BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YANGIN RİSKİ TAŞIYAN ORMAN ALANLARINDA UYGULANAN YANGIN KORUMA ÇALIŞMALARININ CBS TEKNİKLERİ İLE PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah ERDOĞAN

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2019

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YANGIN RİSKİ TAŞIYAN ORMAN ALANLARINDA UYGULANAN YANGIN KORUMA ÇALIŞMALARININ CBS TEKNİKLERİ İLE PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah ERDOĞAN
(162082506)

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY

HAZİRAN 2019

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162082506 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Abdullah ERDOĞAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Yangın Riski Taşıyan Orman Alanlarında Uygulanan Yangın Koruma Çalışmalarının CBS Teknikleri ile Planlanması" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY** Bursa Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof.Dr. Mustafa YILMAZ** Bursa Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Dr. Öğr. Üyesi Muhittin İNAN** İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	.....

Savunma Tarihi : **10.06.2019**

FBE Müdürü :	**Doç. Dr. Murat ERTAŞ** Bursa Teknik Üniversitesi	..... **……/……./…….**

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Abdullah ERDOĞAN

İmzası :

ÖNSÖZ

Orman yangınları ormanlarımızın sürdürülebilirliğine zarar veren en önemli abiyotik faktörlerden biridir. Her yıl ülkemizde çıkan orman yangınlarıyla mücadelede birinci derecede yetkili ve sorumlu olan Orman Genel Müdürlüğü tarafından bu faaliyetler için çok ciddi miktarlarda insan kaynağı ve bütçe ayrılmaktadır. Söz konusu yangınlar ormanlara verdiği zararların dışında yakın yerleşim birimlerinde can ve mal kaybına da sebebiyet verebilmektedir. Orman yangınları sebebiyle meydana gelen zararının engellenmesi veya minimize edilmesi için öncelikle Yangın hassasiyet haritalarının oluşturulması önem arz etmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin imkanlarından faydalanılarak yapılacak çeşitli analizler neticesinde orman yangınlarıyla mücadelenin en önemli unsurlarından olan Orman Yangın Gözetleme Kuleleri ve İlk Müdahale ekiplerinin en doğru noktalara ve yeterli miktarlarda konuşlandırılması sağlanabilecektir. Böylece kaynakların verimli bir şekilde kullanılarak kaynak israfı veya kaynak yetersizliği gibi sorunlar minimize edilebilecektir. Bu çalışma kapsamında oluşturulan yangın hassasiyet haritası CBS tabanlı çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) metodu ile oluşturulmuştur. Ayrıca yine CBS tabanlı görünürlük analizi ve ağ analizi metotları ile mevcut yangın gözetleme kuleleri ve ilk müdahale ekiplerinin uygunluğu irdelenmiştir. Tüm çalışmalarımızda orman yangınlarına birinci derece hassas bölgeleri kapsayan Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer alan Yayla Orman İşletme Şefliği Değerlendirilmiştir. Tez çalışması süresince arazi çalışmaları sırasında gerekli desteği sağlayan Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunuyorum. "Yangın Riski Taşıyan Orman Alanlarında Uygulanan Yangın Koruma Çalışmalarının CBS Teknikleri ile Planlanması" adlı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve katkılarını esirgemeyen, çok değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez jürimde yer alan ve tez ile ilgili görüşlerinden yararlandığım sayın Prof.Dr. Mustafa YILMA'a ve Dr. Öğr. Üyesi Muhittin İNAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tez çalışmalarım boyunca bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen sevgili eşim ve hayat arkadaşım Hilal ERDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019 Abdullah ERDOĞAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
KISALTMALAR ..... **ix**
SEMBOLLER ..... **x**
ÖZET ..... **xiv**
SUMMARY ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Orman Yangınları 3
1.1.1 Yangın türleri 3
1.1.1.1 Toprak yangını 3
1.1.1.2 Örtü yangını 3
1.1.1.3 Tepe yangını 3
1.1.2 Yangın çıkış sebepleri 4
1.1.2.1 Kaza 5
1.1.2.2 İhmal ve dikkatsizlik 5
1.1.2.3 Kasıt 6
1.1.2.4 Yıldırım 7
1.1.2.5 Nedeni bilinmeyen 8
1.1.3 Yangını etkileyen faktörler 9
1.1.3.1 Yanıcı madde 9
1.1.3.2 Hava halleri 9
1.1.3.3 Topografik koşullar 9
1.1.4 Yangın alanlarının sınıflandırılması 10
1.1.4.1 Yangın tehlike sınıfları 10
1.1.4.2 Yangın hassaslık sınıfları 11
1.1.4.3 Yangın risk sınıfları 13
1.2 Orman Yangınlarıyla Mücadele 16
1.2.1 Yangın müdahale ekipleri 17
1.2.1.1 İlk müdahale ekibi 17
1.2.1.2 Hazır kuvvet ekibi 17
1.2.1.3 Gezici ekip 18
1.2.1.4 Arazöz ekibi 18
1.2.1.5 Helikopter ekibi 18
1.2.2 Yangın emniyet yol ve şeritleri 20
1.2.2.1 Yangın emniyet yolları 20
1.2.2.2 Yangın emniyet şeritleri 21
1.2.3 Orman yolları 22
1.2.4 Orman yol tipleri 24
1.2.4.1 Ana orman yolları 25
1.2.4.2 Tali orman yolları 25

