessary rather than the number of sorties made. For this reason, additives that will increase the effect of water are used. These additives are called fire retardants and are chemical substances used to control fires and prevent them from recurring. They can be in the form of foams, powders or liquids and can control the spread of fire. Although it is known that there are many products that are effective in extinguishing forest fires, the issues of regrowth and renewal of nature after a fire are also important. It should be remembered that the nature-friendly nature of the products used is important for the sustainability and fate of the forest and therefore the human future.

In this thesis study, which was put forward in order to ensure faster and more effective extinguishing of forest fires, it was aimed to intervene with a mixture with a higher evaporation point and heat capacity than the water used in Bambi hsk. Within the scope of the thesis study, it is aimed to prepare the appropriate mixture, conduct quenching experiments and demonstrate the quenching effect according to water. In the study, experiments will be conducted according to the procedure in accordance with TS 862-7 EN 3-7 + A1 standard and the results of extinguishing with a mixture of water and mayii and fire retardation problems will be compared. The yellow pine tree to be used in the experiments has been prepared in accordance with the standards. Yellow pine samples must have certain dimensions and meet the specifications specified in the standards. Extinguishing tests are performed with 5 pieces of 5x5x50cm yellow glass blocks in accordance with the TS 862-7 5/A test. In flammability tests, the results were compared by burning 2,5x2,5x15 cm yellowwood blocks impregnated with retardant yeast. The experiments are carried out in a controlled environment. Since the study was within the scope of forest fire, a controlled experiment was carried out outdoors. Fire parameters, combustion, extinguishing, cooling stages are controlled in accordance with the standards. By observing the fire behavior of the yellow pine tree, outputs such as the spread of the fire, the state of the flames, smoke and gas output are obtained. Evaluations can be made in the light of these outputs. After the fire experiment is completed, the combustion time, unburned parts and other characteristics of the samples are evaluated. These evaluations contain important information about the fire resistance of the yellow pine block. The results are reported in accordance with the standards that can be used in the behavior of the material against fire and the strategies to be determined in the fight against fire. Wood flammability tests are carried out to determine the fire resistance of materials, and extinguishing experiments are carried out to reach the most reasonable extinguishing option. These experiments help determine how materials behave during a fire, the rate of combustion, and firefighting strategies. Thanks to this, the fire will be extinguished faster and it is planned that the fire will not recur. During this time, it will also be possible for the extinguishing team to save time for cooling operations.

Forest fires are a global problem and cause serious damage. For this reason, it is important to develop fire protection and control strategies, increase fire fighting capacity, reduce fire risk and raise public awareness. In addition, combating climate change is an effective measure to reduce the risk of fire. Cooperation and coordination at local, national and international levels are required to reduce the effects of forest

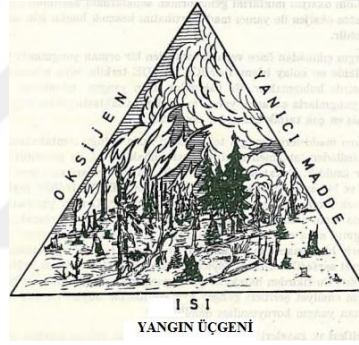
fires. In this way, we can protect our forests and leave a clean environment for future generations.



1. GİRİŞ

Orman yangınları; senenin belli başlı dönemlerinde, nispi nemin azalması, sıcaklığın normalin üzerinde seyretmesiyle doğal veya beşeri faktörler neticesinde ortaya çıkabilen, kontrol altına alınamadığında milli afetlere dönüşebilen yangınlardır(Bilgili,1996) [1].

Bir yerde yangın çıkması için; oksijen, yanıcı madde ve sıcaklık koşullarının bulunması gerekir. Bu unsurlar hep birlikte yanmanın veya tutuşmanın gerçekleşmesi için gerekli olan hususlardır ve Şekil 1.1’de görüldüğü üzere “yangın üçgeni” olarak bilinmektedir (Çanakçıoğlu, 1970) [2].



Şekil 1.1. Yangın Üçgeni

Yanma durumunun devamı için;

Yangın üçgeninin oluşumu, zincirleme reaksiyon ve ısıнын transfer edilmesi gerekir. Isı transferinde termodinamiğin ikinci kanununun özü olan sıcak maddeden soğuk maddeye doğru bir akma yönü, istikameti olduğu bilinir. Işınım, taşınım ve iletim üçlüsü ile birlikte ısı transfer olabilmektedir.

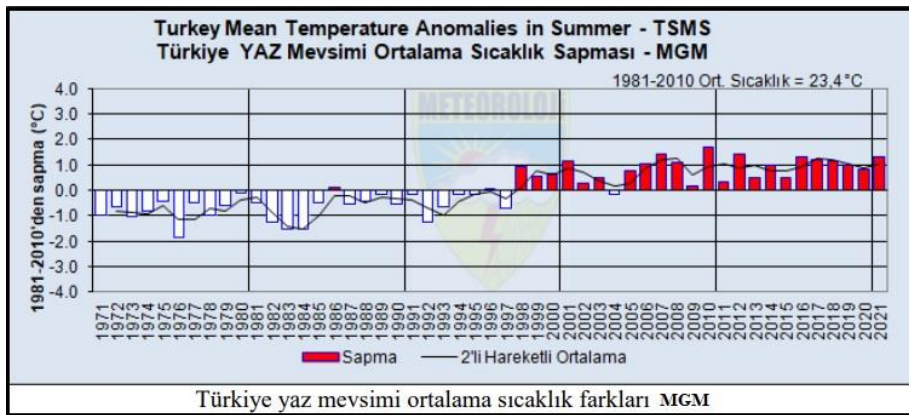
Sıcaklık 260-400 °C'nin, oksijen içeriği ise %15'in üzerinde olması ve gereken miktarda yanıcı madde bulunması gerekir. Yangın üçgeni olarak ifade edilen bu üç faktörden en az birinin ortadan kaldırılması ile yanma olayı sonlanabilir. (OGM, 1995) [3].

Orman varlığı insanlar için önem taşır, bir ağaç yılda 114 kg oksijen üretirken 4 kişilik bir ailenin yıllık oksijen ihtiyacını iki yetişkin ağaç, karşılayabilir. Bir saatte 40 kişinin

ürettiği 2,35 kg. karbondioksiti, ortalama 100 yaşındaki, bir kayın ağacı temizleyebilmektedir. Bir hektarlık geniş yapraklı orman senede 16 ton, iğne yapraklı orman ise 30 tona kadar oksijen üretebilir. Ormanlar, yakınından geçen yaklaşık 50 metre genişlikteki bir otoyolun trafik gürültüsünü 20-30 desibele kadar azaltabilirler. Aynı iklim koşullarına maruz kalan kıraç topraklarla karşılaştırıldığında erozyonu 350 kat, yüzey akışını ise 15 - 20 kata kadar azaltabilmektedir. Bu sebeple ormanlarımız; öncelikle hayat kaynağımız, ülkemizin yeşil örtüsü ve vazgeçilmez milli zenginliğimizdir (F.Özer, 2023) [4].

Yangın mevsimi veya yangın dönemi; orman yangınlarının başladığı, yayıldığı, yangın güvenliği ve yönetimine olağanüstü zarar verdiği yılın belli başlı zamanları veya dönemleridir. Belirli bir bölgedeki yangınların sıklığı, süresi ve şiddeti esasen iklimin bir fonksiyonu olsa bile, ormanda bulunan yanıcı maddelerin özellikleri de bu konuda önemli rol oynamaktadır. Aynı iklim koşulları farklı bölgelerde de aynı bölgede de benzer yangın koşullarına sebep olmaz. Şöyle ki; bağıl nemin %30 olduğu yaz aylarında aynı bölgede bulunan ince ve kalın yanıcı maddeler tehdit oluşturacak kadar tehlikeli bulunmazlar. Türkiye'de iklim ve yanıcı maddeler, bölgeler ve yıllar arasında farklılık gösterdiğinden, farklı bölgeleri kapsayan yangın mevsimlerinin bir listesini derlemek mümkün olmasa da ülkemizdeki orman yangını dönemleri özetle; “5-8 ay arası uzun, 2-3 ay arası kısa yangın sezonu” olarak belirtilmiştir (E.BİLGİLİ, 2014) [5].

Yapılan araştırmalarda Türkiye 1981-2010 Yaz mevsimi sıcaklık ortalaması 23.4°C iken, 2021 senesi yaz mevsiminde 24.7°C'lik ortalama sıcaklık ile mevsim normallerinin 1.3°C üzerinde seyretmiştir. Aşağıda bulunan Şekil 1.2.'de yaz mevsimi ortalama sıcaklık sapması durumu görülmektedir (URL-1) [6].



Şekil 1.2. Türkiye Yaz Mevsimi Ortalama Sıcaklık Farkları

Ülkemiz yüzölçümünün %28,6'sını oluşturan ve toplam alanı milyonlarca hektara ulaşan orman alanları, çok sayıda biyotik ve abiyotik tehditlere maruz kalmaktadır. Ormanların korunması ve geleceği, geleceğimizle doğrudan alakalı ve hayati olmaktadır (M. EROĞLU,2017) [7].

Orman yangınları değişkenleri arasında hava sıcaklığındaki olağanüstü artışlarda etkili olmaktadır. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)'nün yaptığı değerlendirmede; dünya genelinde rekor hava sıcaklıklarının 2023 ile 2027 yılları arasında daha şiddetli bir hal alabileceği belirtilmektedir (WMO,2023) [8].

Arazi kullanımındaki tercihler iklim değişikliğiyle birlikte, orman yangınlarının meydana gelme olasılığında küresel bir artışa yol açmasıyla gelecekte %30 ve hatta %50'lere kadar yükselebileceği öngörülmektedir (UNEP,2022) [9].

Akdeniz iklim kuşağındaki, dört mevsimin aynı anda görülebildiği ülkemizde, genellikle güney ve batı bölgelerde hava durumu kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak-çok sıcak ve kurak seyretmekte olduğundan her yangın döneminde, birden fazla orman yangınıyla boğuşulmaktadır (URL-2) [10].

1.1. Türleri Bakımından Orman Yangınları

Orman yangınları, toprak altındaki kalınca bulunan organik madde tabakası ile ağaç tepeleri arasında bulunan yanıcı maddelerin derecesi ve şekli dikkate alınarak farklı türlere ayrılır. Alanda yanan kısımları dikkate alınarak ayrıma tabi tutulan orman yangınları; Örtü yangınları, Toprak yangınları ve Tepe yangınları olarak üçe ayrılır. Birçok orman yangını, örtü yangınıyla başlar ve büyür. Bu üç türden biri veya herhangi bir türün kombinasyonu olarak ilerleyen orman yangınları; uygun meteorolojik koşullar ve yanıcı madde durumlarıyla, büyüyen örtü yangınları, yerini tepe yangınlarına bırakmaktadır(Küçükosmanoğlu & Hasdemir, 1991) [11]

1.2. Orman Yangınlarını Etkileyen Faktörler

- a. Meteorolojik olarak; yağış, rüzgar, bağıl - nispi nem faktörü ve sıcaklık durumları, yanma olayını etkileyen hususlardır.
- b. Arazi Yapısı; yanan noktanın yangın davranışı yükselti, eğim ve bakı ile doğru orantılıdır. Yamaçların güneşe baktığı yön olarak yangın etki sıralaması güney, batı, doğu ve son olarak kuzey olarak söylenebilir. Yangın ilerlemesi, düz araziye göre eğimli arazide 8-10 kata kadar hızlı ilerleyebilir.

- c. Yanıcı maddenin; içerdği rutubet, ebatları, yoğun olması, sayısal durumu, tutuşabilme durumu ve sürdürülebilirliği yanma olayına etki eden diğer başlıklardır (KÜÇÜKOSMANOĞLU, A., & HASDEMİR, M.1991) [11].

Yangın ihtimalini oluşturan hususların yanında yangını başlatan, tutuşturan ısı kaynağı ciddi bir olgudur. Ortak tutuşturucu ısı kaynakları dünya genelinde kabul görse de iklim şartları ve kimi bölgesel tutuşturucu çeşitleride bu durumu etkileyebilmektedir. OGM 2020 istatistiklerine göre meydana gelen yangınların çıkış sebepleri olan tutuşturucu çeşitleri ve payları Şekil 1.3.'de belirtilmektedir (URL-3) [12].



Şekil 1.3. Orman Yangınlarına Sebep Olan Tutuşturucu Faktörler ve Yıllık Payları

1.3. Yangın Tespiti

Yangınla mücadele birimlerince, oluşabilecek yangın ihtimalinin ölçümlemesi, mevcut kaynak planlaması, etkili mücadele teknikleri ve meydana gelen bir yangının davranış durumunun ne yönde eğilim göstereceği tahmin edilip gereken müdahalelerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Meteoroloji istasyonlarından alınan malumatlar ışığında yapılan değerlendirmelerle yangın çıkmadan önce, herhangi bir alandaki yangın potansiyeli tahmin edilerek müdahale edilebilmektedir (TOVAG, 2015)[13].

OYM'de temel stratejiler; yangını önleme, söndürme ve yangın sonrası rehabilitasyon aşamaları olarak sıralanabilir. Orman yangınları çeşitli yöntemlerle tespit edilebilir. Ülkemizde yangın önleme çalışmaları kapsamında; gözlem ve haberleşme, 616 adet haberleşme merkezi ve 776 adet yangın tespit kulesi ile yapılırken, öte yandan yangın hassasiyeti olan orman bölge müdürlükleri için Yangın Erken Uyarı Sistemi (YEUS) kurulumu yapılmış, yapılan çalışma örnekleri Şekil 1.4. a ve b'de gösterilmektedir. Bu amaçla 324 kamera monte edilmiş 162 gözetleme kulesine ilaveten, 62 adet insansız

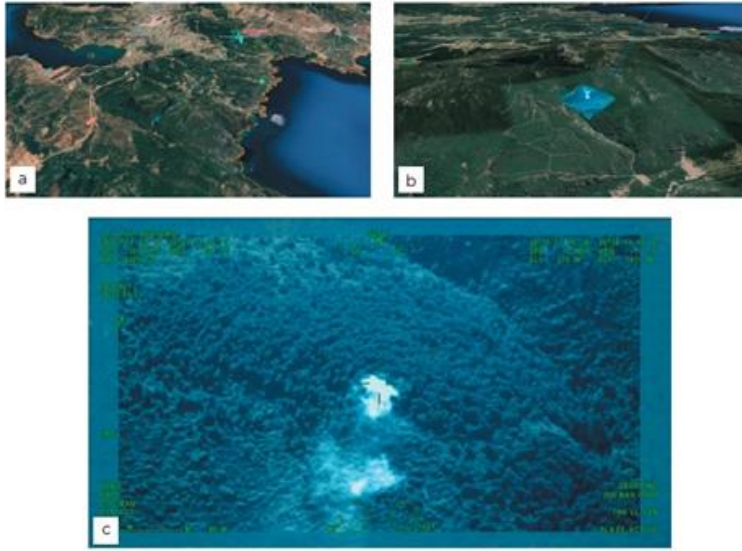
kule kurularak yangınların gözlemi yapılmaktadır. 2020 yılı orman yangınlarında bu çalışmalar neticesinde, ilk müdahale zamanı 12 dakika gibi kısa bir sürede yapılabilmektedir(Pakdemirli ve Ark. 2021)[14]



Şekil 1.4. Yangın Gözetleme Kuleleri ve Kameraları

Bir diğer tespit yöntemi olan IR tespit cihazları, kızılötesi algılama mantığına dayanmaktadır. Hava devriyelerinin yanı sıra IR teknolojiyi kullanan hava araçlarınca, menzil içerisinde bulunan alevler tespit edilebilmektedir. Bu mihmalde Kanada Kuzeybatı Bölgeleri Hükümeti (GNWT)’nin de, termal görüntüleme teknolojisine sahip uçakları, yangın çalışmalarına yardımcı olması anlamında kullandığı bilinmektedir (URL-4)[15]

Son yıllara, orman yangınlarıyla mücadelede kullanılan teknolojilere önemli ilerlemeler damga vurmaktadır. 2020-2021 senelerinde ülke ormanlarımızdaki ilk yangın noktalarının tespit edilmesi, konum ve görsel veri sağlanması maksadıyla İHA’lardan faydalanılmıştır. İHA’larla herhangi arazi görüş engeli olmadan oldukça geniş alanlar taranarak, çıkan yangınlar çok daha hızlı tespit edilmekte, izlenebilmektedir. Devam eden yangın çalışmalarında Şekil1.5.a, b ve c’de görüldüğü haliyle İha’ların, termal özellikleri sayesinde sıcak bölgeleri tespit ederek, yangın yönetim birimlerine iletmekte, hızlı ve etkin müdahale amacıyla operasyona katkı sağlamaktadır. (Ambrosia ve Ark 2015)[16]



Şekil 1.5. İHA Yardımıyla Yangınların Tespiti

Yangınların söndürülmesinde günümüzde kullanılmakta ve gelecekte İHA'ların daha efektif olarak kullanılması düşünülmektedir. İHA'ların etkin kullanımını optimize etmek için, tespitin yanında söndürmeye yönelik Ar-Ge çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir.

Mevcut uyarı sistemlerinin yanında son dönemde artan milli teknoloji hamlesi ile ortaya çıkan ürünlerden Karayel, Anka, Aksungur, Akıncı gibi insansız hava araçları (Yetgin, M. A., & Baştuğ, M. (2021)[17], pek çok alanda opsiyonel olarak kullanılırken OGM bünyesinde bulunan Bayraktar TB-2 iha'larımız da orman yangınlarıyla mücadelede görev almaktadır. Yangın mahallerine yakın, meydanlarda konuşlanan TB-2 iha'lar tek seferde 400 km² lik bir alanı, yüksek çözünürlüklü termal kameralar vasıtasıyla tarayabiliyorken, 185 km kadar uzaklıktaki yangınlarıysa daha başlangıç anında tespit edebilme yeteneğine sahiptirler.

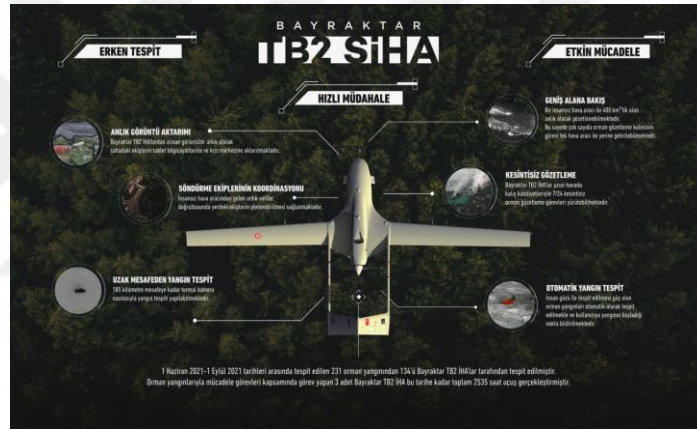


Şekil 1.6. Bayraktar TB2 İHA'ların Yangın Tespitleri

Şekil 1.6. ve Şekil 1.7. 'de görülen TB-2 İhalar bu kapsamda;

Ankara Yangın Yönetim Merkezi ve ilgili birimlere görüntü işleme ile anlık yangın tespiti, görüntülerin aktarımı, görüntülerin arşivlenmesi, Kuzgun sistemi ile görüntülerin tablete canlı ve anlık olarak aktarılması, merkez ile saha ekiplerinin iletişimi, yangın mücadele araçların anlık konumlarının OGM haritası üzerinden canlı olarak izlenmesi ve yangın bölgesine yönlendirilmesi, meteorolojik veri analizi ile yangın bölgesindeki anlık rüzgâr bilgileri, yangının ilerleme yönü ve şiddetini hesaplama hizmeti ile yangın tespiti ve koordinesinde kullanılmaktadır.

Keşif / Uyarı sistemlerinden alınan malumatlar Yangın Yönetim Merkezince değerlendirilip ilgili yangın bölgesindeki söndürme ekipleri koordine edilmek suretiyle, yangına karadan ve havadan süratle müdahale edilebilmektedir (URL-5) [18]



Şekil 1.7. Bayraktar TB2 Siha

Oksijen, Isı ve yanıcı madde, üçlününün bir araya gelmesi ile ortaya çıkan yanma durumu, kontrol altına tutulamaz ve bu reaksiyon kendi enerjisiyle sürdürebilir bir hal alırsa yangın süreci başlayacaktır. Rüzgâr, nem, sıcaklık, basınç, irtifa, yağış gibi faktörler Şekil 1.8.'deki bilgiler ışığında, yangın yayılımına tesir etmektedir (Küçük, Ö., & Sağlam, B. 2004) [19].

Yangın Faktörleri ve Zaman / Mekan İlişkisi			
	Hava halleri	Yanıcı madde	Topografya
Nelerdir	Atmosfer basıncı, sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, bağıl nem, yağış	Miktarı, boyutu, yatay ve dikey sürekliliğiyoğunluğu, nem içeriği, kimyasal bileşimi	Yükseklik, yamaç durumu, yamaç eğimi, yamaç açısı, bakı
Zaman	Zamana göre değişir, yanıcı madde nemini ve dolayısıyla tutuşmasını etkilemektedir	Yanıcı madde nemi zamana göre değişir. Belli dönemlerdeki kar-rüzgar devriği, böcek zararı, üretim artıkları ve hava olayları değişimleri etkilidir	Sabittir
Mekan	Topografik yapı farklılıkları hava durumu faktörlerini etkiler	Toprak özellikleri değişimi yanıcı madde özelliğini belirler	Özellikle dağlık ve tepelik kısımlarda yangınla ilgili mekansal değişimler gözlenir
Etki biçimi	Yangının davranışını(yayıma hızı, yönü ve şiddetini) etkiler	Yangına malzeme hazırlamasıyla yangın şiddetini etkiler	Yangının yayılma hızı ve yönü üzerinde oldukça etkilidir
Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi (2004)			

Şekil 1.8. Yangın Faktörleri ve Zaman/Mekan İlişkisi

Dünyadaki yangın söndürme örnekleri, karmaşık orman yangınlarının suyla (en yaygın yangın söndürücüsü) söndürülmesinde en etkili yöntemin helikopterler vasıtasıyla olduğunu göstermektedir. Bu teknik haricinde, hem zemin hem de tepe yangını olarak orman yangınlarına müdahalede erişilemeyen, karadan ulaşım imkanı olmayan, zor, uzak ve sarp bölgelere; baraj, göl, deniz gibi su kaynaklarını kullanarak yangına müdahale edilebilen başka bir yöntem bulunmamaktadır.

Bundan dolayı günümüzde dağ ve orman yangınlarına müdahale etmek için helikopter gövde altı vincine bağlı su kovaları (HSK) kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda sistemin harici su tankından yangın üzerine veya çevresine su dökmek en yaygın müdahale yöntemi olarak görülmektedir. Orman yangınlarında helikopter kullanmanın faydaları; birçok yerden su alıp bırakabilmesi ve uçaklardan farklı olarak iniş-kalkış yerleri bakımından herhangi bir piste bağlı kalmamasıdır (Seyzinski, D. T 2019) [20].

Önceki yıllarda çeşitli hava aracı modelleri ile ilgili bilimsel araştırmalar da yapılmıştır. Örneğin Biggs (2004a), 64F Aircrane Helitanker için 1997-1998 yangın sezonu boyunca operasyonel başarı oranları incelemiş, yine Biggs (2004b), Simplex 304 model helikopter gövde altına bağlı harici su kovaşından orman yangınlarına suyun bırakılmasının performansını değerlendirmiştir. Hava araçlarında kullanılan geciktirici mayiler de Giménez ve ark. (2004) tarafından incelenmiştir (H.Biggs.2004) [21].

Yangınla savaşta zamanlama önemlidir, bu sebeple ilk müdahalenin hızlıca yapılması gerekir. Yangına hemen müdahale edilirse bir bardak su yeterlidir. 1 dakika sonra bir

kova, 5 dakika sonra ise 600 litre suya ihtiyacınız olacaktır ve o süre geçtikten sonra önemli ekipmanlar zorunlu hale gelecektir (Fidanza, R., ve Denante, M. 2010)[22].





2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür taramaları araştırma konuları kapsamında; yazarların özenle hazırladığı kaynaklar ve özellikle konumuz olan HSK ile havadan söndürmede yangın geciktiricilerle bağdaşan hususlar göz önüne alınmıştır. Yangın kavramları, orman yangınları, orman yangınlarında yapılan havacılık faaliyetleri, burada kullanılan uçaklar, helikopterler, İha'lar, HSK'lı yangınla mücadele operasyonları, yangın geciktirici mayiiler ve geciktiricilik kapsamda yapılan çeşitli deneyleri ihtiva eden bu çalışmada bahsedilen konular ve yazarların açıklaması Tablo 2.1.' de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Çalışmada Geçen Konular ve Yazarlar Çizelgesi

Konular	Yazarlar
Yangın Kavramları ve Orman Yangınları	Halk Sağlığı Uzmanları Derneği 2021, OGM, MGM, Dilekçi ve Ark.2021, Tarım Orman Şurası 2021, Ceyhan Özten OBM, WMO, statica 2019, NICC, Abdurrahmanince.com, HSS Yanma ve Yangın Kitabı, NWCG USDA 1990, Siebein 2022,
Orman Yangınlarında Havacılık Faaliyetleri Ve HSK	Kurnaz,S.&Sunar,O.N.2021, OGM 1995, ERTUĞRUL, M. 2005, E.BİLGİLİ, 2014, El Mundo 2021, Biggs H,2008, Öymen, T. 1990, NFPA 1998, E. Marchi ve Ark.2014, Vélez Munoz 2002, DT Seyzinski. I Georgiev ve HP Panayotov 2019, Akay A. Ve Ark.2008, Skorsky UH-60 Operator Manuel, T.C. İçişleri B.2021, N.AY 2010,USDA 2001c, Jambrik 2007. Imreh at al. 2009, Jendsch W.2008, Okanagan Helicopters Ltd, Edmonton A, Bambi Bucket 2015, V. M. EFIMENKO 2009, Mosov ve Horsky 2022,
Yangın Geciktirici Mayiiler	Buhl K. J. and S. J. Hamilton. 1998, NWCG 1990, NWCG 1993, Adams, R. & Simmons, D.1999, Buhl ve ark. 1998, USDA 1998a, George C.W. 1988, Restas A. 2020, Restás Á. 2014, Küçükosmanoğlu A. 1994, Alder R. 1990, M.ERTUĞRUL 2007, Regent A ve Ark. 2018, Kızılkaya ve ark.2020, TOPÇU U. & SOYHAN H. S. 2022, Eickner H. W. 1966, WHITE/IDIETENBERG 1999, LeVAN S.L. WINANDY J.E. 1990, ÇolakS. Ve Ark. 2002, Etimaden 2023, TMMOB 2003, Le Van 1984,
Araştırma Bulguları (Deneyler)	Eliçin G.1971, Yalınkılıç ve Ark. 2020, Le Van ve Ark.1990, Terzi E. 2008, Safford H.D ve Ark.2009, Ayrılmış N. 2006, Akıncıtürk ve ark. 2003, Kaya M. Oz D.1999, Holmes C. A. 1974, RICHARDSON 1993, HOLMES 1977, İLHAN R.. 1988, Alkış S 2002, TS 862-7 EN 3-7 + A1 2010, Berkel 1972, Hafizoğlu H. Ve Ark.1994, Örs ve Ark. 2002, Doğan N.2008, Uysal ve Ark 2008, Peker H. ve Atılğan A. 2015,



3. YANGIN KAVRAMLARI VE ORMAN YANGINLARI

3.1. Yangın Kavramları

3.1.1. Yanma

Yanma olayı yanıcı maddenin ısı kaynağı ile oksijenli bir ortamda bir araya gelmesi ile ortaya çıkarak kontrol altında tutulabilen, kimyasal egzotermik bir olay olarak bilinmekte, yanma sürecinin idamesi için zincirleme reaksiyon oluşması gerekmektedir (Hakan, S. S., C. Ö. 2020) [23].