1.2.4.3 Traktör yolları 26
1.2.5 Üst yapı malzemesi yönünden orman yol tipleri 26
1.2.5.1 Toprak yollar 27
1.2.5.2 Stabilize yollar 27
1.2.5.3 Asfalt kaplama yollar 28
1.2.6 Orman yangınlarında CBS tekniklerinin kullanımı 28
1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 29
2. LİTERATÜR ÖZETİ 31
3. MATERYAL VE YÖNTEM 36
3.1 Materyal 36
3.1.1 Çalışma alanı 36
3.1.2 Kullanılan yazılımlar ve ölçüm aletleri 37
3.2 Yöntem 37
3.2.1 Veritabanı 37
3.2.1.1 Topografik harita 37
3.2.1.2 Meşcere haritası 38
3.2.1.3 Yangın risk faktörleri veritabanı oluşturulması 39
3.2.1.4 Potansiyel yangın alanları 40
3.2.2 Yangın risk analizi risk faktörlerinin değerlendirilmesi 41
3.2.3 Analitik hiyerarşi yöntemiyle yangın risk analizi 43
3.2.3.1 Problemin tanımlanması 44
3.2.3.2 Kriterlerin tanımlanması 44
3.2.3.3 Alternatiflerin belirlenmesi 45
3.2.3.4 Hiyerarşik yapının oluşturulması 45
3.2.3.5 Görece önem ölçeğinin belirlenmesi 46
3.2.3.6 Karar vericilerin tercihlerinin belirlenmesi 47
3.2.3.7 Kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması 47
3.2.3.8 Kriterlerin yüzde ağırlıklarının hesaplanması 48
3.2.3.9 Tutarlılık analizinin yapılması 49
3.2.3.10 Kriterler açısından alternatiflerin karşılaştırılması 50
3.2.3.11 Amaç için alternatiflerin görece önem değerlerinin hesaplanması 50
3.2.3.12 En yüksek görece öneme sahip alternatifin seçilmesi 51
3.2.4 Görünürlük analizi 51
3.2.5 Ağ analizi yöntemi 52
3.2.5.1 Ağ veritabanı 52
3.2.5.2 Yeni en yakın kullanımı 55
3.2.5.3 Yeni rota kullanımı 56
3.2.5.4 Yeni servis alanı kullanımı 56
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 57
4.1 CBS Veri Katmanları 57
4.1.1 Topografik veri katmanı 57
4.1.2 Yangın risk faktörleri veri katmanı 60
4.1.3 Yol ağı veri katmanı 63
4.1.4 İlk müdahale ekibi ve yangın gözetleme kuleleri veri katmanı 64
4.1.5 Potansiyel yangın alanları veri katmanı 65
4.2 Yangın Risk Haritası 66
4.3 Görünürlük Analizi 72
4.4 Ağ Analizi 73
4.4.1 Veri katmanı 73
4.4.2 Yeni en yakın kullanım bulguları 75

4.4.3 Yeni rota kullanım bulguları 76
4.4.4 Yeni servis alanı kullanım bulguları 77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 80
6. KAYNAKLAR 83
ÖZGEÇMİŞ 87

KISALTMALAR

CBS	**:**	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GPS	**:**	Global Positioning System
ha	**:**	Hektar
hp	**:**	Beygir gücü
kg	**:**	Kilogram
km	**:**	Kilometre
İÜ	**:**	İstanbul Üniversitesi
Kw	**:**	Kilowatt
$\mathbf{l_i}$	**:**	i seksiyonunun uzunluğu (km)
m	**:**	Metre
$\mathbf{m^3}$	**:**	Metreküp
$\mathbf{^oC}$	**:**	Santigrat derece
OGM	**:**	Orman Genel Müdürlüğü
OMO	**:**	Orman Mühendisleri Odası
ORAJ	**:**	Gök gürültüsü + şimşek
OT	**:**	Orman toprağı
OYBS	**:**	Orman yangın yönetim sistemi
sa	**:**	Saat
SAM	**:**	Sayısal arazi modeli
$\mathbf{t_i}$	**:**	i seksiyonu için toplam ulaşım süresi (dakika)
UTM	**:**	Universal Transverse Mercator

SEMBOLLER

ha	**:**	Hektar
hp	**:**	Beygir gücü
Kg	**:**	Kilogram
km	**:**	Kilometre
Kw	**:**	Kilowatt
li	**:**	i seksiyonunun uzunluğu (km)
m	**:**	Metre
m3	**:**	Metreküp
ºC	**:**	Santigrat derece
sa	**:**	Saat
ti	**:**	i seksiyonu için toplam ulaşım süresi (dakika)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : 2006-2016 arasında yangın çıkış nedenleri istatistiği (OGM, 2016) 4
Çizelge 1.2 : Yangın tehlike indeksi (Cheney, 1975) 11
Çizelge 1.3 : Yangın Hassasiyet Derecesi ve Yangın Sabitesi 11
Çizelge 1.4. Yangın hassasiyet derecelerine kritik müdahale süreleri (OGM, 2008) 12
Çizelge 1.5 : BMC Pro 624 (4x4) model arazözün teknik özellikleri 19
Çizelge 1.6 : 2005-2009 yılları arasında yapılması planlanan ve yapılan mevcut yollar (OGM, 2010b) 24
Çizelge 1.7 : Orman Yolarının Geometrik Standartları (OGM, 1984; Bilici, 2008). 25
Çizelge 3.1 : Yayla Orman İşletme Şefliği'ne Ait Bilgiler 36
Çizelge 3.2 : Son 50 yılda bölgede meydana gelen orman yangınları 40
Çizelge 3.3 : Ağaç türü sınıfları 41
Çizelge 3.4 : Meşcere gelişim çağ sınıfları 41
Çizelge 3.5 : Kapalılık sınıfları 42
Çizelge 3.6 : Eğim sınıfları 43
Çizelge 3.7 : Bakı sınıfları 43
Çizelge 3.8 : Oluşturulan ağaç türü sınıfları 44
Çizelge 3.9 : Görece önem ölçeği 46
Çizelge 3.10 : RI değerleri 50
Çizelge 3.11 : Görünürlük analizi için gerekli olan yangın kulelerine ait veriler 51
Çizelge 3.12 : Yol tipi ve yol durumu için ortalama araç hızları (km/saat) 53
Çizelge 4.1 : Arazi kullanım tiplerine ait alansal bilgiler 58
Çizelge 4.2 : Ağaç tür ve karışımlarına ait alansal bilgiler 60
Çizelge 4.3 : Meşcere Kapalılığına ait alansal bilgiler 61
Çizelge 4.4 : Meşcere gelişim çağlarına ait alansal bilgiler 62
Çizelge 4.5 : Yol ağı durumu 63
Çizelge 4.6 : Ağaç türü kriterine göre alanlar ve önem dereceleri 66
Çizelge 4.7 : Meşcere gelişim çağı kriterine göre alanlar ve önem dereceleri 67
Çizelge 4.8 : Meşcere gelişim çağı kriterine göre alanlar ve önem dereceleri 68
Çizelge 4.9 : Arazi eğimi kriterine göre önem dereceleri 69
Çizelge 4.10 : Arazi bakısı kriterine göre önem dereceleri 69
Çizelge 4.11 : Yangın risk faktörlerine ait kriterin önem dereceleri 70
Çizelge 4.12 : Ormanlık alanların yangın riski durumu 71
Çizelge 4.13 : Yangın gözetleme kuleleri tarafından görülebilen orman alanları 72
Çizelge 4.14 : İlk Müdahale Ekiplerinin yangın noktalarına ulaşım süreleri 76
Çizelge 4.15 : İlk Müdahale Ekiplerine göre kritik sürede ulaşabilen ormanlık alanlar 79
Çizelge 4.16 : Kritik müdahale süresinde ulaşabilen ormanlık alanlar 79

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 2006-2016 yılları arasında yangın çıkış nedenlerinin dağılımı 5
Şekil 1.2 : 2013-2016 yılları arasında ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile çıkan orman yangılarının dağılımı 6
Şekil 1.3 : 2013-2016 yılları arasında kasıt nedeniyle çıkan yangıların dağılımı..... 7
Şekil 1.4 : 2013-2016 yılları arasında yıldırım nedeniyle çıkan yangıların dağılımı .. 8
Şekil 1.5 : 2013-2016 yılları arasında çıkan neden bilinmeyen yangıların dağılımı ... 8
Şekil 1.6 : Türkiye'de Orman İşletme Müdürlükleri yangın hassasiyet dereceleri ... 12
Şekil 1.7 : Yamaç yukarı ilerleyen bir orman yangını (Foto: A.Terzioğlu) 13
Şekil 1.8 : Yangın sezonu için kiralanan Mil Mi-8MTV-1 tipi helikopter..... 20
Şekil 1.9 : Çıplak yangın emniyet yolunun gösterimi 21
Şekil 1.10 : Yeşil yangın emniyet yolunun gösterimi..... 21
Şekil 1.11 : Açık yangın emniyet şeritleri 22
Şekil 1.12 : Gölgeli yangın emniyet şeritleri 22
Şekil 1.13 : Yol kapasitesine göre yapım ve bakım giderlerinin değişimi (Erdaş, 1997) 24
Şekil 1. 14 : Ana orman yolu standart profili (Erdaş, 1997)..... 25
Şekil 1.15 : A-Tipi (sol) ve B-Tipi (sağ) tali orman yollarının profilleri (Erdaş, 1997) 26
Şekil 1.16 : Traktör yolu kesiti (Erdaş, 1997) 26
Şekil 1.17 : Toprak yol görüntüsü 27
Şekil 1.18 : Stabilize yol görüntüsü..... 27
Şekil 1.19 : Asfalt kaplama yol görüntüsü..... 28
Şekil 3.1 : Çalışma alanının konumu..... 36
Şekil 3.2 : Çalışma alanına ait eşyükselti eğrileri haritası 38
Şekil 3.3 : Çalışma alanına ait Meşcere Haritası 39
Şekil 3.4 : Meşcere Gelişim Çağları 42
Şekil 3.5 : Örnek bir AHY modeli..... 45
Şekil 3.6 : Bu Çalışmaya ait AHY modeli..... 46
Şekil 3.7 : Çalışma alanının bir bölümüne ait yol ağı görüntüsü..... 52
Şekil 3.8 : Yol veri katmanına ait Öznitelik Tablosu 53
Şekil 3.9 : Araç hızı bilgilerini atamak için kullanılan "Field Calculator" aracı..... 54
Şekil 3.10 : Ağ Analizi araç çubuğu ve altında yer alan yöntemler 55
Şekil 4.1 : Çalışma alanına ait Arazi Kullanım Tipleri Haritası..... 57
Şekil 4.2 : Çalışma alanına ait Ormanlık Alanlar Haritası 58
Şekil 4.3 : Çalışma alanına ait Eğim Haritası 59
Şekil 4.4 : Çalışma alanına ait Bakı Haritası 59
Şekil 4.5 : Çalışma alanına ait Ağaç Türleri haritası..... 60
Şekil 4.6 : Çalışma alanına ait kapalılık haritası..... 61
Şekil 4.7 : Çalışma alanına ait meşcere gelişim çağları haritası..... 62
Şekil 4.8 : Çalışma alanına ait yol ağı haritası..... 64