3.1.2. Yangın

Yanıcı maddenin ısı ve oksijen ile birleşmesi ile başlayan ve kontrol edilemeyen yanma olayına yangın denilmektedir (ÇETİNER E.)[24]. Yangınla mücadelede öncelik, zaman yönetimiyle ilk müdahaleyi ilk anda gerçekleştirebilmekten geçmektedir.

3.1.3. Yangın kavramları

İnsanlığın varoluşundan bugüne kadar sıkça karşılaşılan, kontrol edilemediğinde ise felaketlere sebep olan bir kavram olarak yangınlar başlıca üç temel unsurun bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Yanıcı maddeler, yeterli oranda hava ve tutuşma sıcaklığı ile yangınları ortaya çıkabilmektedir. (E.ÇETİNER) [24]

3.1.4. Yanıcı maddeler

Doğada katı, sıvı ve gaz olarak üç halde bulunan maddelerin yanabilmesi için bir dönüşüme girmesi ve gaz forma ulaşması gerekmektedir. Yanıcı maddeler yanma reaksiyonu ile oksitlenebilen, yanan maddeler olarak bilinmektedir. (HSS Yangın ve Yaşam Kitabı sf. 27) [25].

3.1.5. Oksijen

Şartlar olgunlaştığında neredeyse bütün maddeler yanabilir bir hal alabilirken bunların yakıcı maddesinin sadece oksijen olduğu bilinmektedir. Yanmayı sağlayan unsurlardan biri olan havanın içerisinde bulunan oksijen miktarı %20,9'iken yanma için ihtiyaç duyulan minimum miktar %14 olarak bilinmektedir. Oksijen yanma üçgeninin olmazsa olmazlarından biridir.(Polat A, 2023.) [26]

3.1.6. Isı

Maddenin sürekli hareket halinde bulunan moleküllerinin sıcaklığının artırılması ısı sayesinde olabilmektedir. Isı suyun donması, odunun kül olması gibi fiziksel olarak maddeyi katı halden sıvı ve gaz hale çevirebilmektedir. Sıcaklık ve ısı arasındaki fark; sıcaklık cisimdeki ısı enerjisi miktarının ölçüsü iken ısı ise joule cinsinden bir enerji birimidir.(ÇETİNER.E, Yanma ve Yangın Kavramları, Yanma ve Yangın Dersi Açıköğretim Fakültesi Atatürk Üniversitesi) [27]

3.1.7. Yangınların sınıflandırılması

Yangını tanımlanması ve müdahalede kullanılacak uygun ürünlerin seçilmesi adına yangın sınıflandırılması yapılmaktadır. TS EN 2' ve TS EN 2/A1'e göre yangınlar,A,B,C,D,F sınıfı olarak 5 sınıfa ayrılmış, Tablo 3.1.'de yangın sınıfları karşılaştırılmıştır (URL-6) [28].

SINIF A: Kağıt, ahşap , saman, kömür, ot gibi katı yanıcı maddelerin alevli ve korlu olarak yandığı yangınlardır. Çalışmamızın ana odağı orman, yani ahşap yangınları olmaktadır. Bundan dolayı yapacağımız deneylerde ahşabın yanma durumunu çalışacağız. [28]

SINIF B: Mazot, benzin, boya, tiner ve muadil yapıdaki yanıcı sıvıların meydana çıkardığı yangınlardır.[28]

SINIF C: Hidrojen, metan, lpg ve benzeri gaz halde bulunan yanıcı maddelerin meydana getirdiği yangınlardır. Bu yangınlara müdahalenin kuralı, gaz kaynağı kesilerek soğutma ve söndürme yapılması olarak bilinmektedir.[28]

SINIF D: Alüminyum, magnezyum, titanyum ve benzeri hafif metal yangınlarıdır.[28]

SINIF F: Mutfakta kullanılan tava yağlarının, endüstride kullanılan madeni vb. yağların belli bir sıcaklık eşiğinin aşılması sebebi ile otomatik olarak beliren yangınlardır. Asla su ile müdahale edilmemelidir, aksi halde tahmin edilemeyecek parlamalar ve patlamalara sebebiyet vermektedir [28].

Tablo 3.1. Dünyada ve Türkiyede Yangın Sınıfları

Dünyada ve Türkiyede Yangın Sınıfları				
Türkiye	Avrupa	Amerika	Avustralya/ Asya	Yakıt/ ısı kaynağı
A Sınıfı	A Sınıfı	A Sınıfı	A Sınıfı	Sıradan Yanıcı
B Sınıfı	B Sınıfı	B Sınıfı	B Sınıfı	Yanıcı Sıvılar
C Sınıfı	C Sınıfı	B Sınıfı	C Sınıfı	Yanıcı Gazlar
Sınıflandırılmayan	Sınıflandırılmayan	C sınıfı	E Sınıfı	Elektrikli Ekipmanlar
D Sınıfı	D Sınıfı	D Sınıfı	D Sınıfı	Yanıcı Metaller
F Sınıfı	F Sınıfı	K Sınıfı	F Sınıfı	Bitkisel veya Madeni yağ

3.2. Orman Yangınları

Orman yangınları ağaçların etrafında bulunan yanıcı maddelerin tutuşmasıyla, birlikte büyüyerek, geniş alanlara yayılabilen A sınıfı yangınlar olarak bilinir. Yangından korunmayla birlikte, önleyici husular ve söndürme amaçlı pogramlara hazırlıklı bulunmak gerekmektedir (URL-7)[29].

3.2.1. Dünya’da orman yangınları

Orman yangınlarının sıklığı, son yıllarda etkisini artırarak gösteren iklim değişikliği krizi ile birlikte, sıcaklıkların yükselmesi, kuraklığın artması, sıcak hava dalgaları gibi meteorolojik ve iklimsel koşullar sebebiyle yükselişe geçmiştir. Amerika’da 2000 yılından bu yana 70 binin üzerinde orman yangını çıkmıştır. (Wildfire Statistics,2021)[30]. Ortaya çıkan yangınların çoğunun sebebi bilinmeyen Kanada ormanlarında 2000 yılından başlayarak senede 2.2 milyon hektarlık bir alanın yanmaktadır. Sadece 2022’de 4883 orman yangını meydana gelmiştir (URL-8), [31]. ABD’nin Kaliforniya eyaletinde olağan bir doğa olayı olarak görülen orman yangınları bu şehire büyük zararlar vermiştir. 2021 senesinde ortalama yağış miktarının normalin altına düşmesi ve ortalama sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerinde seyretmesiyle büyüyen kuraklık orman yangınlarına elverişli koşullar oluşturmuş, Kaliforniya genelinde 1 milyon hektara yakın alanın yanmasına sebep olmuş ve 7.000’in üzerinde orman yangını tespit edilmiştir. 2021 senesi yangın döneminde en kapsamlı orman yangını ve yangın tarihinde de ikinci büyük yangın olarak bilinen Dixie Mega yangınında 388.000 hektardan fazla ormanlık alanı yakmıştır. Yangınların binalara sirayet etmesiyle 1.200 aşkın binada büyük hasar görülmüştür (URL-9) [32].

3.2.2. Türkiye’de orman yangınları

Orman Yangınları zemin ve taç yangını olarak ikiye ayrılmıştır. Zeminden başlayarak ilerleyen örtü yangınları devamında dalları, yaprakları ve bütün ormanı yakan yangınlardır. Taç yangınları ise ağaç dallarının üst kısımlarında, yükseklerde başlayan ve zemine doğru inerek ağaçların kurumasına sebep olan yangın türleridir (Ceyhan Ö. 2016) [33]. Türkiye Cumhuriyeti tarihine baktığımızda ilk verilerin 1930’ların sonundan itibaren tutulmaya başlandığı ve 2018 yılına kadar 1.5 milyon hektarın üzerinde alanın yandığı kaydedilmiştir. Ülkemizde son 10 yıllık periyotta yıllık ortalama 2300’ün üzerinde orman yangının çıktığı ve yılda ortalama 9.000 hektar alanın zarara uğradığı bilinmektedir (OGM,2019)[34].

Akdeniz iklim kuşağı üzerinde bulunan ülkemize baktığımızda orman yangınlarının %41’i Ege, %24’ü Akdeniz , %22’si Marmara ve %13’ü diğer bölgelerde ve orman yangınlarının tamamına yakını Haziran-Ekim ayları arasında yangın dönemi olarakta bilinen zamanlarda olduğu görülmüştür. Gün içerisinde gerçekleşen yangınların tamamına yakını gündüzleyin ve bunlarında yaklaşık 3’te 1’lik kısmı öğlen saatlerine denk gelmektedir. Bundan dolayı ülkemiz şartlarında çıkan orman yangınlarının beşeri faaliyetlerin en yoğun olduğu zaman dilimlerinde gerçekleştiği ve yangınların birçoğunun insan odaklı faktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir (Doğanay H,& Doğanay S.2004)[35].

3.2.3. Orman yangınlarının sebepleri

Orman yangınları doğal ve beşeri faktörlere bağlı olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal kaynaklı yangınlar; sıcaklığın 40°C üzerinde, nemin %20’nin altında seyretmesiyle, rüzgarlı havalarda kuru odunların birbirleriyle sürtünmesi veya yıldırımlara maruz kalmasına gibi sebeplerle oluşmaktadır (URL-10) [36]

Günümüz orman yangınlarının birçoğunu oluşturan beşeri faktörler ise; piknik alanlarında söndürülmeyen ateşler, söndürülmeden atılan sigara izmaritleri, gelişmiş güzel bırakılmış cam şişeler, çöpler, anız yakılması, ihmal ve kundakçılık olarak söylenebilir. İhmal ve dikkatsizlik sonucu yangın çıkma oranı Türkiye’de %58, kasten yangın çıkma oranı %13, yıldırım kaynaklı yangın çıkma oranı %8 ve bilinmeyen sebeplere dayalı yangınların %21 oranında zarar verdiği bilinmektedir (Dilekçi, S ve Ark 2021)[37].

4. ORMAN YANGINLARINDA KULLANILAN HAVA ARAÇLARI VE HELİKOPTER SU KOVALARI(HSK)

Orman yangınlarında karadan söndürmenin yanında havadan müdahale edilmesi de önemlidir, yangınların kontrolünde bu maksatla uçaklar ve helikopterler kullanılır. Hava araçları keşif yapmak, yangına geciktirici veya suyla doğrudan müdahalede bulunmanın yanında, bölgeye malzeme ve ekipman desteği sağlamak, itfaiye ekiplerini taşımak ve konuşlandırmak içinde efektif olarak uçurulmaktadır (Kurnaz,S.&Sunar,O.N.(2021)[38]. Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından havadan müdahale kapsamında 1985 yılında uçaklar, 1988 yılında ise helikopterler envantere alınarak Yeşil Vatanın muhafazasında kullanılmıştır (OGM, 1995)[39]. 2003 yılı yangın sezonu içerisinde Kanada'ya baktığımızda, ülke özelinde 7000'e yakın yangın çıkmış ve 1.082.867 hektarlık alan yanarak kullanılamaz hale gelmiştir. Kanada Ormancılık Örgütü 2003 yıl sonu değerlendirme raporunda, çıkan yangın sayısı açısından ortalama bir yıl olmasına rağmen, yanan alan miktarında artışlar olduğunu belirtmiştir. Kanada geneline kıyasla, nispeten kuru geçen mayıs ayından sonra özellikle Ontario ve Manitoba eyaletleri, orman yangınları özelinde tehlikeli bir sezona yönelmektedir ve bu iki eyalette insan kaynaklı yangınlarda önemli artışlar yaşanmış, tehlikenin artması ile birlikte 2003 yangın sezonu içerisinde CL 215 hava tankerleri Saskatchewan'dan, Manitoba'ya kaydırılarak tedbirler artırılmıştır. Buna rağmen şiddetli yangın davranışları sebebiyle bazı yangınlar ilk müdahaleyi atlatarak büyük yangın seviyelerine ulaşmışlardır (ERTUĞRUL, M. 2005) [40]. 2008 yılı Antalya Serik-Taşagıl'da; enerji iletim hattında, şiddetli rüzgar sebebiyle tellerin birbirlerine temas etmesi ve neticesinde oluşan kıvılcımın, ot, yaprak, dal vd yanıcı kuru maddelerle temas etmesi sebebiyle çıkan yangının büyüme durumu hasıl olmuştur. Birçok bina, depo ve içerisinde canlı hayvanların barındığı ahırları da hedef alan yangında yaklaşık 17 bin hektar alan yanarak zarar görmüştür. Yangın söndürme çalışmalarına 2 amfibik uçak, 9 helikopter, '5' THK uçağı ile karadan söndürme kapsamında 225 arazöz, 45 dozer, 150 teknik eleman ve 1300 yangın işçisi katılım sağlamıştır (E.BİLGİLİ, 2014) [41].

2021 yılı Türkiye orman yangınlarına müdahale için 3 uçak ve 39 helikopter kullanılmış ve yaklaşık 140 bin hektar ormanlık alan yanmıştır (URL-11) [42]. Sıradışı bir yangın olması hasebiyle İspanya'nın Malaga eyaletinde meydana gelen dev yangında, Eylül 2021'de hava operasyonlarına 51 uçak ve helikopter katılmıştır. Yangınla mücadelede bir günde neredeyse bine yakın itfaiyeciye destek verilmiştir (El Mundo 2021)[43].

Her ülke kendi imkanları ölçüsünde, envanterinde bulunan hava araçlarıyla veya kiralık olarak bulundurdıkları uçak, helikopterler marifetiyle, yangınla savaşta kazanım sağlamaktadırlar. Orman Yangınlarıyla Mücadele (OYM)'de kullanılan bazı hava araçlarının özellikleri Şekil 4.1.'de belirtilmektedir.

UÇAKLAR			HELİKOPTERLER		
Hava Aracı Tipi	Yük/Su Miktarı	Seyir/Atım Hızı	Hava Aracı Tipi	Yük/Su Miktarı	Maksimum Hızı-Menzili
Martin Mars	27215 kg	248 km/h (atım hızı)	MI-8	2,5 ton su	260 km/h-450 km
S-2E Tracker	4,5 ton su	423 km/h-225 km/h	Erickson S-64F	10 ton su	203 km/h-370 km
Boing MD-87	3000 galon	350 mil/h	Boing CH-47 Chinook	3000 galon	175 mil/h
Boing 737-300	4000 galon	350 mil/h	Sikorsky S-70/UH-60 NG	900 galon	180 mil/h
Viking Q-400	2600 galon	375 mil/h	Airbus H215/225	1000 galon	160 mil/h
C-130 Hercules	19 355 kg	555 km/h (seyir hızı)	AW 109	1000 kg	285 km/h-964 km
CL-215	4500 lt	291 km/h-123 km/h	Sikorsky S-76B	2100 kg	287 km/h
M-18 Dromader	2500 lt	225 km/h (maks. hızı)	BK 117	1200 kg	262 km/h-541 km
Q400	9800 lt	612 km/h (seyir hızı)	AS 355 Ecureuil	1300 kg	278 km/h-703 km
AT-802F	3104 lt	315 km/h-193 km/h	Bell 412	2200 kg	259 km/h-745 km
OV-10As		414 km/h (maks. hızı)	Ka-27 Helix	4500 kg	270 km/h-980 km
CL-415	6 ton su	377 km/h (maks. hızı)	Ka-32A	5000 kg	260km/h-1135 km
Be-200	12 ton su	220 km/h (atım hızı)	SA365 Dauphin 2	2000 kg	306 km/h-827 km
Kaynak: Ay, 2010: 18-40; USDA Forest Service, 2020.					

Şekil 4.1. OYM'de kullanılan hava araçlarının özellikleri

4.1. Yangın Söndürmede Kullanılan Uçaklar

Havadan yangın söndürme ve soğutma kapsamında kullanılan uçaklar, suya ve piste iniş kalkış yapabilen uçaklar olarak ayrılmaktadır. Orman yangınlarına müdahalede, taşıma kapasiteleri yüksek olan tanker uçaklar söndürme etkinliğini arttırmaktadır lakin yeniden su ikmali yapması için, iniş kalkış ve ikmal maksadıyla havaalanına ihtiyaç duymaktadır. Suya iniş kalkış yapabilen amfibik uçaklar ile yakın mevkilerdeki kaynaklardan su ikmali yapılarak, zaman yönetimi kapsamında kısa sürede müdahale sağlanabilmektedir. (Kurnaz, S. & Sunar, O. N. (2021)[44]

OYM'de kullanılabilen uçaklar hakkında gerekli bilgiler şöyledir;

Yangın uçakları üç gruba ayrılmıştır. Birincisi komuta kontrol ve keşif uçakları yangını takip ederek ekipleri yönlendirir. İkincisi amfibik uçaklar su üstüne iniş yapar, suyu alır ve kalkarlar. Üçüncüsü, yük ve insan taşımacılığında yangın söndürme uçağına dönüştürülen klasik tanker uçaklardır ve dahili su depolarını ancak meydanlara inerek doldurabilirler.(URL-12) [45].

4.1.1. Grumman s-2t tanker uçak

Abd ürünü S-2T; Ülke Donanmasında, 1954-1972 yılları arasında S-2E/G, taşıyıcı tabanlı denizaltı karşıtı olarak kullanıldıktan sonra, dahili su depoları takılmasıyla yangın uçağına dönüştürülmüştür. Şekil 4.2.'de görülen uçak Maksimum 305 Mph (488 km/saat) hızla uçabilir, birçok hava tankerinden daha küçük bir yangın uçağı olmasına rağmen 4.500 litre (1.200 galon) kadar su taşıyabilir. (URL-13)[46]



Şekil 4.2. Grumman S-2T Tanker Uçak

4.1.2. Beriev 200 chs (BE-200 chs):

Altair Beriev Aircraft firması üretimi Be-200 uçağı; deniz, baraj gibi uzun süre yol alabileceğı bir kaynak üzerinde seyrederken tanklarını 12000 lt. kadar suyu (yangın geciktirici) ile doldurabilen bir amfibi uçaktır. Şekil 4.3.'de görülen uçak 72 yolcu kapasitesiyle insan ve kargo taşımacılığının yanı sıra 30 sedye kapasitesiyle ambulans, hava devriyesi ve arama kurtarma maksatlarıyla da farklı işlevlere dönüşebilen çok maksatlı amfibik bir uçaktır URL-14 [47].



Şekil 4.3. Beriev 200ChS Amfibik Yangın Uçağı Su Üzerinden İkmal Yaparken

4.1.3. Boeing 747

Boeing 747; yangın üzerine alçalarak yaklaşık olarak 400-800 feet irtifalardan yaklaşık 24.000 galon yangın geciktiriciyi dağıtan basınçlı bir sistemle söndürme soğutma çalışmalarında yer alabilen hava tankeridir. Şekil 4.4.'de görülen 747 süper tankerin yerde doldurulması yaklaşık 30 dakika sürmektedir. Yolcu, yük ve ambulans maksadıyla farklı konseptlerde de kullanılabilmektedir URL-15[48].



Şekil 4.4. Boeing 747 Yangın Üzerine Geciktirici Uygularken

4.1.4. Canadair-CL-415

Kanada ürünü diğer bir uçak ise Şekil 4.5.'de görülen CL-415; suya iniş kalkış marifatiyle dâhili tankları sayesinde 6000 lt. kadar suyu, yangın geciktiricide ilave ederek, yangın üzerine bırakabilme yeteneğine sahiptir URL-16 [49].



Şekil 4.5. Canadair CL-415 Su Alırken

4.1.5. L-188 electra

Normal yükte; 330 knot hızla 4 saatlik toplam uçuş süresine sahiptir. Önceleri yük ve yolcu uçağı olarak kullanılmıştır. Yapılan dönüşümle birlikte yangın kapsamında kullanılabilir. Şekil 4.6.'da görülen L-188 dahili tanklarına, havaalanından dolduracağı 11000 lt.'yi aşkın su ile yangına müdahale edebilen tanker uçak olarak bilinir (URL-17)[50].



Şekil 4.6. L-Electra Yangın Uçağı

4.1.6. Avro rj85 at

Hunter olarak da bilinen, 11355 litre kadar suyu tutarak yangın bölgesine bırakabilen, çok maksatlı olarak yolcu ve yük taşımacılığında da kullanılabilen bir diğer air tankerde, Şekil 4.7.'de görülen RJ85'dir. Dört motorlu RJ85 özel bir geciktirici dağıtım sistemiyle söndürme soğutma çalışmalarına katkı sağlamaktadır(URL-18)[51].



Şekil 4.7. Avro RJ85 AT Yangın Geciktirici Uygularken

4.1.7. Air tractor at-802

Tek motorlu hava tankeri olarak Şekil 4.8.'de görülen AT 802 havaalanı pistlerinin yanında kısa toprak şeritlerden ve / veya halka açık otoyollardan iniş kalkış yapabilen, ortalama 270 km/h bir çalışma hızına ulaşan AT 802'ler, itfaiye aracı veya su deposundan ikmal edilip, dahili deposu doldurularak 3104 lt. su, 68 lt. köpük alabilen, taktiksel, pratik bir hava aracıdır. AT 802'nin Fire boss modeli ise suya inişle birlikte sudan ikmal yaparak dahili su depolarını doldurarak yangına hızla müdahale edebilir (Biggs H,2008) [52].



Şekil 4.8. AT 802 Yangın Uçağı

4.2. Yangın Söndürmede Kullanılan Helikopterler

Yangın helikopterleri; iniş kalkış yeri anlamında piste ihtiyaç duymayan, dar ve sarp alanlara erişim imkanı olan, havada sabit durabilen, o günkü sıcaklık, uçulacak irtifa, motor değerlerinin de göze alınmasıyla yapılacak kaldırma kapasitesi hesabına göre söndürücü maddeyi havadan bırakabilen çok yönlü olarak kullanım imkanı olan döner kanatlı hava araçlarıdır.

Helikopterler yangına hassas bölgelerde en fazla 7 dakika içinde havalanarak yangın mahalline 20 dakikanın altında ulaşacak şekilde konuşlandırıldığında, harici su kovası veya gövde altı tankı marifetiyle ilk müdahalede etkili sonuçlar alındığı bilinmektedir. Aynı zamanda helikopterler havadan keşif ve yangın yönetimi amacıyla, yangına doğrudan müdahale haricinde gerektiğinde yangın mahalline kumanya, sıhhi malzeme taşıma, bölgedeki hasta ve yaralıların taşınması işlerinde, yangın yerine hareket halinde olan kara taşıtlarının yönlendirilmesinde de kullanılabilirler (Öymen, T. (1990).) [53].

NFPA’ye göre helikopterler kaldırma kapasiteleri ve iniş/kalkış yapabilmeleri için önemli olan, ana rotor uç kısmından kuyruk rotor sonuna (uçtan-uca) kadar mesafeleri bildiren ebatlarla Tablo 4.1.’de sınıflandırılmıştır (NFPA, 1998)[54];

Tablo 4.1. NFPA’ e Göre Helikopter İniş/Kalkış Yerlerine Ait Bazı Standartlar

NFPA’ e Göre Helikopter İniş/Kalkış Yerlerine Ait Bazı Standartlar				
Helikopter Sınıfı	Max.Pistin Ağırlığı	Taşıma	İniş Takımlarının Oturacağı Min.Yüzey Ölçüsü	Min.İniş/Kalkış Alan Çapı
Hafif helikopterler	7000 lb (3178 kg)		15 ft×15 ft (4,6 m×4,6 m)	75 ft (23 m)
Orta helikopterler	15.000 lb (6810 kg)		20 ft×20 ft (6,1m×6,1 m)	90 ft (27 m)
Büyük helikopterler	60.000 lb (27.240 kg)		30 ft×30 ft (9,1 m×9,1 m)	100 ft (33 m)

Temel ölçüler, yapılacak çalışmalar için gereken hesaplamalarda baz alınmaktadır. Bununla birlikte o andaki hava sıcaklığı, saldırı yapılacak konum veya konumların irtifası, rüzgar yönü ve şiddeti, su kovaşında kullanılacak olan halatın uzunluğu, halat uzunluğunun gerektirdiği hız limitleri gibi opsiyonlar için önem arz etmektedir. Bunlara ilaveten gerekli olan diğer uçuş emniyeti unsurları ve uçuş hesaplamalarından birinin dikkate alınmaması, en basit ifadeyle kaza kırım, beklide can kaybı veya kayıplarına giden süreci hızlandıracaktır.(NFPA, 1998)[55]

Uçuş ekibi tarafından doldurulan formlarla; 1998-2005 yılları arasında Toskana bölgesinde orman yangınlarının yoğun olduğu en kritik aylar olan Temmuz-Ağustos aylarına ait tek helikopter uçuşuna ilişkin veriler derlenmiştir. Uçuş formundan alınan doneler; tarih, kalkış zamanı, kalkış yerinin konumu, yangın mevkii, helikopter tipi, uçuş ekibinin adı-soyadı, uçuş süresi ve yapılan su atım sayısı olarak kaydedilmiş, ardışık uçuşlar altalta eklenerek toplam uçuş süresi belirlenmiştir. Yangın tarihi, yeri, yanan orman alanı ve toplam yangın alanı ise bölgesel bazdaki veri tabanı marifetiyle elde edilmiştir (E. Marchi ve Ark.2014) [56]

Helikopterler ve hava tankerleri, yangın büyümesinin ilk aşamalarında son derece etkili yangınla mücadele araçlarıdır ve 1970'lerden bu yana, güney Avrupa bölge yangınlarıyla mücadelede ivedilikle kullanılmaktadır.