Şekil 4.9 : Çalışma alanında bulunan ilk müdahale ekipleri ve yangın kuleleri..... 65
Şekil 4.10: Potansiyel yangın alanları haritası..... 65
Şekil 4.11 : Yangına duyarlılıklarına göre ağaç türleri..... 66
Şekil 4.12 : Yangına duyarlılıklarına göre meşcere gelişim çağları haritası 67
Şekil 4.13 : Yangına duyarlılıklarına göre meşcere kapalılığı haritası..... 68
Şekil 4.14 : Yangına duyarlılıklarına göre eğim haritası..... 69
Şekil 4.15 : Yangına duyarlılıklarına göre bakı haritası..... 70
Şekil 4.16 : Yangın Risk haritası..... 71
Şekil 4.17 : Yangın gözetleme kulelerinin görüş alanına giren bölgeler..... 72
Şekil 4.18 : İki veya daha fazla kulenin görüş alanına giren bölgeler..... 73
Şekil 4.19 : Ağ Verisetinde yer alan link veri katmanı..... 74
Şekil 4.20 : Ağ Verisetinde yer alan düğüm noktaları veri katmanı 74
Şekil 4.21 : Yangın noktasına ulaşım sağlayan optimum güzergahlar..... 75
Şekil 4.22 : Hareketli bir ilk müdahale ekibi için optimum güzergahlar ve engeller 77
Şekil 4.23 : İlk müdahale ekiplerinin kritik müdahale süresinde ulaştıkları alanlar . 78
Şekil 4.24 : İlk müdahale ekiplerinin kritik müdahale süresinde ulaştıkları alanlar . 78