(Vélez Munoz 2002)[57]

Dünyadaki yangın söndürme örneklerinde, karmaşık orman yangınlarını helikopterler ile söndürmede en yaygın, yangın söndürücü maddenin su olduğu bilinmektedir. Bu teknik haricinde, hem zemin hem de tepe yangını olarak orman yangınlarına müdahalede erişilemeyen, karadan ulaşım imkanı olmayan, zor, uzak ve sarp bölgelere; baraj, göl, deniz gibi su kaynaklarını kullanarak yangına müdahale

edilebilen başka bir yöntem bulunmamaktadır. Bundan dolayı günümüzde dağ ve orman yangınlarına müdahale etmek için helikopter gövde altı kancasına bağlı su kovaları kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda sistemin harici su tankından yangın üzerine veya çevresine su dökmek en yaygın müdahale yöntemi olarak görülmektedir. Orman yangınlarında helikopter kullanmanın faydaları; birçok yerden su alıp bırakabilmesi ve uçaklardan farklı olarak iniş-kalkış alanları bakımından herhangi bir piste bağlı kalmamasıdır (DT Seyzinski, I Georgiev ve HP Panayotov 2019) [58]. Helikopter uçuş ekibi yangınla mücadele kapsamında; çalışmanın zorlu koşullarda gerçekleştiği ve uçuş mürettebatının görüşleri değerlendirilmiş, her sortide bir gerçekleşen aşamalar göz önüne alınmıştır. Havalanma ile başlayan süreç, su alma, su doldurma, suyu bırakma ve boş depoyla dönüş uçuşu olarak beş gruba bölünmüştür. Aşamaların güçlüğü derecelendirildiğinde, en zorlu aşamanın su alırken (%85,7 orta/ileri derecede)ki durum olduğu görülmüş, devamında su dolu yapılan uçuş (%71,4 orta derecede) ve son olarak suyu bırakma (%71,4 orta derecede) ile tamamlanmaktadır. Çalışma konumları dikkate alındığında, teknisyen ve pilotların tümü su almanın en sıkıntılı an olduğunu belirtmişlerdir. Yaş kategorisine göre, 45 ve üzeri yaştaki personel ise boş depoyla yapılan uçuş hariç tüm aşamaların yüksek derecede zorlukta olduğunu, değerlendirmişlerdir.

Helikopter çalışma noktaları kaza risklerine göre, su boşaltma aşamasını (%28,6 orta ve %71,4 ileri derecede) personel en zorlu, yüksek riskli olarak değerlendirmiştir. Personel %57,1 orta ve %28,6 ile su alma ve suyla dolu uçuş içinse ileri derecede riskli aşamalarda olduğu görüşündedir. Su alma ve su boşaltma aşamaları, görev alanları dikkate alındığında, pilotlarca en yüksek kaza riskine sahip olduğu belirtilmiştir. Helikopter uçuş ekibinin verdiği bilgiler ışığında, en yüksek kaza riskini taşıyan iş aşaması, su boşaltma aşaması olarak düşünülmekte, bunun sebeplerinin başında, yangınla mücadele çalışmalarında yoğun duman tabakasının pilotların görüş mesafesini sınırlaması, su boşaltma aşaması esnasında, suyun boşaltılacağı yangın noktasına yaklaşırken, yangından kaynaklanan yüksek ısı sebebiyle motora giren hava oranının azalmasıyla zorluk yaşanması gelmektedir. Şöyleki helikopterin manevra kabiliyetinin azalması, su haznesinin dolu olmasıyla ters orantılıdır bu sebeple su boşaltma aşamasındaki kaza riskini arttırmakta olduğundan, yüksek kaza riski içeren ikinci derece aşamanın su alma aşaması olduğu düşünülmüştür. Buna ilave olarak diğer bir sebepte su alma aşamasında, su kaynaklarındaki çeşitli objelere (kaya, ağaç

kökleri vb.) takılabilen su taşıma haznesinin helikopter kaldırma kuvvetini ve dengesini bozması ile bu durumun kaza riski oluşturmaktadır (Akay, A. Ve Ark.(2008)[59].

4.2.1. Sikorsky s-64f aircrane

Abd üretimi S-64F, kaldırma kuvvetinin ana çarpanı olarak sayılan 22 metre uzunluğundaki ana rotorunda 6 pal bulunduran, çift motorlu, yangın söndürme amacıyla 10000 lt kadar su alabilen, aldığı suyu gövde altındaki kapakları açarak yangın üzerine bırakabilen, yük taşımacılığı kapsamında ağır sınıf helikopter kapsamında kullanılabilen Şekil 4.9.'da gösterilen bir rotorcraft'tır. Pilotlarca kontrol edilen, hava aracı sol altına takılı olan Şekil 4.10.'da bulunan FAA onaylı su tabancası, hidrolik sistemle çalışan, tazyikli su tabancasıdır. Yangın bombası şeklinde darbeli ve nokta atış yapabilir farklı bir su atış sistemidir. Gökdelen yangınlarına ilave olarak orman yangınlarında da etkili bir donanımdır. Görev ve arazinin operasyonel ihtiyaçlarına göre isteğe bağlı olarak kullanılabilir.

Etkili menzili 160 fit (~53 metre)

Su akış hızı 300 gpm / 1.136 lpm (URL-19)[60].



Şekil 4.9. Erickson Air-Crane S-64F



Şekil 4.10. Erickson S-64F Su Tabancası

4.2.2. Sikorsky firehawk

S-70 Firehawk helikopteri, harici takılı helitakı ile 1000 galonluk (3.785 lt) su deposu ve 114 lt. geciktirici tankıyla yangın söndürme faaliyetine katkı sağlayabilen, Şekil

4.11.'de belirtilen Firehawk, su depoları boş iken arama - kurtarma, yük taşıma ve ambulans maksatlı da kullanılabilen opsiyonel bir hava aracıdır (URL- 20)[61].



Şekil 4.11. S-70 Firehawk Halitack İle Su Bırakıyor

4.2.3. Skorsky S-61

Skorsky ürünü S-61, 5 pale sahiptir, Şekil 4.12.'de görülen çift motorlu bir helikopter olan S-61, gövde altı tankıyla 3750 lt. kadar suyu, şnorkel hortum vasıtasıyla alarak dâhili depoyu doldurur ve yangın bölgesine gelindiğinde aldıkları suyu gövde altından bırakarak, yangına müdahalede bulunur (URL-21) [62].



Şekil 4.12. Skorsky S-61 Su Atarken

4.2.4. Eurocopter AS332L Süperpuma (Airbus H215):

Eurocopter firmasınınca üretilen çift motorlu AS332L'ler 4000 lt. aşkın suyu alarak, yangın söndürme yapabilirken, arama kurtarma, yük taşıma ve ambulans kapsamında da çalışabilmektedir. Şekil 4.13.'de görülen Süper Puma üretimi günümüzde, Airbus tarafından H215 adıyla sağlanmaktadır(URL-22) [63].



Şekil 4.13. Süper Puma/Airbus H215 Helikopteri

4.2.5. Uh-60/s-70 blackhawk

Skorsky üretimi S-70'ler, max. 3000 lt. kapasiteli HSK veya gövde altı tankıyla yangına müdahalede bulunabilirken, yolcu ve yük taşımacılığının yanında arama kurtarma ve ambulans hizmetlerinde de etkili bir şekilde görev alabilmektedirler (S-70, Operator Manuel), [64].

Diğer ülkelere ilaveten, Şekil 4.14.'de görülen, Türkiye'de ilk defa S-70 (Skorsky) ile orman yangını operasyonu 2021 yılında DHA tarafından başarıyla yapılmıştır (URL-23),[65].



Şekil 4.14. HSK Takılı Olan DHA S-70 Helikopteri

4.2.6. Boeing ch-47d chinook

Boeing firmasının ürünü olan CH-47D'ler yük ve yolcu taşımacılığının yanında arama kurtarma, ambulans ve yangın söndürme faaliyetlerinde de bulunabilen opsiyonel bir rotorcraft, olarak da bilinmektedir. Dahili su tankı ile 10500 lt'yi aşkın su alırken, Şekil 4.15'de görüldüğü haliyle OYM sürecine ayrıca bambi bucket ile de, katkı sağlayabilmektedir.

CH-47D Dahili Tank kapasitesi 2.800 galon (10.599 litre) kapasiteye sahiptir. Yangın tankı 60 saniyede doldurulabilir ve 4 saniyede boşaltılabilir. 6 çeşit su damlası ayarı

bulunur. 8 kapsama alanı düşüşü seçimi yapılabilir. CH-47D HSK (234 Model Kova) Kapasitesi 2.600 galon (9.842 litre) kapasitesi vardır.107-II Kova kapasitesi:1.300 galon (4.921 litre) kapasiteye sahiptir (URL-24),[66].



Şekil 4.15. HSK ve Helitak Monte Edilmiş CH-47D Helikopterleri

4.2.7. Kamov-32 (ka-32a11bc)

Yangın söndürme, arama/kurtarma, ve yük taşımacılığı, gibi çeşitli operasyonlarda kullanılmak üzere dizayn edilmiş çok maksatlı bir helikopterdir. Şekil 4.16’da görülen Ka-32, 5000 kg. kadar suyu HSK ile taşıyabilmektedir(URL-25)[67].



Şekil 4.16. KA-32 HSK’na Su Alıyor

4.2.8. Mi-17

Gövde altı kancasına bağlı HSK ile max. 3000 lt’ye kadar su taşıyabilen çok maksatlı bir helikopterdir. Yolcu, yük taşımacılığının yanında ambulans ve operasyonel olarak çeşitli çalışmalarda da kullanılmaktadır (URL-26)[68].

Türkiye DHA olarak Şekil 4.17’de görülen Mi-17 helikopterleri, 2021 Türkiye Orman yangınlarında başarıyla kullanılmıştır(URL-27)[69],



Şekil 4.17. Mi-17 HSK İle Yangın Söndürme Faaliyeti Yapıyor

4.3. Havadan Yangın Söndürme Teknikleri

Havadan yangın söndürme sürecinde bazı hususlara dikkat etmek gerekir. Bu hususlar şöyle sıralanabilir; (N.AY, 2010) [70]

- Su kaynağından alınarak yangın mahalline getirilen su, doğrudan yangın ilerleme istikametinde ve yanan kenar üzerine simetrik olarak atılmalıdır.
- Kısa çalılıklar veya makilik alan yangınlarında yangın istiametinde alevlerin önüne doğru atış yapılmalıdır.
- Uzun ağaç dallarında veya taç yangını seviyesinde bir yangınla karşı karşıya isek yer ekiplerinin olumsuz etkilenmeyeceği şekilde ilgili bölgelere su bırakılmalıdır.
- Yangın büyüdüyse, birçok cephede devam ediyor ve yeterince müdahil olunamıyorsa, yangının gitmesi istenmeyen yönde sınırlama hattı oluşturmak maksadıyla su atılmalıdır.
- Ana yangın bölgesine müdahale ederken etrafındaki sınırlı yangınlara da su bırakılmalıdır.
- Kısa fasılalarla bindirmeli atışlar yapılmalı ve emniyetli bir şekilde 30 metre irtifalarda çalışılmalıdır.
- Hava araçlarının bıraktığı su ile yangın ne kadar sönmüş gözüküyor olsa da yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarından dolayı yangının tekrarlama

ihtimali olmakta, bu sebeple yangının tekrarlama ihtimalini bertaraf edecek, bastırıcı katkı ve sıvılar kullanılmalıdır. (N.AY, 2010) [70].

4.4. Helikopter Su Kovaları (HSK)

Helikoptere monte edilen, helibucket olarak bilinen, bambi olarak söylenen su kovaları veya gövdeye monteli su tanklarıyla yangın söndürme amacıyla alınan su, yangın üzerine boşaltılır. Kapasiteleri 100 ila 2000 galon (378,5–7570,8 L) aralığında değişen HSK ile su kaynakları olan göl, baraj, gölet vd yerlerden alınan su, sade veya belli oranlarda geciktirici ilaveli şekilde yangın üzerine atılabilir. HSK'lar, helikopterlerin gövde altı yük kancasına halat vasıtasıyla takılarak, taşıma kapasitelerine göre su alabilen, su sepetleridir. Günümüzde farklı modellerde, kapasitelerde ve malzemelerden müteşekkil HSK'lar bulunmaktadır (USDA, 2001c)[71]. OYM esnasında HSK üzerinde kovanın kapağı bulunmadığından su yüzeyi ile hareketli hava arasında bir sürtünme vardır. Dolayısıyla, Bernoulli prensibine göre kovadan çok fazla su alır ve gözlemcilerle göre taşıma esnasındaki su kaybı, zorlu koşullarda % 30'u hatta% 50'yi bulabilir. (Jambrik, 2007, Imreh at al., 2009)[72]

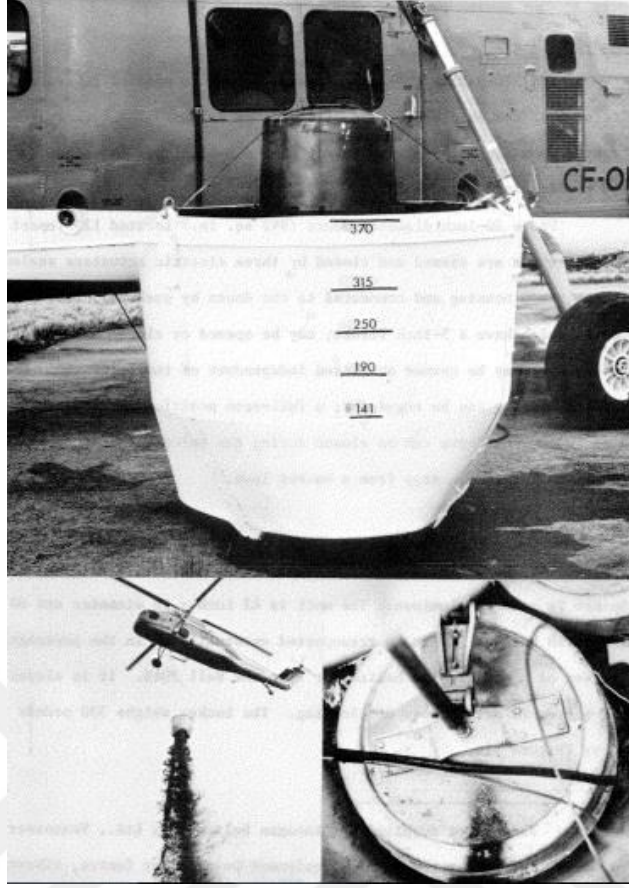
Yangınla mücadelede kullanılan modern nesil helikopterlere helitanker adı verilmektedir. Bunlar, gövde altına monte edilmiş sabit tanklarla donatılmış döner kanatlı helikopterlerdir (Jendsch W.2008)[73]

4.4.1. Helikopter su kovası çeşitleri

Geçmişten günümüze bir süreç yaşayan, çeşitli ürünlerle operasyonlarda bulunan ve karşılaşılan HSK'lar şöyledir;

4.4.1.1. Chadwick Fiberglass Bucket

HSK'dan, 370 galonluk kapasiteye sahip 20 inç çaplı, geciktirici monteli fiberglas su kovası bulunan Chadwick Şekil 4.18.'de görülmekte, 1970'li yıllarda OYM kullanılmışsada günümüzde güncelliğini yitirmiştir(Okanagan Helicopters Ltd)[74].



Şekil 4.18. Okanagan Helicopters Ltd. Ürünü Fiber, Chadwick HSK

4.4.1.2. AFS Monsoon Bucket

AFS Munsoon Kovası 300 galon kapasiteli, alüminyumdan üretilmiştir. Boş ağırlığı 330 pound, ölçüleri 42 inç çapında, 80 inç yüksekliğinde olan HSK harici kanca ile veya kabin içinde taşınabilir. 1970’li yıllardaki teknolojiyle karşımıza çıkan ürün Şekil 4.19.’de görülmekte ise de günümüzde kullanılmamaktadır (Edmonton, A.) [75].



Şekil 4.19. AFS Alüminyum, Munsoon HSK

4.4.1.3. Helifire Bucket:

HF-190 modeli 180 lt. ve HF-5000 modeli ile 5000 lt. arasında çok çeşitli kapasiteleri bulunan Helifire HSK'ları (yangın söndürme kovaları) Şekil 4.20.'de görülmekte, kurtarma-taşıma kapsamlı faaliyetlerde sepet olarak da kullanılmaktadır (URL-28)[76].



Şekil 4.20. Helifire Bucket İle Yangın Söndürme Çalışması

4.4.1.4. Fast Bucket:

Avustralya & Abd tescilli bir ürün olan Fast Bucket, su kapasite ayarı kokpitten yapılabilen, elektrikli akçüatörden hareketle açma kapamayla helikopter kapasitelerine göre 275 ile 9.840 lt aralığında çalışan bir havadan söndürme teçhizatıdır. Su damlaları için kullanıcı, kontrol ünitesinde manuel veya otomatik modu seçebilir ve her iki modda birden fazla damla yapabilir. Örneğin, Şekil 4.21.'de görülmekte olan FAST Kovaşında 4.000 litre su varsa kullanıcı, ilk yangın noktasına 2500 litre ve sonraki üç

noktanın her birine 500'er litre (manuel modda) damlatabilir, duruma göre ayarlanabilir (URL-29)[77].



Şekil 4.21. Fast Bucket İle Yangın Söndürme Çalışması Yapılıyor

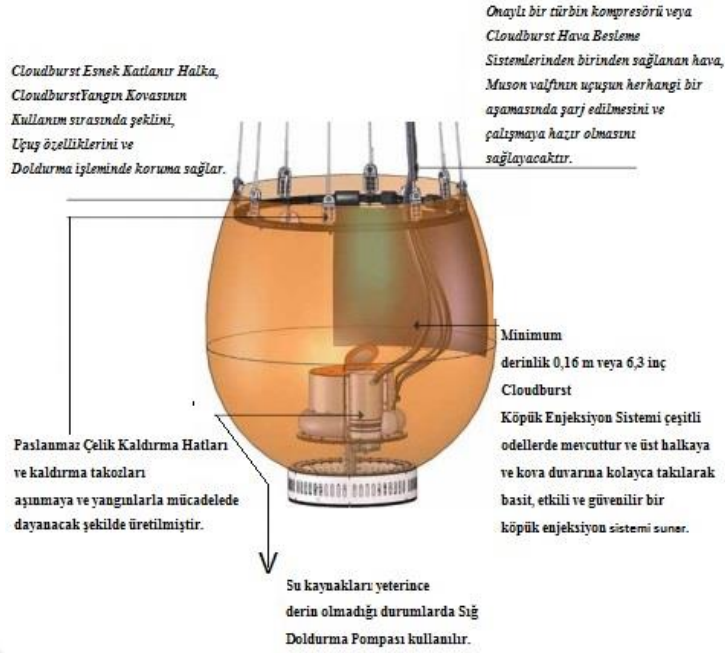
4.4.1.5. Cloudburst Bucket:

Cloudburst Yangın Kovanı Şekil 4.22.'de görüldüğü haliyle, esnek ve sağlam yapıda bir malzemedan müteşekkil olmakla birlikte, 200-10.000 lt. aralığında herhangi bir hacimde bulunabilmekte, helikopter içinde taşınabilmektedir.

Cloudburst HSK Şekil 4.23. ve Şekil 4.24.'de gösterildiği gibi, yangın gereksinimlerine göre kokpitten ayarlanabilen akış hızına ve A Sınıfı köpük enjeksiyon sistemine sahiptir (URL-30), [78].



Şekil 4.22. Cloudburst Bucket HSK



Cloudburst HSK İç Donanımı

Şekil 4.23. Cloudburst HSK İç Donanımı



Şekil 4.24. Cloudburst HSK Aksesuarları

4.4.1.6. Water Hog Bucket

Pvc kaplamalı ve paslanmaz çelik parçalardan üretilen, Şekil 4.25.'de gördüğümüz HSK, 400 - 20.000 lt. aralığında hacimlere sahip olan, kabin içinde de taşınabilen helikopter su kovalarındandır(URL-31) [79].



Şekil 4.25. Water Hog HSK Yangın Bekleme Durumunda

4.4.1.7. Bambi Bucket:

Bambi, 1978'de Don Arney tarafından icat edilip, ilk modelini 1982'de teslim ederek OYM çalışmalarına başlamış, yangın söndürme helikopterleri için orman yangınlarında kullanılmak üzere, çeşitli su kovaları üretmiştir. Şekil 4.26.'da görüldüğü haliyle Bambi, kauçuğu andıran kalın ve esnek yapıda imal edilen (Melo, H. D. S. 2021) [80].ve Şekil 4.27.a.'dan takip edileceği üzere; Standart arıza giderme kiti, tamir kiti, Hsk valf kiti, Torrentula modeli arıza kiti, sığ su kaynakları için emiş pompası kiti, güç kaynağı ve kumanda kiti olarak, bir takım aksesuarlara sahiptir. Bambi bucket kırkı aşkın modeliyle günümüzde adına sıkça rastlanan bir HSK'dır.

Aynı zamanda geciktirici madde, köpük donanımları; bambi iç haznesine monte edilmiş köpük torbası ile daha fazla köpük ihtiyacına karşı cevap verebilen köpük deposu vd. köpük ekipmanlarıyla, daha az suyla daha kısa zamanda söndürme yapabilir. İlgili parçalar Şekil4.27.b'de gösterilmektedir (URL-31),[81].



Şekil 4.26. Bambi Bucket İle Yangın Söndürme Anı



BUCKET STANDARD
TROUBLE SHOOTER KIT



BUCKET REPAIR KIT



BUCKET VALVE KIT



TROUBLE SHOOTER KIT FOR
ORRENTULA VALVE BUCKET



BAMBI POWERFILL SNORKEL KIT



REMOTE POWER SUPPLY
WITH CHARGING UNIT



BAMBI BUCKET POWER PACK

a

Bambi HSK Aksesuarları

Typeoneproducts.com

Şekil 4.27. Bambi HSK Ekipmanları



Bambi Köpük Ekipmanları

Şekil 4.28. Bambi HSK Ekipmanları

4.4.1.8. VSU 5-A Bucket:

Rusya menşeli bir ürün olan, Şekil 4.28’de gösterilen, VSU HSK 1995 yılında Feodosia ve arkadaşları tarafından Mİ-8 ve Ka-32 helikopterleri ile çalışma kapsamında üretilmiştir. Ürünün, içi poliamid karışımlı branda, dışı ise karışıklı kalın

bez yapıdadır. VSU-5A 1999'da milletlerarası bir yarışmada gümüş madalya almaya hak kazanmıştır. 2001'den bu yana, 4,5 ton kapasiteli VSU-5A'ya köpük enjeksiyon sistemi ilave edilerek, söndürme, bastırma etkinliği arttırılmıştır. Bu ürünün; VSU-5A I versiyonu 2,5ton, VSU-5A II versiyonu 3ton ve VSU-5A III versiyonu 4,5 ton kapasitelerde olmakta ve tahmini olarak 4 kişi ile helikoptere monte edilerek göreve hazır hale getirilmesi, 30 dakikayı bulmaktadır.

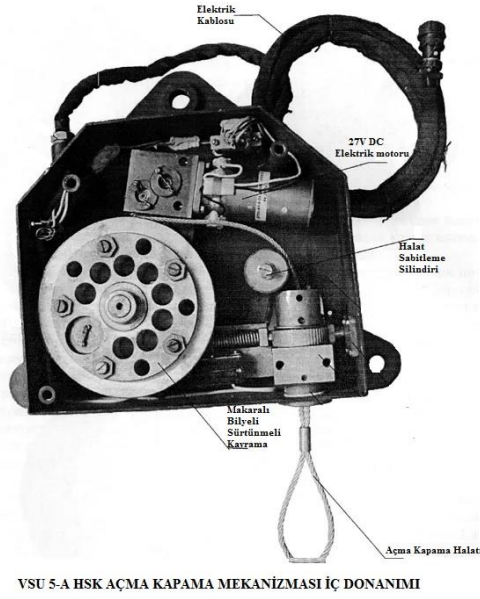
Şekil4.29.'da gösterilen VSU 5-A HSK Açma Kapama Mekanizma İç Donanımı, Bambi HSK mekanizmasından farklıdır. VSU'da istenilen kadar açma yapılarak suyu daha uzun bir hat üzerine yaymak mümkün iken Bambi HSK'da bu durum açma tuşuna basılmasıyla birlikte, bütün suyun aniden boşalması ve mekanizmanın kendini zemberek yapısalında bir yayla toplamasıyla neticelenir.

VSU'da ilk su alımı 15 sn, sonraki su alımları 10 saniyede gerçekleşebilmektedir (URL-32)[82].

VSU'nun bir diğer ürünü ise Mi-26 gibi Ağır Sınıf Helikopterler için üretilen, kapasitesi 15 tonu bulan VSU 15-A HSK'dır. (V. M. EFIMENKO, 2009)[83]



Şekil 4.29. VSU 5-A HSK Su Alıyor



Şekil 4.30. VSU 5-A HSK Açma Kapama Mekanizma İç Donanımı

4.4.1.9. Simplex Fire Attack System (FAS):

FAS gövdeye sabit monteli, darbelere karşı korumalı, karbon fiber glas yapıdaki, çeşitli kapasitelere sahip su tankıdır. Kokpitten kontrol edilebilen, dahili köpük birleştirme yapabilen Helitak olarak bilinen, görseldeki söndürme ekipmanı, FAS'ın FT 4500 modeli olup, Skorsky S-70 helikopteri için, 4500 lt. kapasitede üretilmiştir. Şekil 4.30.'da yer alan FAS'ın boş ağırlığı 325 kg. köpük geciktirici kapasitesi 205 lt. ve tank yüksekliği 300mm.'dir.(URL-33),[84]



Şekil 4.31. S-70 Helikopteri Fire Attack System İle Su Bırakıyor

4.4.2. Hsk'ların kıyaslanması

Bütün HSK'lar gövde altı yük kancasına bağlanmak suretiyle yangın söndürme amacıyla kullanılırlarsa da birbirlerine karşı bazı farklılıkları vardır. Biz burada renk ve doku farklarından ziyade işlevsellikleriyle ilgili hususları irdeleyeceğiz.

Bambi HSK kullanımı en yaygın ürünlerden biridir fakat Cloudburst'te basınçlı su püskürtme özelliği bulunmaktadır. Bambi ve Cloudburst kalın yapıda kauçuk kıvamda sağlam ve esnek ürünler olarak bilinir. Bambi HSK'nın su bırakma mekanizması "aç-kurmalı düzenle kendisi kapansın" mantığıyla kurmalı çalışan bir zemberekle toparlanır, çalışır. Buda uzun bir hat boyunca suyu istenildiği kadar, istenen hatta bırakamama durumunu ortaya çıkarır. VSU-5A HSK'da ise bu durum daha kontrol edilebilir. "Açılmaya Başla-Böyle Kal-Kapan" mantığıyla istenen hat üzerine istenen miktarda su salınabilir. Fast HSK ise diğerlerine nazaran, hidroliki açma-kapamayla daha hızlı dolum boşaltma yapabildiği bilinirken operasyonlarda sık karşılaşılan bir ürün değildir.

HSK Çalışmalarında Sık Karşılaşılan Arızalar Şöyledir;

Su alırken fazla alçalma yapılırsa, açma kapama mekanizması suya girer ve suyu boşaltmak istediğimizde kısa devre olarak açma yapmamaktadır. Ağaçlar üzerinden yapılan uçuşlarda irtifa takibi yapılamazsa HSK, ağaçlara takılarak yırtılma, kopma ve hatta helikopter kazalarına sebep olabilir. Operasyon sonunda merkeze dönüş yapıldığında iniş esnasında alınan darbeler HSK'ya ve açma-kapama mekanizmasına zarar vermektedir. Yıpranma veya malzeme yorgunluğu sebebiyle halat ve yardımcı donanımlarda kopma, kırılma olmaktadır.

Yerli HSK Üretimi Kapsamında Katkı Sağlayacak Özellikler Şöyledir;

Malzeme ve yapısal tasarım olarak tuzlu su ve ateşe mukavim, dayanımı artırılmış esnek yapıda ve hafif bir ürün olmalıdır. Su alım-boşaltımında arıza durumunu en aza indirecek yapıda hızlı dolum ve ayarlı boşaltım özelliklerine ilaveten, köpük ve geciktirici haznesine sahip olacak bir ürün düşünülmelidir. Elektriki olarak su atılamadığında, acil su atma amacıyla mekaniki bir pim mantığıyla, su yolu açılabilmelidir. Her helikoptere bağlanabilen aparatlarla, küçük-orta-büyük hacimli HSK'lar üretilmelidir. İleri teknolojiye sahip sensörler ve otomasyonel ürünlerle donatılarak ayarlı su atma, geciktirici karıştırma gibi opsiyonları karşılamalıdır. Çevreye zarar vermeyen kompozitler ve malzemelerden istifade edilmeli, geri dönüşebilirliği değerlendirilmelidir. Doğal hayatın korunması adına yeşil dostu ürünlerle, zararlı etkiler minimal hale getirilmelidir. Böylece etkin, çevreci ve modern ürünlerle sürdürülebilir geleceğe nefes olacak HSK'lar üretilmelidir.

4.4.3. VSU-5A ile Bambi Bucket Kıyaslaması:

Yapılan bir çalışmada HSK(Water Bucket) Su konsantrasyonu, Şekil 4.31.'de görüldüğü üzere, üçlü şerit halinde sıralanan kovalarla, 50 m. yükseklikten, saatte 80 km hız ile düşen su miktarı, lt/m² cinsinden ölçülmüş, ifade edilen deney sonucunda kovalarda biriken su miktarı ortalama 4,2 lt / m² olarak hesap edilmiştir DHA'nda sıkça rastladığımız OYM'de yararlılık gösteren HSK'lar olarak iki ürünün özellikleri Şekil4.33.'daki bilgiler nazarında karşılaştırılmaktadır. (Seyzinski ve Ark. 2019)[85].



WATER BUCKET'TEN DÖKÜLEN SU MİKTAR TESTİ (lt/m²)

Şekil 4.32. HSK'dan Yere Bırakılan Söndürücü Madde Miktarı Çalışması

Technical Characteristics	Bambi bucket	VSU-5A
Maximum volume, m ³	3.0	4.5
Diameter of the top, mm	1400	2200
Bottom diameter, mm	800	800
Length of rope, m	15	20-40
Maximum helicopter speed with empty tank, km/h	176	160
Maximum helicopter velocity with full tank, km/h	176	180
Most advantageous helicopter speed, km/h	80-100	80-100
Efficient altitude for running water above the surface, m	10-20	20-30
Required time to pour water after pushing the pilot button, s	4-5	6-8
Average water consumption, l/s	800 -1000	800-1000
Time to fill the system tank, s	75	60
Closing time of the valve, s	1-2	1-2
Mass of the empty system, kg	75	160

Şekil 4.33. Bambi ve VSU-5A HSK Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmalar neticesinde yangın söndürmenin ileri bir hızda gerçekleştiği varsayıldığında; 20-30 m/s'de dikey bir akışın HSK üzerinde önemli bir etkisi olamayacağı, ileri hızda halata bağlı su kovanının hava aracının arkasına doğru uzanarak, kuyruk kısmına dolanma, çarpma gibi durumların oluşmayacağı hususu Şekil 4.33.'de verilen bilgilerden anlaşılmaktadır. Yangın bölgesi koşullarının (rüzgar hızı, yüksek sıcaklık, türbülans) dikkate alınması ve motor gücü dalgalanmaması amacıyla helikopterin dumanlı bir ortamda çalıştırılmaması gerekmektedir (Seyzinski ve Ark. 2019)[86].

Speed (km/h)	80	90	100	120
Time to release the water, s	4.0	3.43	3.6	3.7
Lane width, m	8.4	8.6	9.0	9.4
Lane length, m	89	86	100	123
Rope deviation after release, °	52	55	58	60

Şekil 4.34. Uçuş Durumunda Helikopter-HSK Açılış Tablosu

4.4.4. Helikopter su kovaları verimliliğini artırmak için tavsiyeler

Helikopter suyu alarak kalkış yaptığında, helikopterle yük arasındaki açı doğrusaldır, bucket yüklü durumda olduğundan halat donanımının kuyruk rotor kısmına dolanma riski bulunmamaktadır lakin suyu boşaltıp tekrar doldurmaya geçerken yüksüz HSK, balon etkisi oluşturarak kuyruk rotoru tehdit edebilmekte, kaza ve ölümle sonuçlanan durumlar görülebilmektedir. Şekill 4.34’de anlaşılabileceği gibi bu tür tehlikelerin önüne geçebilmek için HSK su boşaltma ağız açık pozisyonda uçuş yapılması tavsiye edilmelidir(URL-34)[87].



Şekil 4.35. Kuyruk Rotoru Dolanan HSK ve Kaza Kırım Yapan Bir Helikopter

HSK Operasyonunun iyileştirilmesi kapsamında ”Mosov ve Horsky, 2022)[88]” nin düşüncelerine ilave edilebilecek hususlar şöyledir;

- İHA’lar ile hava istihbaratı yanında, yangının, suyun konumunun ve özelliklerinin helikopterlerin çalışma alanı ve iniş yerlerinin belirlenmesi,
- Helikopter ekibi tarafından, yolcu, kargo ve helikopter yükü, yangına olan mesafe ve yakıt sarfiyatının önceden hesaplanması,

- Bölgede uçuş güvenliğini tehlikeye sokan engeller, yangın özellikleri, yer ekiplerinin yerlerini belirlemek için bir keşif uçuşunun gerçekleştirilmesi,
- Yangın tipinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve mürettebat tarafından yangınla mücadele de uygun taktiklerin seçilmesi,
- Daha fazla sıvı almak için uygun hızda ve emniyetli irtifa da uçuşlar yapılması,
- Suyu ilave katkı maddelerinin (geciktiricilerin) kullanılmasıyla, yangının daha hızlı söndürülmesi,
- Ardarda uçan hava araçlarından sıçrayacak renkli geciktiriciler ile deniz üstü su alımlarında tuzlu suyun helikopter camına yapışmasının görüşü kapatacağı, engelleyeceği değerlendirildiğinden, cam sileceklerinin yanında etkili cam suyu düzenegine ihtiyaç duyulmaktadır.

Aynı hedef üzerinde yer ekipleriyle birlikte çalışmak için birden fazla helikopterin emniyetle kullanılmasının, hızlı yangın söndürme için gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

5. YANGIN GECİKTİRİCİ MAYİİLER

Yangını bastıran ve geciktirici kimyasalların havadan veya elle uygulanması önemli yangın söndürme faaliyetleri olarak bilinir. Orman yangınlarıyla yoğun mücadele içinde olan Abd'de her yıl milyonlarca litre yangın mayii uygulaması yapılmaktadır. Genelde su bazlı veya kimyasal bileşenli olmaktadır. Kullanım amacına ve yangın türüne bağlı olarak farklı ürünlerle çalışılabilir. Yangın güvenliği ekipleri yangın söndürme stratejilerini belirlerken ve uygularken bu tür maddeleri özenle seçmeli ve kullanmalıdırlar. (Buhl, K. J., and S. J. Hamilton. 1998)[89].

5.1. Yangın Geciktiriciler

Yangın geciktiriciler ve köpükler, yangın söndürme yetenekleri sebebiyle tercih edilir ve yanma üçgenini bozarak, yangın esnasında ortaya çıkan gazları ve dumanı azaltarak, yangın güvenliğini artırabilirler. Bu maddeler, yangın sırasında yanma sürecinin temel unsurlarını etkili bir şekilde kesebilir, bu da yangının devam etmesini engeller. Yangın geciktiriciler genellikle yangını soğutarak kontrol altına alabilir. Isıyı absorbe ederek veya su içeren bileşenlerle yangının sıcaklığını düşürerek, yanma sürecini yavaşlatabilirler. (NWCG, 1990)[90]. Köpükler, yangının yayılmasını engellemek ve yüzeyleri kaplamak için kullanılabilir. Sıvı yangınların yanı sıra köpükler, yüzey üzerine yayılarak yanıcı maddenin buharlaşmasını önleyerek yangının kontrol altına alınmasına destek olabilirler. Yangın geciktiricilerin havadan uygulanmasında, genellikle yangın söndürme uçaklarıyla helikopterler kullanılır. Basınçlı, havalı köpük sistemleri (CAFS)'ın kullanılmasıyla, köpük teknolojisindeki büyük gelişim izlenmiştir. Bu sistemlerde köpük-su çözeltisi içerisine hava enjekte ederek, bir pompa yoluyla basınçlı köpük elde edilmiştir. Köpük ile ilgili ikinci büyük gelişme ise, 'sentetik hidrokarbon köpüren yüzey aktif madde' tanıtımlarının yapılmasıyla olmuştur (NWCG,1993)[91]. Yangın geciktiriciler kendi arasında; uzun süreli ve kısa süreli olarak ikiye ayrılmaktadır.

5.1.1. Uzun süreli yangın geciktiriciler

Uzun süreli geciktiriciler, zeminde bıraktıkları daha kalıcı özellikler sebebiyle iyi bir seçimdir. Hava itfaiyecileri orman yangınlarıyla mücadele etmek için geçmişte havadan borat tuzu karışımı fırlattılar ve bu kimyasallar yangınlara karşı etkili olmasına rağmen hayvanlar için toksisite içermektedir. Günümüzde amonyum sülfat veya amonyum polifosfat içeren havadan uygulanan yangın geciktiriciler bulunmaktadır. Günümüzde kullanılan yangın geciktiriciler, geçmişte kullanılan borat tuzlarına göre çevre dostudur çünkü; yangından sonra büyüyen bitkileri de gübreler. Ne yazık ki bu geciktiriciler suya düşürülürse ve güneş ışığına maruz bırakılırsa toksik olabilir. Kiremit renkli pigmentasyon, geciktiricilerin düşürüldükleri yeri takip edebilmek için geciktiriciye kasıtlı olarak eklenen ferrik oksitten kaynaklanmaktadır. Bu şekilde ardı ardına yapılacak atışlarda üst üste yapılacak bindirmeli geciktirici uygulaması, yangın sahası kontrolü bakımından önemlidir (Adams, R., & Simmons, D.,1999)[92]. Orman yangınlarına karşı mücadelede önemli rol oynayan kimyasal bileşenler olan geciktiriciler, yangınla mücadelede kullanılan geniş bir ürün yelpazesi içerir. Bu kapsamda, demir oksit renklendirici madde, diamonyum sülfat, diamonyum fosfat, monoamonyum fosfat, sakız gibi koyulaştırıcı ve koruyucuların karışımları olarak bilinen Şekil 5.1.'de görülen Phos-Chek D75-F ve Phos-Chek D75-R ile Şekil 5.2.'de ki Fire-Trol GTSR gibi yangın geciktirici ürünler, çeşitli özellikleri ve bazı avantajlarıyla, aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir (Buhl ve ark. 1998)[93].

Ürün Bilgisi	
Phos-Chek D75-R ve D75-F	
Phos-Chek D75-R ve D75-F , aktif yangın geciktirici tuzlar olarak monoamonyum fosfat ve amonyum sülfatın karışımlarıdır. D75-R demir oksit renklendirici içerir ve D75-F kakao bir renklendirici madde içerir. Ayrıca viskozite stabilizatörleri ve korozyon inhibitörleri içerirler. Bu ürünler, sabit kanatlı hava tankerlerinden düşme özelliklerinin iyileştirilmesi için yüksek viskozite sağlamak amacıyla nispeten yüksek konsantrasyonda sakız koyulaştırıcı içerir. Yüksek viskoziteleri nedeniyle kara motoru veya helikopterle uygulanması önerilmez.	
Ürün tipi:	Yüksek viskoziteli, sakızla kalınlaştırılmış kuru toz; toplu veya eğitimci karışımı.
Başvuru:	Sabit kanatlı hava tankeri.
Kullanım Seviyesi:	1 galon su ile karıştırılan 1,20 pound kuru geciktirici, 1,07 galon karışık geciktirici üretecektir. Karışık geciktiricinin her galonu 1,12 pounda eşdeğer toz içerir.
Teslim olmak:	1 ton tozdan 1786 galon karışık geciktirici elde edilir.
Viskozite:	1000-1600 santipua (cP). Tarla ölçümü (Marsh hunisi) Büyük uçtan 24-34 sn.
Tuz içeriği:	Ağırlıkça yüzde 11,3 aktif tuz; ağırlıkça yüzde 8,5 AS, (NH_4) 2SO_4 ve ağırlıkça yüzde 2,8 MAP, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Saha ölçümü (refraktometre): 12.1 değeri, uygun tuz içeriğini gösterir. 11,25 ile 13,25 arasındaki bir okuma, kabul edilebilir bir tuz içeriğini gösterir.
Özel ağırlık:	8,91 lb/gal karışık geciktirici.

Şekil 5.1. Phos-Chek D75-F ve Phos-Chek D75-R Ürün Bilgi Formu

Ürün Bilgisi	
Fire-Trol GTS-R	
Fire-Trol GTS-R birincil yangın geciktirici tuz olarak amonyum sülfat içerir. Aynı zamanda hem korozyon önleyici hem de geciktirici tuz görevi gören az miktarda amonyum fosfat içerir. Bu ürün aynı zamanda bakterisit ve ek korozyon önleyiciler de içerir. Demir oksit renkli formülasyonu sabit kanatlı hava uygulaması için tasarlanmıştır. Formülasyon, sabit kanatlı hava tankerlerinden düşme özelliklerinin iyileştirilmesi için yüksek bir viskozite sağlamak üzere nispeten yüksek konsantrasyonda sakız koyulaştırıcı içerir. Yüksek viskozite nedeniyle bu formülasyon normalde kara motorları veya helikopterler için kullanılmaz.	
Ürün tipi:	Yüksek viskoziteli, sakızla kalınlaştırılmış kuru toz; toplu karıştırıldı.
Başvuru:	Sabit kanatlı hava tankeri.
Kullanım Seviyesi:	1 galon su ile karıştırılan 1,66 pound kuru geciktirici, 1,10 galon karışık geciktirici üretecektir. Karışık geciktiricinin her galonu 1,51 pounda eşdeğer toz içerir.
Teslim olmak:	1 ton tozdan 1325 galon karışık geciktirici elde edilir.
Viskozite:	1200-1800 santipuz (cP). Tarla ölçümü (Marsh hunisi) Büyük uçtan 32-50 sn.
Tuz içeriği:	Ağırlıkça yüzde 15,2 aktif tuzları: ağırlıkça yüzde 14,2 AS, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ve ağırlıkça yüzde 1,0 DAP, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Saha ölçümü (refraktometre): 16,53 değerindeki bir okuma, uygun tuz içeriğini gösterir. 15,0 ila 18,25 arasındaki bir okuma, kabul edilebilir bir tuz içeriğini gösterir.
Özel ağırlık:	9,07 lb/gal karışık geciktirici.

Şekil 5.2. Fire-Trol GTS-R Ürün Bilgi Formu

Ayrıca suyla karıştırılan gübre tuzları, yangın geciktiricilerin homojen olarak dağılmasını sağlamaktadır. Bu ürünler yağmur yağdıktan veya su buharlaştıktan sonra bile etkisini devam ettirebilir (USDA 1998a) [94]. Su atıldıktan, buharlaştıktan sonra bir yanma bariyeri oluştururlar ve etkinlikleri yüzey alanı başına düşen geciktirici miktarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır (Buhl ve ark. 1998)[95].

5.1.2. Kısa süreli geciktiriciler köpükler

Hava araçlarıyla yapılan yangın söndürme çalışmalarında havadan bırakılan su, yanma yüzeylerinde uzun süre tutunamaz. Havadan köpük uygulamalarında ise, yakıt yüzeylerinde sudan daha fazla süre bulunan köpük, daha fazla tercih edilmekte ve suya göre avantaj sağlayabilmektedir (George, C.W. 1988) [96]. Kısa süreli yangın geciktiriciler , yangını kapsamak veya söndürmek için içerdikleri suya bağımlı sıvılardır. Kısa süreli geciktiriciler, kırsal yangınla mücadele köpükleri(A sınıfı köpüklerin) nin bir alt kategorisinde yer almaktadır. Yaygın olarak kullanılan köpükler arasında yüzey aktif maddelerle, köpürme ve ıslatma maddeleride içeren; Ansul Silv-Ex, Angus ForExpan S, Yangın Söndürme, 3M Firebreak ve Phos-Chek WD-881 bulunmaktadır. Köpürme maddeleri; suyun köpüğe kıyasla akma hızını ve yanan maddeye ne kadar iyi yapıştığını etkilemektedir.

Yüzey aktif maddeler ve ıslatıcı maddeler, süzülen suyun yakıtlara nüfuz etme kabiliyetini artırır, böylece yakıtların tutuşma kabiliyetlerini azaltmış olurlar. Yakıtlar ısıdan yalıtılmış ve hava teması da en aza inmiş olur. Bu geciktiriciler, su

buharlaştıktan veya onlardan süzöldükten sonra etkinliklerini kaybederler ve köpökler sahada farklı konsantrasyonlarda uygulanabilirler (USDA,1998a),[97].

5.2. Diğör Yangın Söndürücü-Geciktiriciler

5.2.1. I4F Yangın geciktirici:

Diğör bir uygulama olan I4F teknolojisi ise, AvrupaBirliğı (AB)’nce desteklenen yangın söndürme teknoloji projesi kapsamında kullanılan bir yangın söndürme sistemidir. I4F; söndürücü maddenin havayla sürtünme sonucunda köpürerek havadan düşürölmesiyle ve homojen köpöğü, bir nozul jet marifetiyle kullanıldığı biliniyor. Hafif kompozit malzemelerden mamöl kaplarla köpöğü tutabilirken farklı tipteki hava araçları tarafından taşınması, dağıtılması da mümkün oluyor.

Günümüzde orman yangını söndürme teknolojileri göz önüne alındığında suya, çok daha az oranda geciktirici eklenmesi hasebiyle çevre dostu oduğı değörlendiriliyor.

Mevcut köpöklerin maksimum dayanım süresi 25 dakika kadar bilinirken, I4F teknolojisinin 45 dakikadan fazla dayanabileceğı aynı zamanda sudan ortalama 2 kat daha fazla ekstra soğutma etkisine sahip homojen bir köpök yapı sağladığı değörlendiriliyor. 5 kg su ile 1 metrekarede, 3.400 kw/m² şiddetindeki yangın söndürebiliyorken, 6 kat daha etkin olan I4F kullanımıyla 20.4000 kw/m yangın yoğunluğunda, köpök kullanılarak güvenli bir şekilde söndürölebilmekte olduğı belirtilmektedir (Restas, A. 2020),[98].

Orman yangınlarına karşı mücadelede en yaygın söndürücü su olsa da, suyun maksimum hacmi nesnel olarak yüzeyde sınırlı kalır (Csontos vd., 2007) [99].

Ortalama (40 - 80 yaşta) çam ormanındaki dallar, metrekare başına yaklaşık 4 - 5 litre su alabilir. Bu su miktarı sadece yüzeyi ıslatır, yanma bölgesine hiçbir etkisi olmadan yere düşer bu sebeple daha fazla miktarda su kullanmak gerekir (Restás, Á. 2014)[100].

5.2.2. Su

Orman yangınları “A sınıfı yangın” kapsamında değörlendirilir ve A sınıfı söndürücülerle söndürölmesi muhtemeldir. Fakat en yaygın söndürücü madde olarak kullanılan suyun kolaylıkla bulunması ve doğrudan destek olarak kullanılabilmesine rağmen soğutucu özelliğı çoğı durumda yeterli gelmemektedir (Küçükosmanoğlu, A. 1994), [101]. Gerek uçak gerekse helikopterlerin yangın üzerine suyu bırakması her

ne kadar yangını söndürmüş gözükse de ısınan arazi, hava koşulları ve ortamın zincirleme döngüye girmesiyle tekrar yangın çıkması muhtemeldir. Bu sebeple dünyada örnekleri bilinen köpükler, jeller, mayiler, kısacası yangın geciktiriciler suyla belli oranlarda karıştırılmak suretiyle yangını havasız bırakarak boğmak ve ortamı soğutarak yangın üçgeninin unsurlarını bertaraf ederek, sürece katkı sağlama amacıyla kullanılmaktadır (Alder, R. 1990)[102]. Son zamanlarda FE-13, Inergen, Halon, Halotren, Purple K. v.b. çeşitli kimyasallar ve köpükler de kullanılmaktadır (M.ERTUĞRUL,2007),[103].

Regent, A ve Ark. (2018) Yangın söndürme köpüğünün havadan kullanımına ilişkin olarak yaptıkları çalışmada aşağıda yer alan bazı hususlara değinmişlerdir. "Köpürtücü maddeyi ve suyu karıştırarak önemli sonuçlar elde edilebilir, köpük etkili bir yangın söndürücüdür, ısıyı emme yeteneğini artırır ve alevin söndürülmesini sağlar.

A sınıfı yangın söndürme köpüğü aşağıdaki avantajları sağlar:

- Kaplamayı artırır: Köpük ve su karışımı genişler ve iki katına çıkar kaplanan yüzey havadan açıkça görülebilmektedir.
- Henüz etkilenmemiş bitki örtüsünü ve binaları yangından korur: Köpük etkisini gösteriyor, su nüfuzu, bir hava bariyeri oluşturur ve radyant ısıyı yansıtır. O ayrıca ağaç ve bina yüzeylerine yapışarak ek koruma sağlar.
- Alevleri bastırır: Doğrudan ateşin üzerinde kullanıldığında köpük yüksekliği azaltır ve alev yoğunluğu yer ekiplerinin güvenliğini artırır. Ayrıca itfaiyecilerin maruz kaldığı duman miktarını da azaltır.
- Yangınla mücadele operasyonunun maliyet verimliliğini artırır: Tipik olarak %0,4 olarak, yani 24lt. köpük konsantrasyonu kullanımı için 6000lt. suya ihtiyaç vardır. (Regent, A ve Ark. 2018)[104]

Yangınla mücadelede söndürmenin yanında soğutma ve yangın tekrarını engellemek adına günümüzde en yaygın kullanılan katkılar kimyasal geciktiricilerdir. Kimyasal geciktiricilerin kullanımıyla orman yangını ile mücadele ediliyorsa da ormanların kendini yenilemesi ve orman hayatının olumsuz yönde etkilenmemesi de gerekir. Bu sebeple orman yangınlarıyla mücadele ederken kullanılacak katkıların orman canlı hayatını tehlikeye atmayan, ormanların kendini yenilemesine fayda sağlaması önemlidir.

Daha önceden yapılan bazı çalışmalardan elde edilen malumatlara göre;

İncelenmiş su rezervuarlarından alınan numunelerle, düşük yoğunlukta da olsa kirleticilere rastlanmıştır. Araştırmada, toprağın kirliliğinin suyun kirliliğine ve su kirliliğinin de toprağın kirliliğine doğrudan tesir ettiği görülmüştür (Kızılkaya ve ark.2020) [105] Bu kapsamda organik bileşenli yeniden yangın tekrarını engelleyen çevre dostu ürünlere daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Yanmanın geç başlamasını sağladığı gibi söndürmeye de yardımcı olan yangın geciktirici katkı maddeleri can ve mal kaybının önünü almada dolaylı yoldan çevrenin korunması hususunda da oldukça etkilidir. Yangın geciktirici katkı maddelerinin eklenmesi, yanıcı malzemelerin daha geç alev almasını sağlamak ve yanma sürecini önemli ölçüde azaltmak için kullanılabilir. Bor bileşikleri, yangın geciktirici kapsamında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyaya oranla yaklaşık % 62'si Türkiye'de bulunan bor madeninin yangın geciktirici özelliği sebebiyle, yangının söndürülmesi, soğutulması, tekrar ortaya çıkmaması ve orman yangınlarıyla mücadele de yerlilik oranının artırılması geleceğimiz adına umut taşımaktadır. Yangın geciktirici çalışmalarının artırılması neticesinde yangının daha kısa sürede kontrol altına alınabileceği, helikopterler ve uçaklarla yapılan sorti sayılarının ve dolaylı olarak iş gücü ve yakıt sarfiyatının azalacağı, ciddi anlamda tasarruf sağlanabileceği öngörülmektedir (TOPÇU, U., & SOYHAN, H. S. 2022) [106],

Eickner, H. W. (1966)göre yanmayı geciktirici, bastırıcı ürünler ile ilgili literatürde beş farklı metot bulunur.Bunlar;

1. Set Yöntemi:

Yangın baskılayıcı kimyasallar, yapısal bir katman gibi oksijeninin maddeye ulaşımını ve tutuşabilen bileşiklerin ayrışmasına engel olmak suretiyle, yanmayı öteleyebilirken aynı zamanda yanıcı maddeleri yüksek sıcaklıklara karşı muhafaza ederler. Yaygın kullanımı olan sodyum silikat ise yüzeyde tabaka oluşturarak alev ile teması engelleyici kaplama maddelerini ihtiva eder.

2. Isı Yöntemi:

Yangın baskılayıcı kimyevi maddeler; odunun ısı iletkenliğini artırarak yada ısının absorbe edilmesini kimyasal olarak sağlayarak odun sathındaki yanmayı önleyebilirler.

3. Yanma (Gazlarla Sevreltme) Yöntemi:

Yanmayı geciktiren kimyasalların bozunmasıyla yanmayan gazlar oluşur. Odunun pirolizi ile oluşan yanabilir gazlar seyreltilir ve ortaya yanmaz bir gaz karışımı çıkmış olur.

4. Serbest Radikal Oluşturma Yöntemi:

Yanmayı geciktiren kimyasallar pirolitik sıcaklıklarda yanabilen hava-gaz karışımının yanma oranını kısıtlayan bazı iyon radikalleri oluştururlar.