YANGIN RİSKİ TAŞIYAN ORMAN ALANLARINDA UYGULANAN YANGIN KORUMA ÇALIŞMALARININ CBS TEKNİKLERİ İLE PLANLANMASI

ÖZET

Ülkemizde özellikle Marmara bölgesi ile Ege ve Akdeniz bölgesinde yer alan sahil şeridi boyunca yangına birinci dereceden hassas orman alanları bulunmaktadır. Orman kaynakları üzerinde en büyük çevre felaketlerinden biri olan orman yangınları sonucunda Orman Genel Müdürlüğü istatistiklerine göre ülkemizde yılda yaklaşık 10000 hektar orman alanı zarar görmektedir. Orman yangınlarıyla mücadelenin önemli unsurlarından biri erken tespit ve hızlı müdahaledir. Bunu sağlayabilmek için öncelikle yangına hassas alanların belirlenmesi ve bu alanlar göz önüne alınarak yangın gözetleme kulesi ve ilk müdahale ekiplerinin doğru konuşlandırılması büyük önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında, Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında bulunan Yayla Orman İşletme Şefliği çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmadaki tüm Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) işlem ve süreçleri için ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada, Yayla Orman İşletme Şefliği sınırlarını kapsayan alanın öncelikle yangın riski haritası oluşturulmuştur. Bunun için AHP (Analytic Hierarchy Process/Analitik Hiyerarşi Süreci) matematik metodu kullanılmıştır. Bu metod çerçevesinde çalışma sahasına ait ağaç türü, kapalılık, çağ, eğim ve bakı kriterleri kullanılmıştır. Bir sonraki aşamada Sayısal Arazi Modeli, yangın kulesi bilgileri ve arazi kullanım tipleri veri katmanı kullanılara çalışma alanına ve orman alanlarına ait görünürlük analizi yapılmıştır. Bu aşama için ArcGIS 10.2 yazılımının "Observer Points" aracı kullanılmıştır. Son olarak ağ analizi yapmak üzere çalışma alanındaki orman yolları, köy yolları, kara yolları ve orman yangın gözetleme kuleleri ile yangın ilk müdahale ekiplerinin lokasyonları sayısallaştırılmıştır. Elde edilen sayısal veriler ile "ArcCatalog" modülü kullanılarak ağ veritabanı oluşturulmuştur. Bu veritabanı üzerinde ise "Network Analyst" modülü kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Bunlardan ilki yangın ilk müdahale ekiplerinden muhtemel yangın sahalarına en hızlı ulaşımı sağlayacak optimum güzergahların belirlenmesidir. İkincisi ise, yangın ilk müdahale ekiplerinin konuşlandıkları lokasyondan belirlenen süreler dahilinde ne kadar alana ulaşabilir olduklarının hesaplanmasıdır. Böylece çalışma alanının orman yangınlarıyla mücadele organizsayonu açısından bütüncül bir değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlara göre, Yayla Orman İşletme Şefliği sınırları dahilindeki ormanlık alanların %36,4'ünün yangına karşı çok riskli olduğu, %38,6 ve %25'inin ise orman yangınları açısından sırasıyla riskli ve az riskli olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanındaki yangın kuleleri değerlendirildiğinde, toplam alanın %79'unun kuleler tarafından görülebildiği, ormanlık alanın ise %81'inin kulelerin görüş alanına girdiği belirlenmiştir. İlk müdhale ekiplerinin durumu incelendiğinde, mevcut ilk müdahale ekipleriyle 19 potansiyel yangın alanın sadece 3 tanesine kritik müdahale süresinde ulaşılamadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Yayla Orman İşletme şefliği sorumluk sahasında bulunan ormanlık alanların %83'üne mevcut ilk müdahale ekipleriyle kritik müdahale süresinde ulaşılabildiği bulunmuştur. Sonuçlar, çalışma

alanında bulunan ilk müdahale ekibi ve yangın gözetleme kulelerinin orman yangınlarıyla etkili mücadele ve kaynakların verimli kullanılması açısından yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Orman Yangını, Ağ analizi, Görünürlük analizi, Yangın riski haritası

PLANNING OF FIRE PROTECTION ACTIVITIES BY USING GIS TECHNIQUES IN FORESTED AREAS WITH FIRE RISK

SUMMARY

In Turkey, forest areas which are sensitive to forest fire in the first degree are located along the coastline of the Marmara, the Aegean and the Mediterranean regions. As a result of forest fires, as one of the biggest environmental disasters on forest resources, approximately 10000 hectares of forest area per year is damaged according to the statistics of General Directorate of Forestry in Turkey. One of the important elements of the fight against forest fires is early detection and quick intervention. In order to achieve this goal, first of all, it is very important to determine the fire sensitive areas and then to locate fire lookout towers and the firefighting teams by consideration these areas. In this thesis, Yayla Forest Enterprise Chief (FEC), which is located at the borders of Dursunbey Forest Enterprise Directorate, has been selected as the study area. ArcGIS 10.2 software was used for all Geographical Information System (GIS) operations and processes in the study. In the study, firstly fire risk map of the area covering the boundaries of the Yayla FEC was established. For this purpose, AHP (Analytic Hierarchy Process) mathematical model was used. Within the framework of this method, tree species, crown density, age stage, slope and aspect criteria were used. In the next stage, the digital terrain model, fire tower information and land use types data layer were used to run the visibility analysis for whole study area and for forested area. “Observer Points” tool of ArcGIS 10.2 was used for this stage. For the network analysis, forest roads, village roads, highways, and fire lookout towers and firefighting teams' locations in the study area were digitized. With the digital data obtained, the network database was generated by using the "ArcCatalog" module. Various analyzes were made on this database using the "Network Analyst" module. The first step is the determination of the optimum routes which will provide the fastest access to the possible fire areas from the firefighting team. The second is the calculation of how far the firefighting team can reach within the determined time limits from the location they are located. Thus, a complete assessment of the study area was conducted in terms of the organization of forest fires fighting activities. According to the results, it was determined that 36.4% of the forest areas within the boundaries of Yayla FEC were very risky against fires, 38.6% and 25% were risky and low risk, respectively for forest fires. When the fire towers in the study area were evaluated, it was determined that 79% of the total area could be seen by the towers and 81% of the forest area was into the view of the towers. When the situation of the firefighting teams was examined, it was determined that only 3 of the 19 potential fire areas could not be reached at the critical response time. In addition, 83% of the forest areas that are in charge of the FEC were found to be reached with the firefighting team during critical response time. The results were found to be sufficient for the firefighting team and fire lookout towers in the study area to effectively fight forest fires and to use resources efficiently.

Keywords: Forest Fire, Network analysis, Visibility analysis, Fire risk map

1. GİRİŞ

Son yüz yılda özellikle hızlı nüfus artışı ve tüketici talepleri yenilenebilir doğal kaynaklardan biri olan ormanlar üzerindeki baskıyı önemli oranda artırmıştır. Bu baskının orman kaynakları üzerindeki en belirgin yansımaları açmacılık, usulsüz kesimler ve orman yangınları olarak kendini göstermektedir (Ertuğrul, 2005). Yaklaşık %95'inin insan kaynaklı olduğu tahmin edilen orman yangınları, ormanları ciddi boyutta tahrip etmekte, orman kaynaklarının sürdürülebilirliğine etki etmekte ve vejetasyon üzerinde önemli biyolojik ve ekolojik zararlara yol açmaktadır (Bilici, 2008).

Ülkemizde Akdeniz bölgesinin doğusunda, Kahramanmaraş'dan başlayıp Marmara bölgesine kadar uzanan sahil şeridi boyunca, yaklaşık 3 milyon hektarı verimli ve 2,5 milyon hektarı bozuk koru olmak üzere 5,5 milyon hektar orman alanı yangına birinci dereceden hassastır (OMO, 2008). 2004-2016 yılları arasındaki yangın istatistiklerine göre yıllık ortalama yangın alanı bakımından Antalya (2013 ha), İzmir (799 ha), Muğla (769 ha), Balıkesir (657 ha), K.Maraş (635 ha) Orman Bölge Müdürlükleri ilk beş sırada yer almaktadır (OGM, 2016).

Orman yangınları ile etkin mücadele edilebilmesi için yangına mümkün olan en kısa sürede müdahale edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, orman yangınlarının başladığı anda tespit edilerek yerinin belirlenmesi ve ilk müdahale ekiplerine zaman kaybetmeden bildirilmesi büyük önem taşımaktadır (Çanakçıoğlu, 1993). Yangınların erken tespit edilebilmesi için özellikle yangınlara hassas bölgelerde ormanların gözetlenmesi ve haberleşmenin sağlanması amacıyla yangın gözetleme kuleleri inşa edilmektedir. Bu kulelerde yangın sezonu boyunca görev yapan yangın gözetleme işçileri dürbünlerle 24 saat aralıksız olarak orman alanlarını gözetlemektedirler.

Yangın gözetleme kuleleri, bölgedeki ormanlık alanların büyük bir bölümünün gözetlenmesine imkan sağlayacak şekilde ve çevresine oranla yüksek tepelerde kurulmalıdır. Yangın gözetleme kuleleri görüş alanı içinde bulunan orman alanlarının düz arazide %100'ünü ve engebeli arazide ise %70'ini görebilecek şekilde inşa edilmelidir. Yangın gözetleme kulelerinin lokasyonları bütün alanın doğrudan ve

birden fazla kuleden görülecek şekilde planlanmalıdır. Ayrıca, kulelerdeki gözetleme odası 360º'lik alanı görebilmeli ve kuleler arasındaki mesafe en fazla 25 km olmalıdır (Çanakçıoğlu, 1993).

Orman yangınları ile mücadele çalışmalarında görev yapan ekipler 5 ayrı grupta toplanmaktadır: ilk müdahale ekibi, hazır kuvvet ekibi, gezici ekip, arazöz ekibi ve hava destek ekibi (Akay ve ark., 2008a). Orman yangınlarıyla etkili mücadele yapılabilmesi için, özellikle yangına birinci dereceden hassas bölgelerde görev alan arazöz ve yer ekibinin yangın sahasına ulaşım süresinin yangının kontrol altına alınması ihtimalinin daha yüksek olduğu kritik süreyi aşmaması gerekmektedir. Bu nedenle, arazöz ve yer ekiplerinin konuşlandığı yerler olası yangınlara kritik sürede ulaşılabilecek alan miktarı en fazla olan uygun bir lokasyonda bulunmalıdır. Yangın ihbarı alındıktan sonra yangın harekat merkezinden arazöz ile hareket edecek ekibin yangın sahasına en kısa sürede ulaşmasını sağlayacak optimum güzergah gerçek zamanlı olarak belirlenmelidir.

Yangın nedeni ile veya diğer bazı nedenlerle yangın sırasında bazı yollar ulaşıma kapanabilmektedir. Orman yangınları sırasında farklı ve uzak orman işletme müdürlüklerinden yangın söndürme mücadelelerine katılmak üzere bölgeye gelen ve yol ağını tanımayan destek ekipleri kimi zaman yangın alanına gidiş-dönüşlerde sorunlar yaşayabilmektedir. Bu gibi durumlar da göz önüne alınarak, optimum güzergah sadece yangın sahalarına en hızlı ulaşımı değil, aynı zamanda güvenilir ulaşımı da sağlamalıdır. Bazı kısıtlayıcı faktörleri de dikkate alarak, alternatif güzergahlar arasında en kısa ulaşım süresine sahip optimum güzergahın belirlenmesini öngören bu tip problemlerin çözümünde bilgisayar destekli metotlar (ağ analizi, doğrusal programlama, dinamik programlama, sezgisel yöntemler) kullanılmaktadır (Akay ve ark., 2006).