5. Uçucu Madde Miktarının Azaltılması - Kömür Miktarının Artırılması Yöntemleri:

Yanmayı geciktirici kimyevi maddeler yanma sıcaklığını, pirolizin meydana geldiği sıcaklıkların altına indirerek bozulmayı daha az uçucu madde ve daha fazla kömür meydana gelecek şekilde yönlendirirler (Eickner, H. W. 1966) [107]

5.3. Yanmayı Geciktiren Kimyasallar

Ahşabın yanmasını baskılamaya yönelik çokca kimyasal sistem bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan yangın geciktirici kimyevi maddeler Mono- ve di- amonyum fosfat, boraks, borik asit, çinko klorit ve amonyum sülfat gibi inorganik tuzlardır. inorganik tuzlar özellikleri 50 yılı aşkın bir süredir bilinen, iç mekanlarda değerlendirilecek odunlar için en yaygın kullanılan kimyasallardır (WHITE/IDIETENBERG 1999) [108]. Ahşaba uygulanan diğer yangın geciktiriciler organik tuzlar olarak adlandırılır ve organik bileşiklerin Fosfat tuzlarının oluşum esasına dayanmaktadır. Yanmayı öteleyici formüllerin pek çoğu, yanmazlığa uygun olmadığından bu formüllerle muamele edilen ahşap ürünlerinin dış maksatlar için veya yüksek bağıl nem koşullarında kullanımlarını sağlamak amacıyla yangına dayanımı iyileştirme çalışmaları devam etmektedir.

- Yanmaya karşı dayanıklı sistemler;

Amino-reçine sistemleri ve odun içerisinde polimerleşen monomerler şeklindeki çözünemeyen kompleksler, kimyevi karışımlar içerirler (LeVAN, S.L., WINANDY, J.E., 1990) [109]. Ağaç malzemenin yanmaya karşı korunması amacıyla yaygın kullanılan bazı maddeler aşağıda açıklanmıştır.

- Fosfor:

Fosforik asit, diamonyum ve monoamonyum fosfat içeren tuzlar, en yaygın fosforlu yanmayı geciktirici kimyasallar olarak bilinirler ve bilinen en eski yangın

baskılayıcılar olup genel olarak bir çoğu tescilli maddelerdir. Organik bir bileşiğin Daha yeni yangın geciktirici sistemler olan fosfat tuzları ile üre- fosforik asit organik tuzları gibi ürünler, P-N bileşenleri ihtiva eder (LeVAN, S.L., WINANDY, J.E., 1990)[110].

- Bor:

Yanmayı geciktirici bileşikler olan Borik asit ve Boraks düşük erime noktasına sahip ve yüksek sıcaklıklarda şeffaf film şeklinde bulunur. Yüzeyin alev yayılımını azaltan Boraks diğer yandan kor şeklindeki yanmayı artırabilmektedir. Borik asit ise aksine, alev yayılımı üzerine fazla bir etkisi bulunmazken, kor şeklindeki yanmayı azaltıcı etkiye sahiptir. Birbirini tamamlayıcı nitelikte olmalarındandır ki bu kimyevi maddeler çoğunlukla birlikte kullanılmaktadır(LeVAN, S.L., WINANDY, J.E., 1990) [111].

- Alüminyum Trihidrat:

Alüminyum oksit ve suyun endotermik dehidrasyonuna dayanması, alüminyum trihidrat'ın yangın geciktirici olarak değerlendirilmesi ile ilişkilidir. Alev yakınındaki maddenin ısısının düşürülmesi ve tutuşma ısısının bir miktar absorblanmasında ısı düşüren kimyasal bir madde olarak hidrat görev almaktadır. Alüminyum trihidrat, ahşap levha endüstrisinde yangın geciktirici olarak başlı başına kullanılabilmektedir. Diğer kimyasalarla birlikte kullanılması halinde daha etkili olduğu yapılan araştırmalarda belirtilmiştir(Çolak, S. Ve Ark. 2002) [112].

Yangın geciktirici uygulaması sonrasını daha iyi anlayabilmek adına; 8 Ekim 2022 tarihinde California, Los Padres Ulusal Ormanı'ndaki Sespe Deresi yakınlarındaki yangına, kimyasal katkılı geciktirici ile havadan müdahale ettikten sonra arta kalan geciktirici madde durumu Şekil 5.3.'de gösteriliyor (URL- 35)[113].



Şekil 5.3. Yangın Geciktirici Uygulamasından Sonra LosAngeles Sespe Deresi

E.Goldberg'e göre yangın geciktiricilerin etkili, uzun vadeli ve kullanılabilir olabilmesi için;

- İnsanlar, hayvanlar, balıklar ve çevre için güvenli olmalıdır.
- Uzun süre tutunabilmelidir.
- Daha yüksek kurtarma oranlarına sahip olmalı; bu, çözümün büyük bir yüzdesinin hedefine ulaştığı anlamına gelir.
- Yere düştüğünde yer ekibi için ve yerdeyken uçuş ekibi için ateş hattını görebilmek adına renkli olmalıdır.
- Kararlı olmalıdır.
- Uçakları ve diğer ekipmanları korumak için minimum düzeyde korozyon sağlanmalıdır(URL-36)[114].

5.3. Yaptığımız Çalışmada Kullanılan Mayiler

Tez kapsamındaki geciktirici deney çalışmalarımızda 40 ve 100 Mikron özellikte Zeolit/Klinoptilolit Kil (ZK Kil)'ler ve Boraks (Borlu Toz Bileşen) olarak iki çeşit üründen istifade ederek, çalışmalarımıza devam ettik.Bunlar;

5.3.1. Zeolit/klinoptilolit kil ürün (ZK KİL)

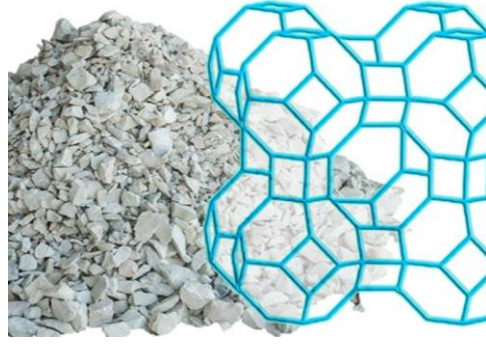
Milyonlarca yıl önceki volkanik patlamaların ardından kül ve lavların, göl veya deniz sularıyla etkileşime girerek Zeolitler oluşmuştur. Bu oluşum esnasında ki su/kül oranı, jeolojik konum ve sıcaklık gibi faktörler onlara benzersiz özellikler kazandırmıştır. Çeşitli kompozisyonlara sahip 42 farklı zeolit türü bulunuyorsa da en bilinen çeşit,

klinoptilolittir. % 96 saflık oranına sahip Klinoptilolit, Balıkesir havzasından çıkarılmaktadır. Deneylerimizde sıkça kullandığımız; kimyasal adı “Kalsiyum, Potasyum, Sodyum Aluminosilikat” olan 40 ve 100 mikron(Mk)luk doğal killer hakkındaki genel bilgileri Tablo 5.1’de açıkça belirtilmiştir(URL-37) [115].

Tablo 5.1. Zeolit/Klinoptilolit Ürün Analiz Formu Genel Bilgileri

Zeolit/Klinoptilolit Ürün Analiz Formu Genel Bilgileri	
Kimyasal İsim	Kalsiyum, Potasyum, Sodyum Aluminosilikat
CAS No	12173-10-3
EINECS No	215-283-8
Kimyasal Aile	Doğal Zeolitler
Kimyasal Özel İsim	Klinoptilolit
Kimyasal Formül	(Ca,K ₂ ,Na ₂ ,Mg) ₄ Al ₈ Si ₄₀ O ₉₆ .24H ₂ O

Şekil 5.4.’de görüldüğü haliyle yapı olarak kafese benzeyen Zeolitler, iyon değişimi ve kimyasal tepkimeler için geniş iç ve dış yüzey alanları sağlarken, içerisindeki gözeneklerin yarısı, moleküler elek fonksiyonu görür. Doğal olarak negatif yüklü olan Zeolitler yüksek iyon değiştirme yeteneğine sahiptirler. Gözenekli yapısı ve yüksek iyon değiştirme kapasitesi sayesinde, çeşitli gazlar ve kokular; su ve nem; petrokimyasal maddeler, düşük düzeyde radyoaktif elementler, amonyak, toksinler, ağır metaller ve birçok çözeltiyi emme ve tutma özelliğine sahiptirler. Çevre dostu yapısı ve düşük maliyeti ile zeolit (klinoptilolit) ürünler günümüzde birçok endüstriyel sektörde ve çeşitli çevresel projelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zeolit/Klinoptilolit Killerin Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (MSDS)’nu incelediğimizde, ürünlerin; solunum ve gözle temasta tahriş edici olabileceği, deriyle teması halindeyse tehlikeli bir durum oluşumu belirtilmemiştir. Ana Risk kapsamında ise Tehlikeli olarak sınıflandırılmadığı görülmüştür. Açıklayıcı diğer malumatlar Şekil 5.5. ve Şekil 5.6. üzerinde bildirilmiştir (URL-38)[116].



Şekil 5.4. Zeolit/Klinoptilolit Killer

Tusorb® Malzeme Güvenlik Bilgi Formu(MSDS)	
MEKİTEM KİMYA TARAFINDAN DEKLARE EDİLMİŞTİR	
MSDS No: 01 Revizyon No: 01	Dekl. Tarihi : Aralık 2016 Madde No : NZ01
01 ÜRÜNÜN TANIMI: Ürün İsmi: zeolit /klinoptilolit Üretici: Mekitem Medikal Kimya Temizlik dış tic. Ltd. Şti. Üretici Adres : İhlamurkuyu mahallesi hatıra sokak no:6/A ÜMRANIYE/İSTANBUL Tel : 00 90 216 611 82 66 Mobil: 0533 143 48 58 Fax: 00 90 216 611 94 75 Web: http://www.mekitem.com.tr E-mail: info@mekitem.com.tr	
02- ÜRÜNÜN NİTELİKLERİ: Ürünün Kimyasal Adı : calcium,potassium,Aluminosilikate Ürün İçeriği : Aluminosilikat mineral Kimyasal Formül : $[Ca,K_2,Na_2,Mg]_4Al_8Si_{40}O_{96} \cdot 24H_2O$ CAS No: 1318-02-1 CAS No: 12173-10-3 EINECS No: 215-263-8	
03- RISK TANIMLARI: Ana Riskler : Tehlikeli olarak sınıflandırılmamıştır Sağlık Yönünden Etkileri (Gözler): Tozun, göze teması durumunda gözlerde geçici tahrişe sebep olabilir. Sağlık Yönünden Etkileri (Deri): Toz, sürekli teması halinde deride tahrişe sebep olabilir. Sağlık Yönünden Etkileri : Tozun tenneffüsü halinde genizde ve üst solunum yollarında tahrişe sebep olabilir. Semptomları hapsirme,öksürme ve nefes alıp verme zorlukları olarak görülebilir. EC Güvenlik : S25 (gözle temasından kaçının) S22 (tozu içinize çekmeyin)	
04- İLK YARDIM YOLLARI: Gözle temas halinde : Gözü açık tutacak şekilde en az 10 dakika bol miktarda suyla tozun temas ettiği gözü temizleyiniz.Eğer tahriş hala devam ediyorsa tıbbi destek almanızı öneririz. Deriyle temas halinde : Deriyi sabunla ve suyla iyice yıkayınız. Tenneffüs halinde : Tenneffüs eden kişiyi temiz havaya çıkartın. Eğer sorun devam ediyorsa tıbbi destek alınız.	
05- YANGIN SÖNDÜRME YOLLARI: Zeoled toz ,yanıcı bir madde olmadığından her türlü yangın söndürücü aletle uyum halindedir.	
06- KAZAYLA DAĞILDIĞI DURUMLARDA: Toksik etkisi yoktur. Uygun bir şekilde temizleyip,yenileyiniz.Toz çıkarmamaya özen gösterin ve tekrar kullanımı ya da atılması için uygun bir kaba doldurun. Atılacak tozu toprak bir Alana boşaltınız.	
07- İŞLEME VE DEPOLAMA: İşleme : . Toz tenneffüs etmekten kaçının. Depolama Önlemleri : kuru bir yerde saklayınız. Karayolu ve raylı taşıma için Tehlikeli Madde olarak tanımlanmamaktadır.	
08- HASAR KONTROL / KİŞİSEL KORUNMA: Göz / Deri Korunması: Karuyucu gözlük/maske, pvc eldiven ve standart bir iş tulumu.	
Mekitem Medikal Kimya Temizlik dış Ticaret Ltd.Şti. İhlamurkuyu mahallesi Hatıra sokak no:6/A ÜMRANIYE/İSTANBUL TEL : 00 90 216 611 82 66 Mobil: 0533 143 48 58 FAX: 00 90 216 611 94 75 http://www.mekitem.com.tr mail:info@mekitem.com.tr	

Şekil 5.5. Zeolit/Klinoptilolit Ürün MSDS

Tusorb Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (MSDS)

09- FİZİKSEL ve KİMYASAL ÖZELLİKLERİ:

Fiziksel Hali (20°C): Katı

Renk : Fildişi, Beyaz

Koku : Kokusuz

Erime noktası: > 1000 °C

Kaynama Noktası: Yok

Donma Noktası: Yok

Buhar Basıncı: Yok

Suda Çözünürlüğü: Çözünür değil

10- KARARLILIK ve REAKTİVİTE:

Kararlılık: Normal şartlar altında kullanımında kararlıdır.

Kaçınılması Gereken Durumlar: Mevcut değil

Tehlikeli polimerizasyon : Meydana gelmeyecektir

Saklanması Gereken Materyal: Güçlü oksidize edici faktörler

11-TOKSİKOLOJİK BİLGİLER:

Solumum: ITozun teneffüsü halinde genizde ve üst solunum yollarında tahrişe sebep olabilir..

Gözle Temas: Bu madde gözler için tahriş edici özelliğindedir.

Deriyle temas: Tahrişin seviyesi, madde hakkında deri için tehlikeli seviyelerde tahriş edici özellik taşıyor demek için yetersiz kalmıştır.

12- EKOLOJİK BİLGİLER:

Hareket Kabiliyeti: Bu madde uçucu ya da çözülebilir değildir. Zeminde birikecektir.

Dayanıklılık / Bozulma: Bu madde biyodegradasyona dayanıklıdır

13- TANZİM ŞEKLİ:

Toprak bir zemine tanzim ediniz.Tüm yerel ve ulusal uygulamalara uygun bir şekilde tanzim ediniz.

14- TAŞIMA BİLGİSİ:

U.S. DOT, IMDG, ICAO/IATA, RID/ADR: Uygunsuz değildir.

16-ÜRÜN NÖTRALİZASYON BİLGİSİ:Ürün negatiftir tüm pozitif iyonlar,Asitler,bazılar,radyoaktif maddeler,biyolojik maddeler ,yağlar,kimyasal yağlar, petrol ve türevleri,tıbbi atıklar,vücut sıvıları,boya,solventler vb tüm sıvıları absorbe eder, ve tüm kullanan giderir ,tüm sıvı, koku ve gazları kendi içerisinde hapsederek nötralize eder.kimyasal inert ve bal peteği şeklinde gözenekli yapıya sahip bir mineraldir

17-BİRİNCİ DERCEDE SOĞRULAN GAZLAR: CO, CO2, SO2, H2S, NH3, HCHO, Ar, O2, N2, H2O, He, H2, Kr, Xe, CH2OH.

18- DİĞER BİLGİLER:

Bu Malzeme Güvenlik Formu (MSDS)EU'nun ilgili direktif ve tüzüklerine uyumlu olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu formdaki bilgiler bu ürünü kullanacak,işleyecek,depolayacak,taşıyacak ya da çıkaracak tüm taraflara iletilmelidir. Mekitem Medikal Kimya Temizlik Dış tic Ltd.Şti. bu bilgilerin, yayım tarihi itibarıyla güvenilir ve güncel olduğuna inanmaktadır,fakat bunun garantisini vermemektedir. Ek olarak, eğer bu Malzeme Güvenlik Formu üç yıl öncesine aitse Mekitem Medikal Kimya Temizlik Dış tic Ltd.Şti. firmasıyla bu bilgilerin kesin doğruluğunu teyit etmek için aşağıda belirtilen telefon numarası aracılığıyla irtibata geçiniz.

Mekitem Medikal Kimya Temizlik Dış Ticaret Ltd.Şti. - İhlamurköy mahallesi,
Hattırs sokak no:6/A ÜMRANİYE/STANBUL TEL: 0216 611 82 66 Mobil:0533 143 48 58 FAK:0216
511 94 75 <http://www.mekitem.com.tr> mail:info@mekitem.com.tr

Şekil 5.6. Zeolit/Klinoptilolit Ürün MSDS

5.3.2. Boraks (Borlu toz bileşen)

Bor bileşeni, Disodyum Tetraborat Dekahidrat isimli ürün olan Boraks, Na₂B₄O₇·10H₂O kimyasal formülüyle tanımlanmaktadır. Günümüzde, bileşiklerinin (pentahidrat, boraks ve borik asit gibi) yangın geciktirici niteliklerinden ötürü, makul maliyeti ile bor, çokça kullanılmaktadır. Borax Alev önleyiciler; Eriyerek materyalin yüzeyini kaplar ve oksijenle alev arasındaki teması keserek malzemenin alev almasını engellediğinden çeşitli materyallerde alev geciktirici olarak kullanılır. Bu tür boratlardan, selülozik materyallerde işlenerek alev geciktirici olarak faydalanılır (Etimaden,2023)[117].

Tablo 5.2.'de TMMOB'nin Bor Raporunda kullanım alanlarından bahsedilmektedir(TMMOB,2003) [118].

Tablo 5.2. Bor Kullanım Alanları

Bor Kullanım Alanları	
Kullanım Alanı	Kullanım Yeri
Savunma Alanı	Zırh plakalar, seramik plakalar, silah namluları, fişek vb.
Cam Sanayi	Borosilikat camlar, laboratuvar camları, uçak camları, borcam, pyrex, izole cam elyafı, tekstil cam elyafı, optik lifler, cam seramikleri, şişe, otomotiv camlar, diğer düz camlar vb.
Elektronik-Bilgisayar Sanayi	Sensörler, süper iletkenler, yarı iletkenler, magnetler, LCD ekranları, akım lavhaları, vakum tüpler, kapasitörler, bataryalar, piller vb
Enerji Sektörü	Gaz türbinleri, bor hidrür yakıtları, ısı enerjisi depolayıcıları, piller, hidrojen depolayıcılar, hücre yakıtları vb.
Görüş Sistemleri	Kamera ve mercek camları, fotoğraf makineleri, dürbünler, banyo ve film imalatı
İlaç-Kozmetik Sanayi	Dezenfekte ediciler, antiseptikler, diş macunları, lens solüsyonları, kolonya, parfüm, şampuan vb.
İletişim Araçları	Cep telefonları, modemler, televizyonlar vb.
İnşaat Sektörü	Çimentoda mukavemet artırıcı ve izolasyon amaçlı olarak
Kağıt Sanayi	Yüksek kaliteli kağıtların parlaklaştırılmasında, kağıt hamurunun beyazlatılmasında
Kimya Sanayi	Flotasyon ilaçları, banyo çözeltileri, katalistler, atık temizleme amaçlı olarak, petrol boyları, yanmayan-erimeyen boyalar, yapıştırıcılar, soğutucu kimyasallar, korozyon önleyiciler, mürekkep, pasta ve cilalar, kibrit, dezenfektan sıvılar, sabun, toz deterjanlar, toz beyazlatıcılar, parlaticılar vb.
Koruyucu	Ahşap malzemeler ve ağaçlarda koruyucu olarak, boya ve vernik kurutucularında, küf önleyiciler vb
Makine Sanayi	Manyetik cihazlar, kompozit malzemeler, titreşim söndürücü ve sert malzemeler, motorlar vb.
Metalurji	Kaplama elemanları, paslanmaz ve alaşımlı çelik, kaynak elektrotları, briket malzemeleri, zımpara ve aşındırıcılar vb.
Nükleer Sanayi	Nükleer atık depolama, reaktör aksamaları, nötron emiciler, reaktör kontrol çubukları, nükleer sanayinde emniyet malzemeleri vb.
Otomobil Sanayi	Titreşim söndürücü malzemeler, hava yastığı şişirme mekanizmaları, bor hidrür yakıtları, ısı enerjisi depolayıcılar, ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacıyla, antifrizler, vb
Seramik Sanayi	Emaye, fayans, porselen boyları vb
Spor Malzemeleri	Tenis raketleri, balık oltaları, golf sopaları, vb.
Tarım Sektörü	Sentetik gübreler, küf ve mantar önleyiciler, yabani otlar vb
Tekstil Sektörü	Isıya dayanıklı kumaşlar, izolasyon malzemeleri suni ipek parlatma malzemeleri, vb.
Tıp	Yapay organlar, antibiyotikler, alerjik hastalıklarda, kemik gelişiminde, manyetik rezonans görüntüleme cihazlarında, vb.
Uzay-Havacılık Sanayi	Sürtünmeye, aşınmaya ve sıcaklığa dayanıklı malzemeler, roket yakıtı, uydular, uçaklar, helikopterler,zeplinler, balonlar vb

Yangın geciktirici etki sıralaması yapılacak olursa; diamonyum fosfat, amonyum sülfat, boraks ve çinko klorür alev yayılma hızını azaltmaya yönelik katkı sağlamıştır.

Alev yayılma hızını azaltan diğ er retardant olan çinko klorür, kor halde yanma ve duman oluşumu anlamında olumsuz değerlendirilmiştir. Amonyum sülfat ise hesaplı bir kimyasal ürün olmasına karşın korozyon oluşumuna sebep olduğundan kabul edilememiştir. Birçok kimyasal maddenin hi bibir odun üzerinde istenen özellikleri sağlayamadığından kabul g rmemeiştir. (Le Van, 1984)[119].



6. ARAŞTIRMA BULGULARI (DENEYLER)

Dünya ormanlarında oldukça geniş bir yer kaplayan sarıçam, başka başka ülkelerde farklı isimlerle; Almanya’da Gemeine Kiefer (Adi Orman Çamı), Fransa’da Pin de Riga, İngiltere’de Scotch Pine, Wild Pine olarak adlandırılmaktadır. 18. Yy’ın ortalarında botanik uzmanı LINNE tarafından bu türe ilk kez “Pinus silvestris” adı verilmiştir (Eliçin, G.1971)[120]. Deney aşamasında denek olarak kullanılan Sarıçam, Latince ismiyle Pinus Sylvestris Lipsky; ağaç endüstrisinde yoğun talep gören bir üründür (Yalınkılıç ve Ark. .2020)[121]

Ahşap yanıcı bir maddedir ve ahşabı tutuşturmak için sıcaklığın 275°C'ye ulaşması gerekir. Herhangi bir alev kaynağı tarafından desteklenirse, daha düşük sıcaklıklarda da tutuşabilir, yanabilir (Le Van ve Ark.1990)[122]

Sarıçam yangın geciktirici deneyleri, yangın riskini azaltmak amacıyla, ahşabın yanma özelliklerini kavrayabilmek için yapılır. Deney başlangıcı itibariyle ahşap numunesi , belirli bir nemde, sıcaklık seviyesinde belirli bir süre ısıya maruz bırakılır. Yapılan işlem, yanmaya dayanıklılık açısından, sarıçam ağacının mukavemetini ölçmek için temel deneylerdendir. Belirli bir süre boyunca ahşabın yanmazlığı ve ateşle temas ettikten sonraki dayanım durumu değerlendirilir.(Terzi, E. (2008)[123] Sarıçam odununun yangın sırasındaki davranışını ve yanma özelliklerini değerlendirirken örneğin, odunun ne kadar hızlı yanmaya başladığı, alevlerin nasıl yayıldığı ve yangının kontrol edilebilirliği gibi faktörlerde gözlemlenerek odunun tehlikeli bir yangın kaynağına dönüşme durumu gözlemlenir(Safford, H.D ve Ark.2009[124].

Yangın yayılma durumu için, sarıçam üzerinde büyüyen alev hızı ve yangın yayılımı da incelenebilir. Yangının kontrol altına alınmasını ve yayılımını etkileyen önemli faktörlerden biride, odunun yanma özellikleridir. Çalışmada, odunun yangına karşı verdiği tepkiler derlenir(Ayrılmış, N. 2006) [125].

Ahşapta üzerindeki yanma esnasında; kuruma durumu 170 °C’de, su buharı, CO₂, CO çıkışları 270 °C’ye kadar ve tutuşma durumu ise 250-300 °C’lerde görülmektedir.

Isınan ahşap yüzey kömürleşmekte, kömür katmanı, alevin ahşaba sirayet etmesini zorlaştırmaktadır. (Akıncıtürk ve ark. 2003) [126].

Yangın Geciktiricilerin uygulanmasıyla alakalı olarak; Etkili bir yangın geciktirici, yanma başlama hızını düşük seviyede tutmalıdır. Alevin şiddeti ile duman miktarını ve hızını azaltabilmelidir. Belirli bir oranda eklenen yangın geciktirici katkıları, yalnızca yanıcı malzemenin etkisini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda yanma için gerekli olan oksijen miktarını da en aza indirirler. Yangın geciktirici her katkı maddesinin aynı alanda kullanımı söz konusu değildir. Özel ihtiyaçlar ve alanlar için bir veya birden fazla katkı maddesi karıştırılarak en etkili sonuç elde edilir. Yangın sırasında karbon molekülleri yoğun bir şekilde ortaya çıkabilir ve gaz haline geldiklerinde yanma sürecini güçlendiren serbest radikaller oluştururlar. Bir süre sonra, yangın zincirleme bir reaksiyona dönüşür ve daha fazla serbest radikaller oluşturur. Yangın geciktirici katkı maddeleri serbest radikallerin oluşumunu engelleyebilmek için, zincirleme reaksiyonu yavaşlatır, böylece yangın kontrol altına alınır ve geciktirilir(Kaya M., Oz D.1999)[127].

6.1. Deney Aşamasında Ahşap Bloğun Yanma Süreci Kavramları

6.1.1. Tutuşma

Organik materyallerden biri olarak yüksek sıcaklığa maruz kalan odunun yapısındaki kömür ve gaz oluşumu, kimyasal değişimle alakalıdır. Odundan ayrılan gazlar havada birbirleriyle ilk karşılaştığı anda, sıcaklığa da endeksli olarak alev ihtiyacı duymaksızın tutuşabilir. Tutuşma (yanmanın başlangıcı), odun yüzeyinin kor haline gelmesi veya yüzeyde alev oluşumuyla ortaya çıkmaktadır (Holmes, C. A. 1974)[128].

6.1.2. Alev yayılımı

Odun parçası üzerindeki alev, bitişindeki yanıcı maddeleri tutuşturmak için kaynak oluşturabilir. Ahşap üzerindeki nem, alev yayılımını etkiler. Ayrıca ahşabın kimyasal yapısı ve yoğunluğu da alev yayılımına etki edilmektedir (RICHARDSON 1993) [129].

Mühim bir yanma performans karakteristiği olarak tutuşabilen bir yüzey üzerindeki alev yayılımı özelliğini ASTM E 84'te belirtilen esaslara göre alt yüzeyine yatay olarak yerleştirilen bir tutuşturucu vasıtasıyla yanabilir. Pilot alevi piroliz noktasına kadar yanıcı maddeyi ısıtır ve ortaya yanıcı gazlar bu alev yardımıyla tutuşturulur. (HOLMES 1977)[130]

6.1.3. Duman oluşumu

Ahşabın yanması sonrasında, ısı, ışık ve duman gibi tehlikeli ürün çıktıları oluşmaktadır(İLHAN, R.. 1988)[131]. Duman, katı veya gaz durumdaki yanma ürünleri için kullanılan genel bir terimdir(Alkış,S 2002)[132] ve yukarıya doğru hareket ettikçe, ısınan hava ile diğer gazların yükselmesinin konveksiyonel bir ispatı olarak bilinir.

6.2. Sarıçam Odunu Yangın Deneyleri

Sakarya Üniversitesi Yangın Araştırmaları Labaratuvarında, yapılan geciktirici çalışmalarımızda, ZK kil, Boraks(Borlu bileşik) ve Su kullanılmak suretiyle bazı deneyler yapılmıştır. Deney öncesi sarıçam denekleri, uygulanacak geciktirici ürünler ve tavaya konulacak yakıt (benzin) miktarı tartılarak belirlenmiştir. Sade (kuru) odun, Islak(su ile emdirilmiş) odun ve farklı mayi karışımlarıyla sarıçam odunun deney düzeneği üzerindeki yanma süreci değerlendirilmiştir.

6.2.1. A Sınıfı yangın deneyleri prosedürleri

Yangın deneylerinde; TS 862-7 EN 3-7 + A1 standartları göz önüne alınmaktadır.

6.2.2. Yangın deneylerinin özellikleri

Sınıf A yangın deneylerinde, ahşap blok destesi, 250 mm yüksekliğinde, 900 mm genişliğinde ve uzunluğu deney yangınının uzunluğuna eşit olan bir metal ızgara üzerine tutturulmuş olmalı, Tablo 6.1.'de görüldüğü üzere, (50x50) mm'lik (LxW) köşebentli metal ızgara, ISO 657-1 uyarınca yapılmalıdır.

Yangının büyüklüğünü belirten bir sayı ve takip eden bir A harfi ile gösterilen her bir deney yangınının kısa gösterim sayısı aşağıdaki iki değişkeni, Tablo 6.1.'de gösterildiği gibi belirtmektedir.

Deney yangını için uzunlamasına yerleştirilmiş ahşap blokların boy uzunluğu (deney yangını düzeni desimetre cinsinden uzunluğu),

Her bir tabaka içerisinde bulunan 500 mm'lik, deney yangın düzenine zıt yerleştirilmiş ahşap blokların sayısı.

Not : Her bir deney yangını, her bir terimin öndeki iki terimin toplamına eşit olan bir serideki bir sayı ile gösterilir. Bir başka deyişle bu seriler, yaklaşık 1,62'lik ortak orana

sahip geometrik dizinin eşdeğeridir. İlâve yangınlar 27A ve 43A, önceki terimin ve $\sqrt{1,62}$,nin toplamını belirtir.

Tablo 6.1. A Sınıfı Deney Yangınlarının Özellikleri

Deney yangını kısa gösterimi	Her bir tabakadaki 500 mm'lik ahşap blokların sayısı	Deney düzenini Uzunluğu	yangını
5A	5	0,5	
8A	8	0,8	
13A	13	1,3	
21A	21	2,1	
27A	27	2,7	
34A	34	3,4	
43A	43	4,3	
55A	55	5,5	

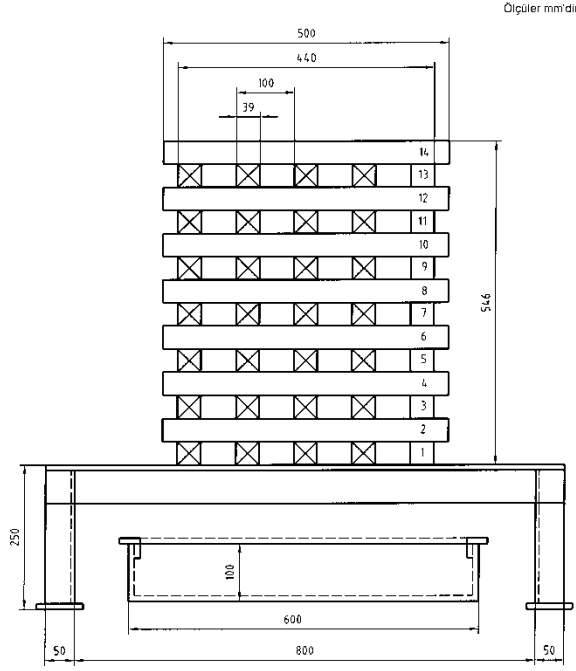
27A'dan büyük olan deney yangınları, daha küçük boyuttaki yangınlar (yangınlar, ızgaralar ve tepsiler) kullanılarak oluşturulmalıdır (Tablo 6.2.). Uzunlamasına yerleştirilmiş çubukların uçları birbirine temas etmelidir.

Tablo 6.2. A Sınıfı Deney Yangınlarının Oluşturulması

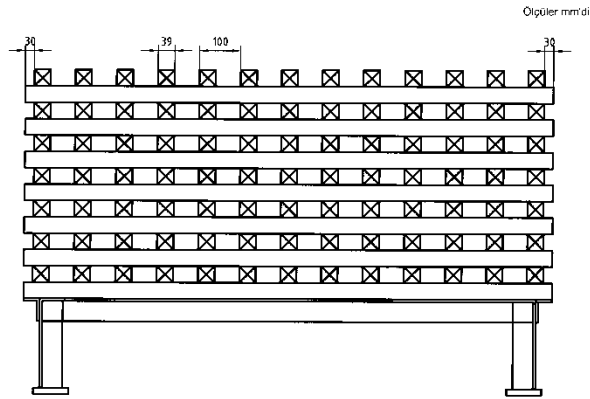
Yangın boyutu	Yangının oluşturulması
5A	5A
8A	8A
13A	13A
21A	21A
27A	27A
34A	21A+13A
43A	8A+27A+8A
55A	21A+13A+21A

Ahşap çubuklar, Ek J'ye uygun olarak tayin edildiğinde kütlece % 10 ilâ % 15 nem ihtiva eden Pinus silvestris (sarı çam) olmalıdır. Bu çubuklar kesilmeli ve yanal kesiti (39 ± 2) mm olmalıdır. Ahşabın yoğunluğu 0,40 kg/dm³ ilâ 0,65 kg/dm³ olmalıdır.

Ahşap çubuklar, metal ızgara üzerinde Şekil 6.1. ve Şekil 6.2.'de gösterildiği gibi 14 tabaka hâlinde istiflenmelidir.



Şekil 6.1. A Sınıfı Yangın Örneği (13A Yangını) - Önden Görünüş



Şekil 6.2. Temsili A Sınıf Yangın Örneği (13A Yangını)

Her bir tabakadaki çubuklar, arasında 6 cm boşluk bırakılarak düzenli aralıklarla ayrılmalıdır. Zıt olarak yerleştirilen çubuklar (1,3,5,7,9,11 ve 13 tabakaları) ± 10 mm toleransla Tablo 6.1.'de verilen deney yangınına uygun olarak değişiklik gösteren sabit uzunluğa sahip olmalıdır.

Not - Deney yangını daha küçük yangınlar kullanılarak oluşturulduğunda, münferit çubukların uzunluğuna tolerans uygulanır. 55A'nın üzerinde bir yangın büyüklüğü kullanılmalıdır (Tablo 6.1.).

- **Deney Şartları:**

Dış ortam sıcaklığı 0 °C ilâ 30 °C arasındadır ve arazi yangını çalışıldığından, ortam olarak açık yangın düzeni seçilmiştir. 600 mm genişliğe ve 100 mm derinliğe sahip bir metal tutuşturma tepsi kullanılmalıdır. Tepsinin uzunluğu, yangın boyutundan 100 mm daha fazla olmalıdır. Yangını oluşturmak için çoklu ızgaraların kullanıldığı durumda, toplam uzunluğun 200 mm'den 300 mm'ye artırılmasına izin verilmelidir. Tutuşturma tepsi, deney yangını oluşturan destenin altına simetrik bir şekilde yerleştirilmelidir.

- **Deney İşlemi:**

Tavaya dökülen yakıt tutuşturulmalı, yangın 2 dakika sürdükten sonra tepsi, destenin altından çekilmelidir. Ardından deste, 6 dakika yanmaya bırakılmalıdır, toplam deney öncesi süresi 8 dakikaya tamamlandıktan sonra bu noktada deney yangınının oluşturulduğu varsayılabilir ve söndürme başlatılmalıdır. Deneyi yapan kişi, ardından, yangın söndürücüyü kullanıma başlar ve en iyi sonucu elde etmek üzere kendi yetkisini kullanarak yangını kapsayıcı bir şekilde müdahale eder. Yangın söndürücünün bütün muhtevası sürekli olarak veya kademeli püskürtmelerle boşaltılabilir. Azamî yangın söndürme süresi 21A yangınları da dâhil olmak üzere bu büyüklüğe kadar 5 dakikayı, daha büyük yangınlar için 7 dakikayı geçmemelidir. Deneyi yapan kişi yangın söndürücünün tamamıyla boşaltıldığını veya yangının izin verilen süre dâhilinde söndürüldüğünü belirtmelidir. Her iki durumda da, yangın bu noktadan sonra 3 dakika daha gözlenmelidir. İzin verilen süre dâhilinde tekrar işlem yapma durumunda 3 dakikalık yeni bir süre başlar. Bir deneyin başarılı olarak kabul edilmesi için, bütün alevler söndürülmeli ve 3 dakikalık gözlem süresi sırasında alevler yeniden ortaya çıkmamalıdır. Deneyler belirtilen koşullarda yapılmalıdır(TS 862-7 EN 3-7 + A1, 2010)[133].

Ahşap malzeme üzerine uygulanan yangın geciktiriciler, tümüyle yanmazlık sağlayamazken, tutuşma önleyici olarak yanmanın başlamasıyla beraber alev yayılımını geciktirebilir, sınırlayabilirler (Berkel, 1972)[134].

Bu mihmalde, yangın disiplini bakımından ilgili deneyler üç farklı zamanda yapılmış, deney prosedürleri, şekiller ve tablolardan bahsedilmiştir. Ulaşılan yeni veriler tablo olarak kaydedilmiş; yanmazlık, geciktiricilik, tekrar alevlenme, soğutma gibi durumlar değerlendirilmiştir.

- **Deney Düzeneği ve Malzemeleri:**

Sakarya Üniversitesi Yangın Laboratuvarında yapılan deney çalışmamızda kullanılan düzenek ve malzemeler Şekil 6.3.'den, Şekil 6.13'e kadar görölmektedir.

- Deney sehpaı
- Yakıt tavaı
- ABC Tip YSC
- 5x5x50 cm ebatlarında Sarıçam Odunları
- 16 lt. Basınçlandırılabilir Sırt pompası
- Tartı
- Pürmüz
- Su düzeci
- Isı ölçer
- Kronometre
- Benzin
- Su
- 40 Mk ve 100 Mk. ZK Killer
- Boraks



Şekil 6.3. Deney Düzeneği ve Malzemeleri



Şekil 6.4. Sarıçam Bloğu Tartımı Yapılıyor



Şekil 6.5. Tavada Yakılacak Benzin Tartımı Yapılıyor



Şekil 6.6. Tavanın Oturacağı Zemin Su Düzeci İle Ayarlanıyor



Şekil 6.7. Termal Cihaz İle Sarıçam Blok Isı Ölçümü Yapılıyor



Şekil 6.8. Geciktirici Ürün Miktarı Tartılıyor



Şekil 6.9. Tava Tutuşturularak Blok Yakılıyor



Şekil 6.10. Yanma Devam Ediyor



Şekil 6.11. Deney Sonrası Yanan Numune Tartılıyor



Şekil 6.12. Katlı Bloklar Şehpalı DeneyDüzenğinde Yakılıyor



Şekil 6.13. Sarıçam Bloklarının Yanma Sonrasındaki Durumu

6.2.3. Zk kil uygulamalı sarıçam bloğu yanmazlık (1.) Deneyleri

16 Nisan 2023 tarihinde; dış hava sıcaklığı 18C° ve rüzgar durumu hafif kuzeyli olarak seyrederken, her bir deney için hazırlanan, 5x5x50 cm. ebatlarındaki budaksız, pürüzsüz sarıçam bloğu, yakıt tavaşı üzerine konumlandırılmıştır. Tavaya koyulan 500 gr. benzin tutuşturularak, geciktirici uygulaması yapılan ve yapılmayan blokların yangına karşı dirençleri değerlendirilmiştir. Toplam 4 deney ile yapılan çalışmalar analiz edilerek, ilgili değerler Tablo 6.3.'e aktarılmıştır.



Şekil 6.14. Sarıçam Bloklarının Yanma Deneyi Sonrası Oluşan Tahribat Durumu

Çalışma kapsamında 4 deney yapılmış ortaya çıkan bilgiler Tablo 6.3.'e kaydedilmiştir. Tablo 6.3.'e göre deneyler;

- **Deney 2N:**

Sade(kuru) odun deneyi, "2N" isimli sarıçam numune ile yapılmıştır. Sarıçam bloğu hiçbir geciktirici uygulanmadan tavadaki benzin tutuşturularak yakılmış, benzin tükendikten sonra kendiliğinden yanma süresi 4 dk 28 sn. sürmüş ve blok kendiliğinden sönmüştür. Oluşan ısı 3dk sonrasında hala güncelliğini kaybetmemiş, tekrar alevlenme durumu olabileceği düşünülmüştür.

Tablo 6.3.'de bulunan bilgilerde belirtildiği üzere, kuru sarıçam odunu rüzgar yönünde islenmiş, kırmızı, sarı, siyah ve gri renkte duman çıktıkları görülmüştür.



Şekil 6.15. Deney Sonrası Yanan Blok Durumu

- **Deney N3:**

“N3” isimli sarıçam bloğu ile yapılan, ıslak (Su ile Islatılmış) odun deneyidir. Burada suyun geciktirme etkisi görülmek istenmiştir. Deney prosedürü başlatılıp tavadaki benzinle, sarıçam bloğu tutuşturduktan sonra, blok kendiliğinden 1dk 30sn. yanmış akabinde sönmüştür. Sarıçam odunu yine rüzgar yönünde islenmiş, kırmızı, sarı, siyah ve gri renkte duman belirtisi görülmüştür. Sönmeye müteakip bekleme süresi olan 3dk.sonunda blok üzerindeki ısı durumu, elle dokunulmayacak halde görülmüş, tekrar alevlenme obileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 6.16. 2.Deney Sonrası Yanan Numunenin Son Durumu

- **Deney N4:**

40 Mk. ZK Kil uygulaması yapılan “N4” isimli deneydir. Deney olağan akışında devam ederken benzinle tutuşturma yapılmış, benzin tükendikten sonra blok kendiliğinden 4sn. yanmış ve devamında sönmüştür. Sarıçam bloğu rüzgar yönünde islenmeye devam etmiş, kırmızı, sarı, siyah ve gri renkte duman çıktıkları izlenmiştir.

Bekleme süresi sonrasında elle yapılan kontrolde 1. ve 2. deneylere nazaran nispeten soğutma görülmüştür. Soğutulduğu için tekrar alevlenme durumu belirmemiştir.



Şekil 6.17. 3.Deneyde Yakılan Numunenin Son Hali

- **Deney N5:**

100 Mk. %100 ZK Kil uygulama deneyi olarak “N5” olarak isimlendirilmiştir. Boydan boya sürülen ZK Kil mamülünün yanmazlık deneyidir. Deney prosedürü ile tutuşturulan sarıçam bloğu, benzinin tükenmesine müteakip 3sn içinde yer yer yanmış ve sönmüştür. Elle kontrol edilecek düzeyde minimal ısıya sahip iken 3dk bekleme yapılmış ve sonrasında ciddi anlamda soğuma olduğu görülmüştür. Tekrar alevlenme durumu negatif olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6.18. %100 ZK Kil Uygulanarak Yakılan Bloğun Son Hali

Tablo 6.3. 16.04.2023 Tarihli Sarıçam Ahşap Blok Yangın Geciktirici Deneyleri.

Sarıçam Ahşap Blok Yangın Geciktirici Deneyleri				
16.04.2023 Tarihli Sarıçam Yangın Uygulama Deneyleri (5x5x50cm)	Deney 2N (Kuru odun alışması)	Deney N3 (Islak odun alışması)	Deney N4 40 Mk. ZK Kil alışması)	Deney N5 100 Mk. ZK Kil alışması)
Geciktirici Uygulama Durumu	Uygulama yapılmaksızın	2,8lt. Su uygulaması	(%4 ZK Kil) uygulaması	(%100 ZK Kil) uygulaması
Tarih-Saat	16,04,2023 15:28	16,04,2023 15:43	16,04,2023 16:21	16,04,2023 16:40'30"
Hava Sıcaklığı C °	18	18	18	18
Rüzgar Yönü-Şiddeti	Hafif kuzeyli	Hafif kuzeyli	Hafif kuzeyli	Hafif kuzeyli
Tavadaki Benzin Miktarı ve Süresi	500gr	500gr	500gr	500gr
Tavadaki Benzinin Yanma Süresi (500 gr)	15:28- 15:31'30" 3 dk 30 sn benzin yanma süresi	15:43- 15:46'48" 3 dk 48 sn benzin yanma süresi	16:21- 16:25'29" 4 dk 29 sn yanma süresi	16:40'30" - 16:44'39" 4 dk 9 saniye benzin yanma süresi
Blok Yanma Başlangıç-Bitiş Zamanı	15:28'25" 15:35'58" Odun bloğu 7 dk 23 sn yandı	15:44'50" 15:48'18" 3dk 28 sn yandı	16:22'15" 16:25'33" 3dk 17 sn odun bloğu yandı	16:43'06" 16:44'42" 1 dk 32 sn yer yer yandı
Yanma/Sönme/Soğut ma Durumu	4dk28sn Soğutma olmadı.	1dk 30 sn. Soğutma olmadı.	4 sn. yandı söndü, soğutma vardı.	3sn yer yer yandı söndü, soğutma yaptı.
Blok İşlenme Durumu	Rüzgar yönüne doğru	Rüzgar yönüne doğru	Rüzgar yönüne doğru	Rüzgar yönüne doğru
Alev – Duman Rengi	Kırmızı,sarı- Siyah, gri	Kırmızı,sarı- Siyah, gri	Kırmızı,sarı- Siyah, gri	Kırmızı,sarı- Siyah, gri

Sonuç olarak; kuru ve sade sarıçam blok uygulamalarına göre, ZK Kil uygulamalarının yangın geciktiriciliği bakımından daha etkili olduğu görülmüştür.

6.2.4. Sarıçam bloğu söndürme mayii söndürücülük etki (2.) Deneyleri

24 Nisan 2023 Tarihinde Sakarya Üniversitesi Yangın ve Yangın Güvenliği Bölümü Uygulama Laboratuvarında, deney düzeneği ile yapılan geciktirici çalışmalarımızda, ZK Kil, Boraks(Borlu bileşik) ve Su kullanılmak suretiyle bazı deneyler icra edilmiştir. Deney öncesi sarıçam deneklerine, uygulanacak geciktirici ürünler ve tavaya konulacak yakıt (benzin) miktarı tartılarak belirlenmiştir. Yakılan sarıçam

odununa karşı, mayii veya mayilerle yapılan karışımlarla söndürme çalışmaları icra edilmiştir. Sarıçam odunu ateşe maruz bırakılarak yanması, söndürme kapsamında sıvı hale getirilen farklı mayi karışımlarıyla söndürülmesi, soğutulması ve tekrar geri yanmanın oluşmaması hususları irdelenmiştir.

‘Kalsiyum, Potasyum, Sodyum Aluminosilikat isimli, 40 mikronluk ve 100 mikronluk ZK Killer’ ile boraks (borlu bileşen) ve su kullanarak yapılan deney çıktıları Tablo 6.4.’e kaydedilmiştir.

Borlu bileşikler, odun mamüllerini koruma endüstrisinde, malzemenin yüksek sıcaklıkla karşılaştığı durumlarda dış tabakadaki nemin hızla dışarı atılmasını sağlayarak hızla kömürleşmeyi tetikler. Bu da yangında içeriye ısının iletilmesini önler, böylece yavaş yanma sürecini destekler. Sonuç olarak, acil müdahale için zaman kazandırarak can ve mal kaybını azaltmayı hedefler(Hafızoğlu, H. Ve Ark.1994)[135].

Bir diğer çalışmada Örs ve Ark. su iticiler ile sulu çözeltileri ikili işlem şeklinde uygulanmasıyla farklı oranlarda hazırlanmış borlu bileşiklerin yanmaya karşı önleyici etkiyi arttırabileceğini belirtmişlerdir (Örs ve Ark. 2002)[136].

Ahşap sarıçam bloklarını tutuşturmak için metal deney sehpasının altına metal tava yerleştirilmiş, tava içerisine benzin koyulmuştur. Bir çubuk ucuna bağlanan bezin yakılması ile tavadaki benzin tutuşturularak yanma başlatılmıştır. Kronometre ile zaman tutulmuştur.

Tavadaki benzin 2dk. boyunca yakılmış ve ahşap bloklara nüfus ettirilmiştir.

2 dk sonra tava çekilmiş, belli bir yanma doygunluğuna ulaşan ahşap bloklar 6 dk boyunca kendiliğinden yanması beklenmiştir.

“ZK Kil, Boraks vd. uygulamalar sırasında kullanılan mayilerle homojen karışımlar elde edilmiştir. Bunlar suyla kolayca karışabilir olduğundan, sırt pompası marifeti ile pompalanarak hazır edilmiştir (Doğan N.,2008)[137]. Hazırlanan söndürücü karışım 6. dakika sonunda; basınçlı pompa ve ucundaki sprikler yağmurlama düzeneğiyle, pülverize bir şekilde yanan ahşapların üzerine uygulanmıştır. Burada hedeflenen hususlar yangını boğma, söndürme, soğutma ve tekrar alevlenmeyi önleyebilmektir.

A- 40 Mk. ZK Kil İçeren (1.) Söndürme Deneyi:

40 mikronluk 200 gram ZK kil ile 10 litre su homojen olarak karıştırılmış basınçlı pompa ile, 4 katlı ve 5'erli bloklara sahip 20 adet sarıçam odunu üzerinde kullanılmak

üzere hazırlanmıştır. Deney düzeneği altında bulunan tavaya 1 kilogram benzin koyulmuştur. Tavadaki yanma ahşap blokları 23. sn'de tutuşmuştur. İlk sıcaklık ölçümleri 650 C° ve üzerinde seyretmiştir. 2 dakika sonra tava çekilmiş, bloklardaki yanma kendiliğinden devam etmiştir. 6 dakika sonunda; 10 lt. su ve 200 gr ZK Kil homojen karışımı olan söndürme mayii ile söndürmeye çalışılmıştır fakat mayii bitmesine rağmen yangın söndürülememiştir.

- **1. Söndürme Deneyi Şekilleri:**

Yapılan ilk deneyle alakalı Şekil 6.19.'dan Şekil 6.24.'e kadar olan fotoğraflar yer almaktadır.



Şekil 6.19. 4x5'lik Blokları, 1 kg Benzinle Tutuşturuluyor



Şekil 6.20. 4x5'lik Bloklarda Yanma Süreci Devam Ediyor



Şekil 6.21. 4x5'lik Bloklarda Yanma Devam Ederken Söndürme Süreci Başlıyor



Şekil 6.22. Söndürme Sürecinde Yer-Yön Değiştiren Rüzgarın Etkisiyle Alev Yüksekliği Farklı Seyredebiliyor



Şekil 6.23. Söndürücü Mayii Uygulanmasına Rağmen Yangın Devam Ediyor



Şekil 6.24. Söndürme Yapılamamış, Bloklar Dağılmış, Yangın Devam Etmıştır

B-) 100 Mk ZK Kil ve Boraks İçeren (2.) Söndürme Etki Deneyi:

Tablo 6.4.'e kaydedilen zaman ve bilgiler ışığında; 500 gr. benzinle tutuşturulan 2 katlı 10 adet sarıçam bloğu, 10 lt su ile 200 gr kil(100 mikronluk) ve 100 gr boraks (bor) karıştırılarak hazırlanan söndürme mayii, basınçlı pompa ile sarıçam bloğu üzerine uygulanmış, 59. saniyede yangın söndürülmüştür. 3 dakika bekleme süresi sonrasında tekrar yangın meydana gelmemiştir.

- **2. Deney Görselleri:**

Geciktirici karışım deneyi aşamaları Şekil 6.25. ile Şekil 6.28. arasındaki fotoğraflar ile gösterilmektedir.



Şekil 6.25. 2x5'lik Sarıçam Blokları 500 gr Benzinle Tutuşturulmuş ve Yanma Başlamıştır



Şekil 6.26. Tutuşturulan Bloklarda, Rüzgarın Tesiriyle Alevlenme Artmıştır



Şekil 6.27. 6 Dakikalık Bekleme Süresince Alevler Azalıyor



Şekil 6.28. Söndürmeyle Birlikte Duman Renginde Beyazlaşmalar Başlıyor

C-) 100 Mk ZK Kil ve Boraks İçeren (3.) Söndürme Deneyi:

Tablo 6.4.'e girilen zaman ve ölçüler göz önüne alınarak, 1 kg benzinle tutuşturulan 4 katlı 20 adet sarıçam bloğunu, 6 dakika sonunda söndürmek için, 10 lt. su, 200 gr (100 mikron) kil, 100 gr. boraks (Borlu) ürünleri, homojen bir şekilde karıştırılarak hazırlanmıştır. Karışımla söndürme işlemi 28 saniyede gerçekleşmiştir. 3 dakika beklenmiş, blokların soğumaya başladığı ve tekrar yangın çıkmadığı gözlenmiştir.

• 3.Deney Şekilleri:

Geciktirici karışım (3.) deney fotoğrafları Şekil 6.29 ile Şekil 6.34 arasında gösterilmiştir.