Yenilenebilir doğal kaynakların başında gelen ormanlarımızın bugün ve gelecek kuşakların ihtiyacını karşılayabilmesi ve aynı zamanda etkin bir şekilde korunabilmesi için sürdürülebilir ve optimum verimliliği sağlayacak modern yöntemlerle yönetilmesi gerekmektedir (Akay ve ark., 2009). Optimum güzergahın belirlenmesini amaçlayan ulaşım problemlerinin çözümünde ağ analizi yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bilgisayar teknolojisinde ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde (CBS) meydana gelen gelişmeler, ulaşım problemlerinin çözümünde CBS yazılımlarının ağ

analizi yöntemini temel alan modüllerinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Yıldırım ve Yomralıoğlu, 2002).

1.1 Orman Yangınları

Orman alanlarında yaşama birliği içinde bulunan canlı ve cansız bütün yanıcı maddeleri (Yaş, kuru dikili ve yatık ağaçlar, ölü örtü, ot ve çalı türü diğer bitkiler vb.) kısmen veya tamamen yakan ve etrafının açık olması nedeniyle serbestçe yayılma eğilimi gösteren yangınlara orman yangınları denir (Eroğlu, 2009). Yanma olayı, oksijen, sıcaklık ve yanıcı maddenin uygun miktarlarda bir araya gelmesiyle gerçekleşmektedir.

1.1.1 Yangın türleri

Orman yangınları; örtü, tepe ve toprak yangını olarak üç türde görülmektedi (OGM, 1995). Ülkemizde yaygın olarak örtü ve tepe yangını görülmektedir . Orman yangınları genel bir davranış olarak öncelikle örtü yangını olarak başlar daha sonra tepe yangını olarak devam ederek geniş alanlara yayılır.

1.1.1.1 Toprak yangını

Ormanda toprak yüzeyi altındaki kalın organik madde tabakalarının (kalın ham humus ve turbalıklar) yanmasıyla meydana gelir (Çanakçıoğlu, 1993). Bu yangın toprak altında ilerlerken zaman zaman yüzeye çıkarak örtü yangınına sebep olur. Bu tür yangınlarla mücadele zordur. Kalın ham humus veya turbalıkların Türkiye'de çok az bulunması sebebiyle ülkemizde bu tür yangın görülmez.

1.1.1.2 Örtü yangını

Örtü yangını orman toprağı üzerinde bulunan ölü ve diri örtünün (ot, çayır, funda, fide, fidan, yaprak, yosun, humus, kuru dal, kütük, kesim artıkları vb.) yanmasıdır (OGM, 1995). Orman yangınları genel olarak ölü örtünün fazla olduğu alanlarda daha kolay yayılır.

1.1.1.3 Tepe yangını

Tepe yangını örtü yangınlarının ilerlemesiyle ağaç ve ağaççıkların tepe kısımlarının da yanmasıyla meydana gelen yangın türüdür (OGM, 1995). Bu yangın türü yangınların kontrol altına alınmasını zorlaştırarak büyümesine ve geniş alanlara

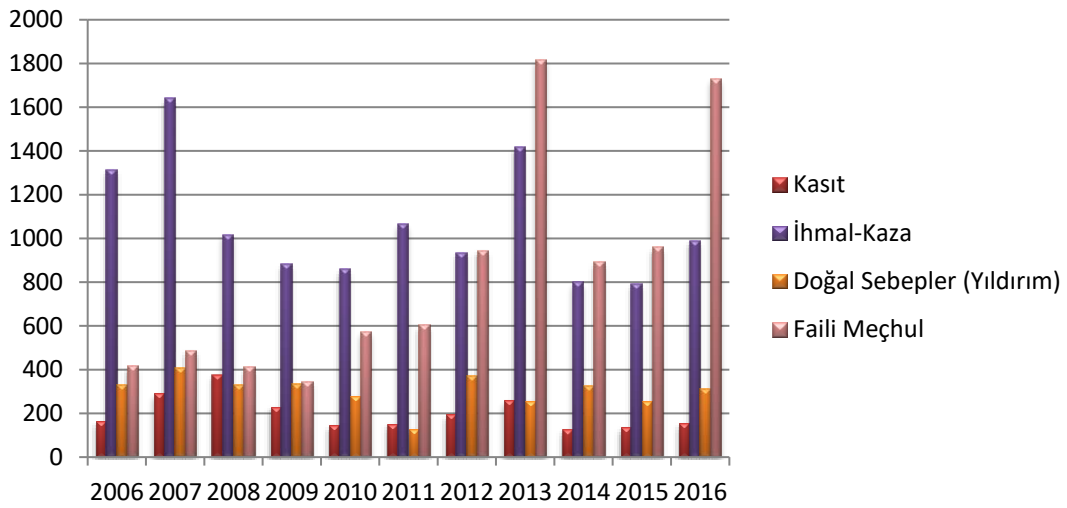
yayılmasına sebep olduğu için en tehlikeli ve en hızlı ilerleyen yangın türüdür. Tepe yangınları ağaçların gelişimini olumsuz yönde etkileyerek meşcerelerin hayatiyetini kaybetmesine yol açmaktadır.

1.1.2 Yangın çıkış sebepleri

Ülkemizdeki orman yangınlarının çıkış nedenleri kaza, ihmal-dikkatsizlik, kasıt, doğal nedenler (Yıldırım) ve nedeni bilinmeyen yangınlar olarak gruplandırılmaktadır. Çizelge 1.1'de 2006-2016 yılları arasında çıkan yangınların nedenleri hakkında istatistik bilgiler yer almaktadır (OGM, 2016). 2006-2016 yılları arasında çıkan yangınlar incelendiğinde, yangınların %44'ü ihmal ve kaza, %8'i kasıt, %13'u yıldırım nedeniyle çıkmıştır. Çıkan yangınların %35'i nedeni ise belirlenememiştir (Şekil 1.1).

Çizelge 1.1 : 2006-2016 arasında yangın çıkış nedenleri istatistiği (OGM, 2016)

Toplam Yanan Alan		Yangın Çıkış Sebepleri							
		Kasıt		İhmal-Kaza		Doğal Sebepler (Yıldırım)		Faili Meçhul	
Yıl	Adet	Adet	%	Adet	%	Adet	%	Adet	%
2006	2227	166	7	1 315	59	330	15	416	19
2007	2829	292	10	1 642	58	407	14	488	17
2008	2135	377	18	1 018	48	330	15	410	19
2009	1793	231	13	884	49	333	19	345	19
2010	1861	146	8	861	46	281	15	573	31
2011	1954	153	8	1 067	55	130	7	604	31
2012	2450	197	8	936	38	373	15	944	39
2013	3755	260	7	1 419	38	258	7	1 818	48
2014	2149	127	6	801	37	328	15	893	42
2015	2150	138	6	794	37	257	12	961	45
2016	3188	157	5	990	31	310	10	1 731	54



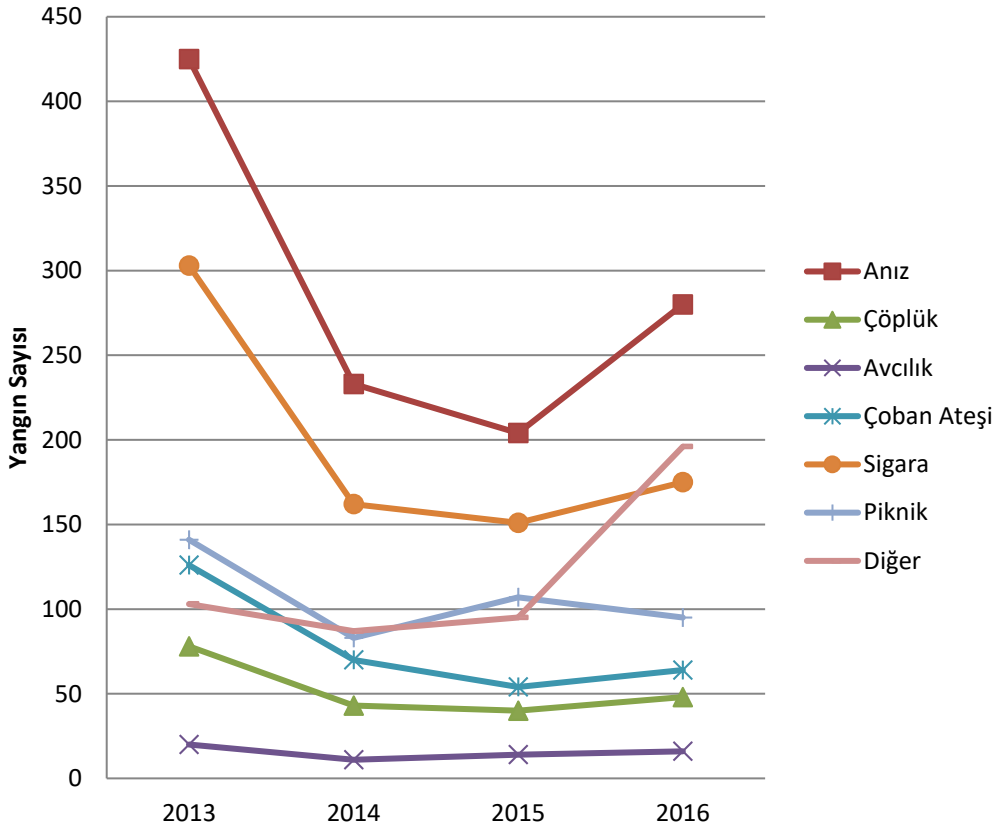
Şekil 1.1 : 2006-2016 yılları arasında yangın çıkış nedenlerinin dağılımı

1.1.2.1 Kaza

Çıkış nedeni kaza olan orman yangınları çoğunlukla enerji nakil hattı ve trafik sebebiyle meydana gelmektedir. Enerji nakil hatlarında meydana gelen kopmalar, kısa devreye sebep olan kuşların yanarak zemine düşmesi vb. gibi sebepler orman yangınlarının çıkış nedenidir. Trafik kazalarının da orman yangınlarını meydana getirdiği görülmektedir (OGM, 2016). 2008 yılında Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Taşağıl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yaşanan ülkemizin ikinci en büyük orman yangınının sebebi enerji nakil hatları olarak belirlenmiştir.

1.1.2.2 İhmal ve dikkatsizlik