Şekil 6.29. 4x5'lik Sarıçam Blokları 1kg Benzinle Tutuşturuluyor



Şekil 6.30. Tavadaki Benzinin Desteğiyle Yanma Harlı Bir Hal Alıyor



Şekil 6.31. 4x5'lik Sarıçam Blokları Kendiliğinden Yanmaya Devam Ediyor



Şekil 6.32. Söndürme Esnasında Su Sisi ve Beyaz Duman Görülüyor



Şekil 6.33. Söndürme Süreci Devam Ediyor



Şekil 6.34. Söndürme Akabinde Bloklar Dağılıyor, Beyaz Duman Görülüyor

D-) 40 Mk ZK Kil ve Boraks İçerikli (4.) Söndürme Deneyi:

Tabloda belirttiğimiz ölçü ve değerlerde, 750 gr. benzinle, 3 katlı, 15 adet sarıçam bloğu tutuşturulmuştur. 5 lt. suya 250 gr. ZK kil (40 mikron), 250 gr. boraks homojen olarak karıştırılmış, söndürücü mayi 6 dk. sonunda uygulanmıştır. Söndürme süreci 4 dk. 17 sn.'de tamamlanmıştır. Kısa sürede tütme son bulmuş, 3 dakika bekleyerek yangın tekrarlama durumu için gözlem yapılmıştır. Bloklar üzerinde tütme görülmemiş, elle dokunulan bloklar üzerinde soğutma durumu diğer deneylerden daha makul olmuştur.

Pürmüz kapatıldığında sarıçam bloğu üzerinde biraz duman çıktığı ve hafif derecede közlenme olduğu fark edildi. Tütme görülmeyen, numunede; elle dokunulabilir olduğu ve özellikle direk aleve maruz kalan kısımda yapısını halen devam ettirdiği gözlemlendi. Yanma geciktirici mayii ile müdahale edilen sarıçam odununa test uygulandığında islenme görüldü. Alevin temas ettiği yüzeyde, satıh boyunca harlı bir alevlenme, ilerleme olmadı fakat kömürleşme görüldü. Alev parçacıkları ve kıvılcıma rastlanmadı, deney sonucunda sarıçam odununun elle tutulabilecek oranda soğuk ve mukavemetini devam ettirmiş halde olduğu değerlendirildi. Kimyasal ürün kullanmadan yapılan bu deneyde söndürme, soğutma anlamında kazanım sağlandığı, kapsayıcı, boğucu özellik gösteren mayi ile tekrar alevlenmenin de önüne geçilebileceği değerlendirilmektedir.

- **4.Deney Şekilleri:**

Geciktirici mayiilerle yapılan (4.) deneye ait fotoğraflar Şekil 6.35. ile Şekil 6.42. arasında gösterilmiştir.



Şekil 6.35. 3x5'lik Sarıçam Bloklarını Tutuşturmak İçin 750 gr Benzin Yakılıyor



Şekil 6.36. 3x5'lik Sarıçam Blokları Tutuşturuluyor



Şekil 6.37. Bloklar Alttan Tutuşmaya Başlıyor, Akabinde Siyah Duman Çıkışı Görülüyor



Şekil 6.38. Tavadaki Benzininde Tesiriyle Yoğun Bir Alev Gözlemleniyor



Şekil 6.39. Ahşap Bloklar Kendi Enerjisiyle Yanmaya Devam Ediyor



Şekil 6.40. Söndürme Süreci Başlıyor



Şekil 6.41. Söndürme Mayii Yangın Üzerine Püskürtülüyor



Şekil 6.42. Karışık Mayii İçeriğindeki Borlu Bileşiğin Beyaz Görüntüsü

E-) Su İle Söndürme Amaçlı (5.) Deney:

3 katlı 15 adet sarıçam bloğu, 750 gr. benzinle tutuşturularak, deney başlamıştır. 6 dakika sonunda sadece 10 litre su ile söndürmeye çalışılmıştır. 2 dakika 14 saniye sonunda yangın söndürülmüş fakat tütmenin devam ettiği, soğutmanın yapılamadığı değerlendirilmiş, 3 dakika geçmesine rağmen ahşap bloklar sıcaklığını muhafaza etmiştir.Yapılan incelemede, söndürme yapılmış olsa da, soğutma yapılamamış, bloklar üzerinde bulunan ısı sebebiyle tekrar yangın çıkabileceği değerlendirilmiştir.

- **5.Deney Görselleri:**

Sadece 10 lt su ile söndürme yapılan deneye ait fotoğraflar Şekil 6.43. ile Şekil 6.48. arasında gösterilmektedir.



Şekil 6.43. 3x5'lik Sarıçam Blokları ve Deney Düzeneği Hazırlanmıştır



Şekil 6.44. Bloklar Tutuşmaya Başlıyor



Şekil 6.45. Tavadaki Benzinin Etkisiye Bloklar Üzerindeki Alev Miktarı Oldukça Yükseliyor



Şekil 6.46. Ahşap Bloklar Kendi Enerjisiyle Yanmaya Devam Ediyor.



Şekil 6.47. Söndürme Süreci Başlıyor, Söndürme Yapılıyor



Şekil 6.48. Söndürme Yapılmış, Sıcak Kalan Bloklarda Tütme Devam Ediyor

Daha önceki yıllarda yapılan benzer çalışmalarda elde edilen bilgiler ışığında oluşan analizlerde, bor bileşiklerinin yanmayı geciktirici ve/veya önleyici madde olarak, sarıçam ağacında ısı yalıtımı bakımından etkili sonuçlar verdiği görülmektedir (Uysal vd,2008)[138].

Deney Sonucunda;

Sarıçam bloğu söndürme mayii etki eneyleri; sarıçam odunu kullanılarak,

Sadece Zeolit/klinoptilolit killeri, boraks(borlu bileşiği) ve su ile birlikte farklı oranlarda karıştırılmak suretiyle yapılmıştır.

4.Deneyin diğer deney sonuçlarına göre etkinliği görülmektedir. 10 lt suda hazırlanan, 250 gr. 40 Mk. ZK Kil ve 250 gr. Boraks karışımıyla, yanan 3 katlı 15 adet sarıçam bloğu söndürme süreci başarıyla gerçekleşmiştir.

40 mikronluk Zeolit/klinoptilolit kilin geciktiriciliği, Boraks (borlu bileşik) ile birleşen 4. deneyde; soğutma, boğma, nüfuz etme, tekrar yangın çıkma seçenekleri değerlendirildiğinde olumlu gelişmeler görülmüştür. Bu mihmalde yapılacak yeni deney ve çalışmalarla çevreye duyarlı, retardant etkiyi artıracak sonuçların oluşabileceği düşünülmektedir.

6.2.5. Tablo 24.04.2023 tarihli sarıçam bloğu söndürme mayii söndürücülük etki (2.) Deneyleri

Sarıçam Blok Yangın Deneyleri					
24.04.2023 Tarihli Yangın Deneyleri	Deney1	Deney 2	Deney3	Deney4	Deney5
Sarıçam Sıralı Blok Deneyleri 5x5x50 cm	4 Katlı 5'er Blok, 20 Adet	2 Katlı, 5'er Blok, 10 Adet	4 Katlı 5'er Blok, 20 Adet	3 Katlı 5'er Blok, 15 Adet	3 Katlı,5'er Blok, 15 Adet
Uygulamalar	4 sıra 20 blok, 2 10 lt su ile 200 gr ZK kil(40mikronluk) karıştırılarak hazırlandı, uygulandı.	2 sıra 10 blok, 10 lt su ile 200 gr ZK kil(100 mikronluk) ve 100 gr (bor) karıştırılarak hazırlandı, uygulandı.	4 sıra 20 blok, 10 lt su ile 200 gr ZK kil(100 mikronluk) hazırlandı,uygula ndı.	3 sıra 15 blok, 10 lt su ile 250 gr ZK kil(40mikronluk) ve 250 gr Boraks(bor) karıştırılarak hazırlandı, uygulandı.	3 sıra 15 blok, 10 lt su ile uygulama yapıldı.
Tarih-Saat	24.04.2023 15:55:51	24.04.2023 16:48:40	24.04.2023 17:10:41	24.04.2023 17:35:06	24.04.2023 17:54:05
Hava Sıcaklığı	18 C ° (64,4 F °) P.bulutlu	18 C ° (64,4 F °) P.bulutlu	18 C ° (64,4 F °) P.bulutlu	18 C ° (64,4 F °) P.bulutlu	18 C ° (64,4 F °) P.bulutlu
Rüzgar Hızı	3km/sa	3km/sa	3km/sa	3km/sa	3km/sa
Nem	%67	%67	%67	%67	%67
Tutuşturucu	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)
Tavadaki Benzin Miktarı	1kg.	500gr.	1kg.	750gr.	750gr.
Benzin Yanma Başlangıç/ Tavayı Çekme Zamanı	15:55:51 15:57:51	16:48:40 16:50:40	17:10:41 17:12:41	17:35:06 17:37:06	17:54:05 17:56:05
Ahşap Blok Tutuşma	15:56:14	16:49:32	17:11:43	17:35:54	17:54:50
Söndürücü Uygulama Zamanı	16:03:51	16:56:40	17:18:41	17:43:06	18:02:05
Sönme zamanı (5dk içinde olmalı)	16:06:58	16:57:39 (59sn.)	17:30:49 (12:08)	17:47:23 (04:17)	18:04:19 (02:14)
Sönme-Tütme Durumu	SÖNMEDİ	SÖNDÜRÜLDÜ- TÜTME VAR- SOĞUMADI	SÖNDÜRÜLDÜ- TÜTME VAR- SOĞUMADI	SÖNDÜRÜLDÜ- TÜTME YOK- SOĞUTULDU	SÖNDÜRÜLDÜ- TÜTME VAR- SOĞUMADI
Sonuçlar	Tutuşturma zamanının üzerinden 21.5 dakika geçmesine rağmen yanan bloklar söndürülemedi	Deneyin 6. dakikasında doğunluğa ulaşmış yangın, karışımı mayi sayesinde 1 dakika 20 saniyede söndürüldü.	Deneyin 6. dakikasında söndürmeye başlandı ve 10 dakika 30 saniye sonra yangın söndürüldü.	Deneyin 6. dakikasında söndürmeye başlandı ve 5 lt su ile karıştırılan mayi ile 10 dakikada söndürüldü, blokların üzerindeki beyaz madde soğutucu özelliği bulunan Boraks'ın yüzey üzerinde koruma sağladığı değerlendirildi.	Deneyin 6. dakikasında söndürmeye başlandı ve 2 dakika 14 saniyede yangın söndürülmesine rağmen blokların sıcak olduğu görüldü, tekrar alev alabileceği değerlendirildi.

6.2.6. Sarıçam bloğu yanmazlık (3.) Deneyi

Ahşap malzemenin yanmazlık değerleri önemlidir. Ahşabın eni tarafında az da olsa bir yanma oluştuktan sonra blok üzerinde kömürleşme meydana gelir. Artan sıcaklıkla doğru orantılı olarak kömürleşmede artmaktadır. Aşağıda bulunan deney görsellerinde ahşap blok üzerindeki birçok belirtiyile birlikte, kömürleşme durumları da görülmektedir (Peker, H., ve Atılgan, A. 2015) [139]. 28.05.2023 tarihli deney çıktılarında ulaşılan değerler Tablo 6.5.'e aktarılmıştır.

Sarıçam blok deneylerinin bir diğerini yapmak üzere, bir gün evvelden hazırlanmış olduğumuz söndürücü mayii karışımlarının bulunduğu kaplar içerisine sarıçam numuneleri bırakılmıştır. 24 saat sonra bloklar, ağzı kapalı kaplardan çıkarılıp, işaretlenerek deney için hazırlanmıştır. Yapılacak deney için; ABC tip yangın söndürücü, 2,5x2,5x15 cm ölçülerinde sarıçam blokları (çıtaları), 40mikron ve 100 mikronluk söndürücü Zeolit/Klinoptilolit (ZK) Kil ve tutuşturucu olarak pürmüz kullanılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 6.5.'e kaydedilmiştir.



Şekil 6.49. Deney Seti

Sabit mesafede sabit ısı ile bloklar tutuşturulmaya çalışılmıştır.

Deneyler;

Kuru odun, sadece su emdirilen odun, belirli miktardaki 40 mk. ZK Kil ve 100 mk. ZK Kil ile hazırlanan sıvıların içerisinde 24 saat bırakılan sarıçam bloğunun, aleve maruz bırakılmak suretiyle, yanma dayanımını ile ilgili uygulamalar” olarak, toplam 4 deney yapılmıştır. Yapılan deneylerde rüzgar yönü ve şiddeti nadiren değişiklik gösterse de genel olarak rüzgar sakin olarak kabul edilmiştir. Pürmüzden çıkan ısının

odun üzerinde temas ettiği yerlerde kararmalar, islenmeler görülmüştür. Temasın yoğun olduğu kısımlarda katmanlaşma meydana gelmiştir. İslenme ve katmanlaşma yönünden yapılan incelemelerde en fazla tahribat görülen bloklar sırasıyla; kuru odun, ıslak odun, 100 mk. ZK Kille empreye edilen odun ve 40 mk. ZK Kille empreye edilen odunlar olarak sıralanabilir.

En fazla tahribatın bulunduğu kuru odun bloğu 4 sn, ıslak odun bloğu 2 sn yanarken, 100 mk. ZK Kil ile çalışılan odun 1 sn yanmıştır. 40 mk. ZK Kil çalışmasında kullanılan blokta yanma görülmemiş, yanmanın hemen ardından yapılan kontrolde soğuma fark edilmiştir, 3dk bekleme sonrasında ise tamamen soğuma sağlandığı görülmektedir.

Soğutma bakımındanda yine kuru odun denegi en sıcak kalan blok iken sırasıyla ıslak odun, 100mk. ZK Kil denegi gelmektedir. 40 mk. ZK Kil uygulamasının ise soğutma kapsamında diğerlerine nazaran daha makul bir çalışma olduğu görülmüştür.

Tablo 6.5.'e kaydedilen verilerde görüldüğü üzere, buradan çıkan sonuca bakacak olursak ZK Kil uygulamaları, sulu ve kuru uygulamalara karşı daha faydalı olup, yanmazlığı desteklediği düşünülmektedir. ZK Kil uygulamaları kendi aralarında kıyaslanacak olurlar ise; 40 mk ZK Kil çalışması, 100 mk ZK Kil uygulamasına göre daha olumlu sonuçlar vermiştir.

A-) Empreye Edilmiş (Kuru-Sade) 1.Odun Deneyi:

Sabit mesafden pürmüz ile 2dk. yakılan sarıçam bloğu, pürmüz kapatıldıktan sonra 3-4 sn alev görülmüş ve kendiliğinden sönmüştür. Blok üzerinde islenme ve derin tahribatlar görülmüştür. Hiçbir katkıya veya suya maruz bırakılmadan yakılan sade ahşap blok üzerinde alev sönmesinden 3 dakika sonra yapılan incelemede ısı açığa çıkmaya devam ediyor ve katmanlaşma dikkat çekiyor.

Baştan sona doğru 13,3 cm. islenme, 10,9 cm. katmanlaşma görülüyor. Blok üzerindeki ısı varlığını korumuş, soğutma olmamıştır. Isı sebebiyle tekrar alevlenme durumu olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6.50. Katkısız (Kuru) Numune Deneyi Tutuşturma Anı



Şekil 6.51. Kuru Numune İşlenmeye Başlıyor



Şekil 6.52. Kuru Numune Yakılıyor



Şekil 6.53. Kuru Numune Kendiliğinden Yanarken



Şekil 6.54. Alev Söndükten Hemen Sonra, Isı Açığa Çıkmaya Devam Ediyor



Şekil 6.55. Kuru Odun Deneyi Tahribat Durumu



Şekil 6.56. Kuru Odun Deneğinin Son Hali

B-) Sulu (2.) Odun Deneyi:

Sadece su ile empreye edilen sarıçam ahşap blok deneyidir. Deney prosedürlerinin uygulanması sonrasında, pürmüzün kapatılması ile birlikte 2sn kadar kendiliğinden yanan blok üzerinde islenme ve tahribat görülmüştür. Soğuma durumunun, kuru oduna yakın olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.57. Sadece Su İle Empreye Edilmiş Sarıçam Bloğu Tutuşturuluyor



Şekil 6.58. Su İle Empreye Edilmiş Sarıçam Bloğu Yakılıyor



Şekil 6.59. Sarıçam Bloğu 2 dk. Yakıldıktan Sonra Kendiliğinden Yanıyor



Şekil 6.60. Islak Odun Deneği Son Hali

Yanma sonrası ıslak blok üzerinde 9 cm islenme, 4 cm katmanlaşma durumu görülüyor.



Şekil 6.61. Su İle Empreye Edilmiş Numune İle Kuru Numune İslenme ve Katmanlaşma Bakımından Karşılaştırılıyor

Kuru denekle, ıslak denek arasındaki katmanlaşma ve islenme durumu rahatlıkla fark edilebiliyor. Kuru deneğin daha fazla tahribata uğradığı görülüyor.

C-) ZK Kil Uygulanmış Odun (3.)Deneyi:

1 lt. Suyu İlave Edilen 40 Mikronluk ZK Kil Uygulama Deneyidir.

Ülkemiz zenginliklerinden olan killeri; bentonit, sepiolit, diatomit, zeolit vs olarak çeşitlendirilebilir. Kil rezervlerine bakıldığı zaman, büyük kaynaklara sahip olduğumuzdan, bu bağlamda ekonomik bir ürün olarak kil birçok alanda kullanılmaktadır.

ZK Kil'in geciktirici özelliğe olan yatkınlığı ile alakalı yapılan çalışmada, 1lt suda 100 gr. ZK Kil karışımı içinde 1 gün bekletilen sarıçam bloğu ile ilgili deney prosedürleri uygulandıktan sonra pütmüz kapatıldıktan sonra alev görülmemiş, yanma olmamıştır. 3dk bekleme öncesi ve sonrasında denek üzerinde soğuma görülmüş, tekrar alevlenme durumu negatif olarak değerlendirilmiştir. Kilin blok üzerindeki kapsayıcılığının alevlenmeme durumuna pozitif etkisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.62. 1lt Suyu İlave Edilen 40 Mk. 100 gr ZK kil İle Empreye Edilen Sarıçam Bloğu Tutuşturuluyor



Şekil 6.63. 1lt Suyu İlave Edilen 40 Mk. 100 gr ZK kil İle Empreye Edilen Sarıçam Bloğu Tutuşurken



Şekil 6.64. 2dk. Isıya Maruz Kalan Sarıçam Bloğunda Alev Görülmedi



Şekil 6.65. Denekler Arasındaki Tahribat Durumu

2dk. boyunca ısıya maruz kalan blok üzerinde yanma görülmemesiyle birlikte, gazlı tutuşturucu kapatıldıktan sonra bariz bir şekilde soğuma fark edildi. 3 dk'lık bekleme müteakip tamamıyla soğuduğu değerlendirildi.

D-) 100 Mk. 100 gr. ZK Kil Uygulama (4.) Deneyi:

Deney prosedürlerinin uygulanması ve 2 dk yakma işlemi sonrasında kapatılan pürmüz, sarıçam bloğu üzerinde yine benzer belirtiler oluşturuyor. İşlenme ve tahribat durumu meydana geliyor. 4 cm işlenme, 3 cm'e kadar katmanlaşma görülüyor. Alev kaynağının kapatılmasından sonra blok üzerinde 1 sn. kadar alev görülüyor ve devamında alev sönüyor. Elle yapılan kontrolde soğutma durumu pozitif görülüyor. 3 dk bekleme durumu sonrasında alevlenme durumu oluşmuyor ve soğutma yapıyor.



Şekil 6.66. 100 Mk. ZK Kil İle Empreye Edilmiş Ahşap Blok Tutuşturuluyor



Şekil 6.67. Isıya Maruz Bırakılan Ahşap Bloğun Tutuşma Durumu



Şekil 6.68. Ahşap Bloğun 2dk. Sonraki Durumu



Şekil 6.69. 100 Mk Mayii İle Empreye Edilen Ahşap Bloкта Soğuma Olduğu Değerlendirildi



Şekil 6.70. 3dk Bekleme Esnasında Kontrol Edilen Ahşap Bloкта İslenme ve Katmanlaşma Görüldü



Şekil 6.71. 100 Mk ve 40 Mk'luk Mayilerle Emreye Edilen Bloklarda Yanma Sonucu Oluşan Tahribat Durumu Karşılaştırılıyor

Tablo 6.4. 28.05.2023 Tarihli Sarıçam Bloğu Yanmazlık Deneyleri

Sarıçam Bloğu Yanmazlık (3.)Deneyi				
Deney Nu:	Deney1	Deney 2	Deney 3	Deney 4
2,5x2,5x15cm Sarıçam blok yangın deneyleri	Kuru odun bloğu deneyi	Islak odun bloğu deneyi	1lt su+100gr ZK kil(40mikronluk) deneyi	1lt su+100gr ZK kil(100mikronluk) deneyi
Tarih Saat	28.05.2023 14:06	28.05.2023 14:12	28.05.2023 14:20	28.05.2023 14:26
Hava Durumu	23 C ° (74 F °) P.bulutlu	23 C ° (74 F °) P.bulutlu	23 C ° (74 F °) P.bulutlu	23 C ° (74 F °) P.bulutlu
Rüzgar Durumu	3km/sa	3km/sa	3km/sa	3km/sa
Nem	%67	%67	%67	%67
Tutuşturucu	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)	Çakmaklı pürmüz (nurgaz)
Blok Yanma Başlangıç Bitiş Zamanı	14:06 14:08 (2dk yaktık,3sn alev görüldü ve söndü)	14:12 14:14 (2sn yandı söndü)	14:20 14:22 (yanmadı)	14:26 14:28 (0,5sn yandı söndü)
Blok İşlenme-	13cm is	8cm is	5cm is	7cm is
Blok Tahribat Durumu	9cm basamak 5cm tahribat	4cm basamak 2cm tahribat	2,5cm basamak 2cm tahribat	4cm basamak 3cm tahribat
Soğuma Durumu		-	Soğutuldu	Soğutuldu
Alev – Duman Rengi	Sönünce beyaz duman başladı,3-4 sn yandı-söndü.	Sönünce beyaz duman başladı (2sn yandı söndü)	Sönünce beyaz duman başladı (yanmadı soğutuldu)	Sönünce beyaz duman başladı (1sn yandı söndü)
Deney Uygulamaları	Kuru çam bloğu 2 dk boyunca pürmüz ile yakıldı sonra pürmüz kapatıldı 3-4 sn kendiliğinden yanma oldu ve devamında söndü.	Islak çam bloğu 2 dk boyunca pürmüz ile yakıldı sonra pürmüz kapatıldı 2 sn kendiliğinden yanma oldu ve devamında söndü.	40 Mk. ZK Kil’li çam bloğu 2 dk boyunca pürmüz ile yakıldı sonra pürmüz kapatıldı, kendiliğinden yanma olmadı, soğutma oldu.	100 Mk. ZK Kil’li çam bloğu 2 dk boyunca pürmüz ile yakıldı sonra pürmüz kapatıldı 1 sn kendiliğinden yanma oldu ve devamında söndü.Soğutma oldu.

Sonuç olarak;

Yanmazlık kapsamındaki (3.) Deneyde, 1lt. su içerisinde karıştırılan 40 mk. ZK Kil ile uygulama yapılan sarıçam bloğunun yanmazlık durumu diğer deneylere göre daha etkili bulunmuştur. Blok tahribatları, soğuma, katmanlaşma ve islenme durumları bakımından 3. Deney diğerlerine nazaran olumlu görülmüştür. Alev kaynağı kapatılması sonrası kendiliğinden yanma görülmemesi hususu da önemli bulunmuştur. Yapılacak ileri düzeyde çalışmalarla daha efektif çıktılar bulunması arzulanmaktadır.



7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ahşap numune yanmazlık deneyleri, malzemenin yangına dayanıklılığını belirlemek ve değerlendirmek için yapılmıştır. Deneyde, çeşitli mayilerle empreye edilen ve sade halde bulunan sarıçam ahşap bloklar, ahşap numuneler yangına maruz bırakılmış ve yanma davranışları gözlemlenmiştir. Yangın söndürücülük deneylerinde ise en kısa zamanda en etkili söndürme soğutma, tütmeme ve geri yanmama durumu gözlenmiştir.

Numunelerin yanma süresi, soğutma durumu ve görsel deformasyonları değerlendirilmiştir.

- 16.04.2023 Tarihli Yangın Geciktirici Uygulamalı Sarıçam Ahşap Çalışmalarında;

ZK Kil'ler ile yapılan çalışmalarda, sulu ve kuru numunelerden ziyade ZK Kil'in başarılı olduğu, 40 Mk'luk deney prosedüründe kendi kendine yanmanın 4 sn, 100Mk.'luk deney sürecinde kendiliğinden devam eden yamanın 3 sn'yi bulduğu görülmüştür. Kilin yanmazlık bakımından geciktiriciliği denenmiş, olumlu çıktılar görülmüştür.

- 24.04.2023 tarihinde yapılan Sarıçam Blok Yangın Çalışmaları 4. deneyinde;

Pürmüz kapatıldığında sarıçam bloğu üzerinde biraz duman çıktığı ve hafif derecede közlenme olduğu, yangın geciktirici mayii ile müdahale edilen sarıçam odununa test uygulandığında alevde yayılım tespit edilmedi. Alevin temas ettiği yüzeyde, satıh boyunca yoğun bir ilerleme olmadı fakat kömürleşme görüldü. Alev parçacıkları ve kıvılcım görülmeydi, numunede islenme oluşumu vardı.

Sonuçlar incelendiğinde, ZK Kil ve Borakslı Mayinin sarıçam odununun yanmazlık özelliklerini belirgin şekilde artırdığı, numunelerin yangına maruz bırakıldığı deneylerde, işlenmiş numunelerin yanma süresinin ve alev ilerleme hızının azaldığı, sarıçam odununun elle tutulabilecek oranda soğuk ve mukavemetini devam ettirmiş halde olduğu değerlendirildi. Suyun içerisine karıştırılan 40 Mk.'luk Zk Kil ve Boraks'lı mayinin; sarıçam odunu üzerinde yangın söndürme açısından etkili bir

alternatif olabileceği ve karışımın, yangınların kontrol altına alınmasına yardımcı olurken daha çevreci bir yaklaşımda bulunabileceği düşünülmektedir.

- 28.05.2023 Tarihli 3. Sarıçam Yanmazlık Deneyinde;

Deney sonuçları incelendiğinde, sarıçam odununun yangına karşı direncinin belirginleştiği görülmüştür. Deney sürecinde, sarıçam odununun ZK Kil’de belirli bir süre bekletilmesinin yangına karşı dayanıklılığı artırdığı gözlemlenmiştir. ZK Kil’in odunun yapısına nüfuz ederek yangına karşı koruyucu bir tabaka oluşturduğu ve bu sayede odunun yanma hızını, alev alma yetisini, duman ve gaz çıkışını azalttığı ve yangın sonrasında odunun yanmamış kısımlarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ZK Kil’in sarıçam odununun yangına karşı direncini artırdığını ve yangın sırasında odunun daha az tahribata uğradığını göstermektedir. Bu bulgular, ZK Kil’in, odunun yanmazlık özelliklerini geliştirebilirliğini göstermesi adına umut vericidir. Bu deneyde, 1lt. su içerisinde karıştırılan 40 mk. ZK Kil ile uygulama yapılan sarıçam bloğunun yanmazlık durumu diğer deneylere göre daha etkili bulunmuştur. Blok tahribatları, soğuma, katmanlaşma, islenme ve tekrar alev alma durumları bakımından diğerler deneylere nazaran olumlu görülmüştür. Alev kaynağı kapatılması sonrası kendiliğinden yanma görülmemesi hususu da önemli bulunmuştur.

Yapılan deneylerin genel sonuçları;

Ahşabın yangına karşı direncini değerlendirmede kullanılabilecek bilgiler sağlamaktadır. Yangına dayanıklılık, orman yangınları özelinde değerlendirildiğinde uygulama açısından kritik bir faktör olabilir. HSK iç haznesine monte edilebilen geciktirici rezervuarına uygun teknik ölçüt ve bileşenlerle hazırlanıp kullanılması arzulanan yeşil geciktiricilere örnek teşkil etmesi özelinde, tez çalışmamız neticelenmiştir. Bu çalışma, belli kriterler ışığında, bilimsel ölçütlerle, imkan ve kabiliyetlerimiz ölçüsünde icra edilen deneylere dayalı olarak nihayete ermiştir. Çalışmada belirli oranlarda ZK Kil ve Boraks ürünlerinin ahşap üzerindeki yanmazlık ve söndürücülük etkisi, suya ve birbirlerine karşı, kıyaslanmış, araştırılmıştır. Deneylerde doğaya zarar verecek herhangi bir madde/teçhizat kullanılmamıştır. Doğal haliyle kullanılan ZK Kil ve Borax ürünleri, söndürme, soğutma, tekrar yanmama ve zararsızlığı bakımından olumlu sonuçlar vermiştir. Söndürme ve yanmazlık konularında yapılan deneylerde sarıçam bloğu üzerinde ZK Kil ve boraks uygulamalarının etkili olduğu, yanan bölgenin dışında bulunan ve yangına maruz

kalmamış olan ormanlık alanların, hatta civarındaki kamu ve özel mülklerinin çevresinde kullanılmaları ile yangın riski bakımından daha etkin bir nitelik kazandırılabilmesi gibi yangın tahribatının da azaltılabileceği düşünülmekte, bu çalışmanın, gelecekte yapılabilecek doğa dostu, yeşil geciktiricilere katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.





KAYNAKLAR

- [1] Bilgili,1996, Orman Yangınları ve Karar Vermede Yardımcı Sistemler. Güz Yarıyılı Seminerleri, KTÜ Orman Fakültesi, Seminer serisi, 1.
- [2] Çanakçıoğlu, 1970, İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ. SERİ B, CİLT XX,SAYI 1
- [3] OGM, 1995, Orman yangınlarının önlenmesi ve söndürülmesinde uygulama esasları, Tebliğ No: 285, T.C. Orman Bakanlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı,
- [4] F.Özer, 2023 (Ferdî Özer, OGM, Amasya O.B.M.,19.05.2023)
- [5] E.BİLGİLİ, 2014, ORMAN KORUMA DERS NOTLARI, KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
- [6] URL- 1, MGM, (<https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021-iklim-raporu.pdf>)
- [7] M.EROĞLU, 2017 (Orman Zararlıları Ders Notları, Orman Koruma Dergisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi 2017)
- [8] WMO,2023 (Altan ve ark. 2011, (Altan, G.; Türkeş, M.; Tatlı, H. (2011) “Çanakkale ve Muğla 2009 Yılı Orman Yangınlarının Keetch-Byram Kuraklık İndisi ile Klimatolojik ve Meteorolojik Analizi”, İçinde 5. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 263-274. İstanbul Teknik Üniversitesi, 27-29 Nisan 2011, İstanbul.)
- [9] UNEP,2022 (United Nations Environment Programme. Spreading like wildfire – The rising threat of extraordinary landscape fires. Tech. rep., Nairobi: A UNEP Rapid Response Assessment; 2022)
- [10] URL-2, (https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11611)
- [11] KÜÇÜKOSMANOĞLU, A., & HASDEMİR, M. (1991). Orman yol şebekelerinde yangın emniyet yolları ve şeritlerinin yeri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 41(3-4), 83-92.
- [12] URL-3,([https:// www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler](https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler))
- [13] TOVAG, 2015, (Türkiye Orman Yangın Tehlike Oranları Sistemi (TOYTOS)’ne Doğru. Bölüm II: Meteorolojik Yangın İndeksi Sistemi, Proje Sonuç Raporu TOVAG 1120809, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Ankara, Türkiye 74ss).
- [14] Pakdemirli, B., Küçük, Ö., Bayraktar, Z., & Takmaz, S. (2021). Ekoloji ve ekonomi ekseninde Türkiye’de orman ve ormancılık. Sonçağ Akademi, Uzun Dijital Matbaa, Ankara.
- [15] URL-4 (<https://www.enr.gov.nt.ca/en/services/wildfire-operations/retardants>)

- [16] Ambrosia & Zajkowski 2015; Merino vd., 2015, Ambrosia, V.G., & Zajkowski, T. 2015. (Selection of Appropriate Class UAS/Sensors to Support Fire Monitoring: Experiences in the United States. In Handbook of Unmanned Aerial Vehicles, Edited by Valavanis, K.P. and Vachtsevano, G.J., Springer Netherlands. pp. 2723-2754. doi: 10.1007/978-90-481-9707-1_73.).
- [17] Yetgin, M. A., & Baştuğ, M. (2021). Devletlerin Değişen Güvenlik Algısında İnsansız Hava Araçları. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(2), 55-64.
- [18] URL-5 (www.baykartech.com)
- [19] Küçük, Ö., & Sağlam, B. (2004). Orman yangınları ve hava halleri. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 4(2), 220-231.
- [20] Seyzinski, D. T., Georgiev, I., Panayotov, H. P., & Penchev, S. I. (2019, October). Effective use of a helicopter with a Bambi bucket firefighting system in Bulgaria. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 664, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.
- [21] H. Biggs.2004., Operational performance of the S-64F Aircrane Helitanker – 1997-98 fire season.
- [22] Fidanza, R., & Denante, M. (2010). EC225, water bombing helicopter.
- [23] Hakan, S. S., C. Ö. (2020). Yangın ve Yaşam. İstanbul.
- [24] ÇETİNER.E, Yanma ve Yangın Kavramları, Yanma ve Yangın Dersi Açıköğretim Fakültesi Atatürk Üniversitesi
- [25] (H.S.SOYHAN Yangın ve Yaşam Kitabı sf 27.)
- [26] Polat,A 2023. Polat, A. AMELİYAT SALONLARINDAKİ YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİNİN İNCELENMESİ.
- [27] ÇETİNER.E, Yanma ve Yangın Kavramları, Yanma ve Yangın Dersi Açıköğretim Fakültesi Atatürk Üniversitesi
- [28] URL-6 (<http://abdurrahmanince.net/YanginSiniflari.htm>)
- [29] URL-7
(https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/330/Sayfa/1416/1778/DosyaGaleri/20._orman_yanginlariyla_mucadelede_yenilikci_yaklasimlar.pdf)
- [30] Wildfire Statistics,2021 (NICC Wildland Fire Summary and Statistics annual reports).
- [31] URL- 8 (Statista 2019), (<https://www.statista.com/statistics/553513/number-of-forest-fires-canada/>)
- [32] URL-9 (<https://phys.org/news/2021-09-california.html>)
- [33] Ceyhan Ö, 2016 (Ceyhan ÖZTEN TRABZON ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ORMAN YANGINLARIYLA MÜCADELE ŞB.MD.2016)
- [34] OGM, 2019, (Orman Yangınlarıyla Mücadelede Yenilikçi Yaklaşımlar Çalışma Grubu Belgesi, III. Tarım ve Orman Şûrası, 2019, Ankara.(
- [35] Doğanay, H., & Doğanay, S. (2004), (Türkiye’de orman yangınları ve alınması gereken önlemler. Doğu Coğrafya Dergisi.)
- [36] URL-10, (<https://mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=ormanyangin>)

- [37] Dilekçi, S ve Ark 2021,(Dilekçi, S., Marangoz, A. M., & Ateşoğlu, A. (2021). Zonguldak ve Ereğli Orman İşletme Müdürlükleri orman yangını risk alanlarının belirlenmesi. Geomatik, 6(1), 44-53.)
- [38] Kurnaz, S., & Sunar, O. N. (2021). Orman yangınlarında devlet hava araçlarının etkin kullanımı: örnek ülke uygulamaları. In International Cappadocia Scientific Research Congress, Full Text Book III, Nevşehir (pp. 1-8).
- [39] OGM, (285 SAYILI TEBLİĞ, ORMAN YANGINLARININ ÖNLENMESİ VE SÖNDÜRÜLMESİNDE UYGULAMA ESASLARI, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı, Ankara,1995,OGM)
- [40] ERTUĞRUL, M. (2005). ORMAN YANGINLARININ DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 7(7), 43-50.
- [41] E.BİLGİLİ, 2014, ORMAN KORUMA DERS NOTLARI, KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
- [42] URL- 11 OGM, 2022.(Orman Genel Müdürlüğü 2021 Yılı Resmi Ormancılık İstatistikleri. [https:// www.ogm.gov.tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler](https://www.ogm.gov.tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler))
- [43] El Mundo 2021,(El Mundo. La fiscalía cree que el incendio de sierra bermeja ha sido intencionado, the public prosecutor's office believes that the sierra bermeja fire was intentional, 2021)
- [44] Kurnaz, S. & Sunar, O. N.2021 (Orman Yangınlarında Devlet Hava Araçlarının Etkin Kullanımı: Örnek Ülke Uygulamaları, International Cappadocia Scientific Research Congress, Full Text Book III, Nevşehir, ss. 1-8.)
- [45] URL-12 (<https://strasam.org/strateji/cevre/ulkelerin-orman-yanginlari-icin-kullandigi-ucaklar-227>)
- [46] URL-13
(<https://gacc.nifc.gov/swcc/dc/azpdc/operations/documents/aircraft/links/Aircraft%20Recognition%20Guide.pdf>)
- [47] URL-14 (<https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/tehnika/aviacionnaya-tehnika>)
- [48] URL-15 (https://gfmc.online/wp-content/uploads/EHI_supertanker12_9_03_R2.pdf)
- [49] URL-16 (“Water Scoopers Help Firefighters”, USDA Gov, https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fseprd514790.pdf)
- [50] URL-17 (<https://www.airspray.com/1188-electra1.html>)
- [51] URL-18 (https://conair.ca/conair_fleet/rj85at)
- [52] H. Biggs. (2008). (Fire Boss report amphibious single engine air tanker)
- [53] Öymen, T. (1990). Orman yangınlarıyla havadan savaş. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 40(2), 95-100.
- [54] NFPA, 1998 (NFPA 295, Standard for Wildfire Control)
- [55] NFPA, 1998 (NFPA 295, Standard for Wildfire Control)
- [56] E. Marchi ve Ark.2014, Analysis of Helicopter Activities in Forest Fire-Fighting (233–243),

- [57] Vélez Munoz.2002,(VélezMunoz, RD, 2002: Cuenca Mediterranea'daki Losmedios aéreos en la ejecucion de lanes de ataque. In: Proceeding of I Simposioum Internacional “La gestion de los medios aéreos en la defensa contra los incendios fortates, Cordoba.)
- [58] DT Seyzinski, I Georgiev ve HP Panayotov 2019, (Seyzinski, D. T., Georgiev, I., Panayotov, H. P., & Penchev, S. I. (2019, October). Effective use of a helicopter with a Bambi bucket firefighting system in Bulgaria. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 664, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.)
- [59] Akay, A. Ve Ark.(2008). (Akay, A. E., Serin, H., & Yenilmez, N. (2008).Orman yangınları ile mücadelede kullanılan helikopterlerde görev yapan pilotların ve diğer personelin sağlık ve iş güvenliği sorunlarının incelenmesi. 14. Ulusal Ergonomi Kongresi, Trabzon, 425-433.)
- [60] URL-19,(<https://ericksoninc.com/aviation-services/aerial-firefighting/>)
- [61] URL-20,(https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/rms/documents/firehawk/8370_Firehawk_Brochure_LR.PDF)
- [62] URL-21,(https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2007/t_4.html)
- [63] URL22,(<https://gacc.nifc.gov/swcc/dc/azpdc/operations/documents/aircraft/links/Aircraft%20Recognition%20Guide.pdf>)
- [64] S-70,Operator Manuel (Skorsky,UH-60, Hand Book,Operator Manuel)
- [65] URL-23,(<https://www.icisleri.gov.tr/jandarma-sikorsky-tipi-helikoptere-susepeti-takarak-yangin-sondurme-faaliyetlerine-destek-veriyor>)
- [66] URL- 24, (https://www.colheli.com/wp-content/uploads/2019/05/aviation-services_aerial-firefighting.pdf)
- [67] URL- 25, (<http://www.kaanair.com/ka-32a11bc/>)
- [68] URL-26 (www.rhc.aero/catalog/mi-817)
- [69] UR-27 (<https://www.aa.com.tr/tr/gundem/jandarma-genel-komutanligi-orman-yanginlarini-sondurme-calismalarini-surduruyor/2327715>)
- [70] N.AY, 2010, (Necmettin Ay,Türkiye Ormanlarında Yangınlarla Savaşta Uçak Olanakları,Orman Bölge Müdürlüğü Örneği, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 58s., Şubat, 2010.)
- [71] USDA 2001c, (U.S. Department of Agriculture Forest Service (USFS). 2001c. Airtanker drop guides. USFS, Technology & Development Program, Missoula, Montana.)
- [72] Jambrik, 2007, Imreh at al., 2009, (Jambrik, R.: Légi támogatás nélkül nehéz lett volna It is difficult without aerial support, Vedelem, XIV. (6), pp. 51 – 53, Budapest, Hungary,2007 Imreh, L., Blaskovits, Zs., Restas, A.: Új módszerek a légi tűzoltásban New systems in aerial firefighting, Repüléstudományi közlemények, 2009)
- [73] Jendsch W.2008,(Jendsch W., Aerial Firefighting, Pennsylvania, Schiffer Publishing Ltd., 2008)

- [74] Okanagan Helicopters Ltd . , (Okanagan Helicopters Ltd . , Vancouver , B.C. ; Monsanto Canada Limited , Abbotsford , B.C. ; Pacific Forest Research Centre , CFS ; and Griffith Polymers , Inc . , Portland , Oregon.)
- [75] Edmonton, A. (Alberta Forest Service ; Associated Helicopters Ltd . , Edmonton, 1 Alberta ; Monsanto Canada Limited , Abbotsford , B.C. ; and Griffith Polymers, Inc . , Portland , Oregon .)
- [76] URL-28,(<https://www.heliponents.com.au/helifire/>)
- [77] URL-29, (www.cdnfirefighter.com)
- [78] URL-30, (https://www.imsheli.com/wp-content/uploads/2016/05/IMS_CB_Brochure_NOV_2021_A4-china_web.pdf)
- [79] URL-31 (<https://aerialfirecontrol.com/wh-1200-2000/>)
- [80] Melo, H. D. S. (2021). Análise da carga de trabalho dos pilotos de aeronaves de asas rotativas do CBMDF e sua influência na segurança operacional.
- [81] URL-31 (<https://img1.wsimg.com/blobby/go/bd3f0926-7c40-48a6-a8ff-d883434a5304/downloads/bambi%20bucket%20accessories.pdf?ver=1652131778305>)
- [82] URL-32 ((https://dialogue--irk-ru.translate.goog/tr/online-services/regulirovka-mehanizma-upravleniya-vsu-5a-spravочно-информационная-система-landshaftnye-pozhary-zabo/?_x_tr_sl=tr&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=tr&_x_tr_pto=wapp&_x_tr_hist=true))
- [83] V. M. EFIMENKO, 2009 (Ефименко, В. М. "Лесная пирология." 2009)
- [84] URL-33 (<https://www.helitak.com.au/helitak-fire-tank>)
- [85] Seyzinski ve Ark. 2019, (Seyzinski, D. T., Georgiev, I., Panayotov, H. P., & Penchev, S. I. (2019, October). Effective use of a helicopter with a Bambi bucket firefighting system in Bulgaria. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 664, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.)
- [86] Seyzinski ve Ark. 2019, (Seyzinski, D. T., Georgiev, I., Panayotov, H. P., & Penchev, S. I. (2019, October). Effective use of a helicopter with a Bambi bucket firefighting system in Bulgaria. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 664, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.)
- [87] URL-34 (<https://www.zinfos974.com/serie-noire-pour-les-helicopteres-dans-le-ciel-reunionnais/>)
- [88] Mosov, S. ve Horskyi, O. 2022. Ekosistemlerde havacılıkta yangınla mücadelenin teknik yönleri: yabancı ülkelerin deneyimi. Yönetim, navigasyon ve iletişim sistemleri. Bilimsel eserler koleksiyonu , 3 (69), 104-111.
- [89] Buhl, K. J., and S. J. Hamilton. 1998. Acute toxicity of fire-retardant and foam-suppressant chemicals to early life stages of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Environmental Toxicology and Chemistry 17:1589–1599)

- [90] NWCG,1990, Foam Task Group, Foam applications for Wildland& Urban Fire Management. Copies available from Technology and Development Center, USDA Forest Service, 444 E. Bonita Ave., San Dimas,California. Value:3, No:1 2246, P.11-12)
- [91] NWCG 1993, Foam Task Group, Foam vs Fire-Class A Foam for Wildland Fires. Copies available from the National Interagency Fire Center, 3905 Vista Ave., Boise, Idaho 83705. NFES 2246, P.1-21
- [92] Adams, R., & Simmons, D. (1999). Ecological effects of fire fighting foams and retardants: a summary. *Australian Forestry*, 62(4), 307-314.
- [93] Buhl ve ark. 1998,(Buhl, K. J., & Hamilton, S. J. (1998). Acute toxicity of fire retardant and foam suppressant chemicals to early life stages of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 17(8), 1589-1599.)
- [94] USDA 1998a,(United States Department of Agriculture. Fire Fighting Chemicals - Their Similarities and Differences.)
- [95] Buhl ve ark. 1998,(Buhl, K. J., & Hamilton, S. J. (1998). Acute toxicity of fire retardant and foam suppressant chemicals to early life stages of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 17(8), 1589-1599.)
- [96] George, C.W. 1988, (An Update On The Operational Retardant Effectiveness (Ore) Program, *The Art and Science of Fire Management*, p.114-122).)
- [97] USDA 1998a,(United States Department of Agriculture. Fire Fighting Chemicals - Their Similarities and Differences.)
- [98] Restas, A. (2020). Restas, A. (2020). Hungarian-Slovakian Cooperation Making Aerial Firefighting More Effective: Error Analysis. In *Wood & Fire Safety: Proceedings of the 9th International Conference on Wood & Fire Safety 2020* 9 (pp. 367-373). Springer International Publishing.
- [99] Csontos vd. 2007, (Csontos P.: Feketefenyveseink kutatása (Research for pine forests in Hungary), MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport, Budapest, 2007)
- [100] Restás, Á. (2014). Instant foam technology to improve aerial firefighting effectiveness.
- [101] Küçükosmanoğlu, A. (1994). Ülkemizde orman yangınları ve yangın sezonları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 44(1-2), 121-128.
- [102] Alder, R. (1990). Fighting Bush fires from the air. Conference of the Institute of Fire Engineers, Adelaide, Australia
- [103] M.ERTUĞRUL 2007,(Orman yangınlarında kullanılan kimyasal maddeler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12), 11-19.)
- [104] Regent, A ve Ark. 2018, (Regent, A., Szabo, N., & Vinković, M. (2018),O EKONOMIJI GAŠENJA POŽARA RASLINJA IZ ZRAKA NA PRIMJERU CANADAIR CL-415. *Sigurnost*, 60(1).)

- [105] KIZILKAYA, A. N. N. O. R., TURGAY, O. C., GÖÇMEZ, S., KALINBACAK, K., KAYIKÇIOĞLU, H. H., & BALCIOĞLU, N. Ö. I. A. (2020). TOPRAK KİRLİLİĞİNİN NEDENLERİ, ETKİLERİ VE GİDERİLME YÖNTEMLERİ. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 155.
- [106] TOPÇU, U., & SOYHAN, H. S. (2022). BOR MİNERALİNİN YANGIN GECİKTİRİCİ ETKİLERİ. Uluslararası Yakıtlar Yanma Ve Yangın Dergisi, 10(1), 28-37.
- [107] Eickner, H. W. (1966). Fire-retardant-treated wood.
- [108] White R.H., "Dietenberger M.A., "Wood handbook" Wood and Fiber Science, USA, 93-95 (1999).
- [109] Le VAN, S.L., W INANDY, J.E., 1990: Effects of fire-retardant treatments on wood strength: a review. Wood and Fiber Science 22 (1): 113-131
- [110] Le VAN, S.L., W INANDY, J.E., 1990: Effects of fire-retardant treatments on wood strength: a review. Wood and Fiber Science 22 (1): 113-131
- [111] Le VAN, S.L., W INANDY, J.E., 1990: Effects of fire-retardant treatments on wood strength: a review. Wood and Fiber Science 22 (1): 113-131
- [112] Çolak, S. Ve Ark. 2002, (Çolak, S., Çolakoğlu, G. ve As, N. (2002). Ağaç malzemesinin yanması ve ucuzda diğer yapı elemanlarıyla karşılanması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi , 52 (1), 15-26.)
- [113] URL-35 (<https://wildfiretoday.com/2022/10/14/photos-of-retardant-dropped-in-sespe-creek-during-howard-fire/>)
- [114] URL-36 (<https://www.iawfonline.org/article/industry-standard-understanding-the-science-of-chemical-retardants/>)
- [115] URL-37 (<https://mekitem.com.tr/zeolit-satis-ve-uretim.html>)
- [116] URL-38 (<https://mekitem.com.tr/zeolit-satis-ve-uretim.html>)
- [117] Etimaden, Disodyum Tetraborat Dekahidrat Ürün Bilgi Formu(Rev.01.2023)
- [118] TMMOB,2003 (Bor Raporu, Metalurji Mühendisleri Odası, TMMOB, 2003).
- [119] LE VAN, S.L., 1984, Chemistry of fire retardancy, The chemistry of solid wood, Advances in chemistry series 207, Washington, DC, American Chemical Society, 531- 574
- [120] Eliçin, G. (1971). Türkiye sarıçam (Pinus Sylvestris L.)'larında morfogenetik araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, no: 180, İstanbul
- [121] Yalınkılıç ve Ark. 2020, (YALINKILIÇ, AC, KESKİN, H., Musa, ATAR, & AKSOY, E. (2020). Doğu kayını ve sarıçam odunlarında renk açma ve verme kaybı yanmada yıkılma sürelerine etkiler. Türk Ormancılık Dergisi , 21 (4), 475-480.)
- [122] Le VAN, S.L., W INANDY, J.E., 1990: Effects of fire-retardant treatments on wood strength: a review. Wood and Fiber Science 22 (1): 113-131
- [123] Terzi, E. (2008). Amonyum bileşikleri ile emprenye edilen ağaç malzemenin yanma özellikleri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- [124] Safford, H.D., Schmidt, D.A., Carlson, C.H., 2009. Effects of fuel treatments on fire severity in an area of wildland-urban interface, Angora Fire, Lake Tahoe Basin, California. *Forest Ecology And Management*. Volume: 258, Issue: 5, Pages: 773–787
- [125] Ayrılmış, N. (2006). Çeşitli Kimyasalların Bazı Ahşap Levha Ürünlerinde Yanma ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi. DoNtora Tezi. İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [126] Akıncıtürk, N., Perker, S., 2003. 700 Yıllık Tarihi Cumalıkızık Yerleşimindeki Ahşap Yapılarda Yangın Yalıtımı, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, 21-22-23 Mart, s:151-159, ISBN:975-395-591- X., MMO Yayın No: E/2003/316.
- [127] Kaya M., Oz D., (Mineral esaslı alev geciktirici ve duman bastına katkı maddeleri, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 14-15 Ekim, 1999.)
- [128] (Holmes, C. A. (1974). fire performance of wood and its improvement by fire-retardant treatments. In Proc Annu Meet Am Wood Preserv Assoc.)
- [129] Richardson, B. A. (1993). Wood preservation.
- [130] HOLMES, C.A., 1977: Elfect of Fire-Retardant Treatmerits on Performance Properties of Wood. FPL. Approved Technical Article. 82-103.
- [131] İLHAN, R. 1988: Prefabrik Konut Yapımında Yangına Karşı Alınması Gereken Önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması MPM Yayınları Yayın No: 338.
- [132] Alkış, S., Oto Yangınlarının İncelenmesi, 1. Anadolu Adli Bilimler Sempozyumu, Erzincan, 2002.
- [133] TS 862-7 EN 3-7 + A1 (SEYYAR YANGIN SÖNDÜRÜCÜLER–BÖLÜM 7: ÖZELLİKLER, PERFORMANS GEREKLERİ VE DENEY METOTLARI, Temmuz 2010)
- [134] BERKEL, A. A. (1970). Ağaç malzeme teknolojisi.
- [135] Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, Ü.C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z. (1994). “Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi”. TÜBİTAK, TOAG- 875 Nolu Projesi, 377 s.
- [136] Örs, Y., Atar, M., Özcifci, A., Peker, H., 2002. Çeşitli maddelerle emprenye edilmiş kokarağaç (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) odununun yanma özellikleri. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknoloji Dergisi*, 1(2): 61-70
- [137] Doğan N. 2008., Orman yangın yönetimi ve yangın silvikültürü. T.C Orman Bakanlığı. Orman Genel Müdürlüğü. Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Daire Başkanlığı. Ankara)
- [138] Uysal, B., Kurt, Ş., Şahin, K. H., Özcan, C., Yıldırım, M. N. (2008). Thermal conductivity of poplar impregnated with some fire retardant, *Teknoloji Derg.* 11 (4), 239-251.
- [139] Peker, H., & ATILGAN, A. (2015). Doğal Bir Enerji Kaynağı Odun: Yanma Özelliği ve Koruma Yöntemleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 1-12.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Şaban YILMAZ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Önlisans** : 2003, Trakya Üniversitesi- Elektrik
- **Lisans** : 2012, Anadolu Üniversitesi- İşletme
- **Yükseklisans** : 2021, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı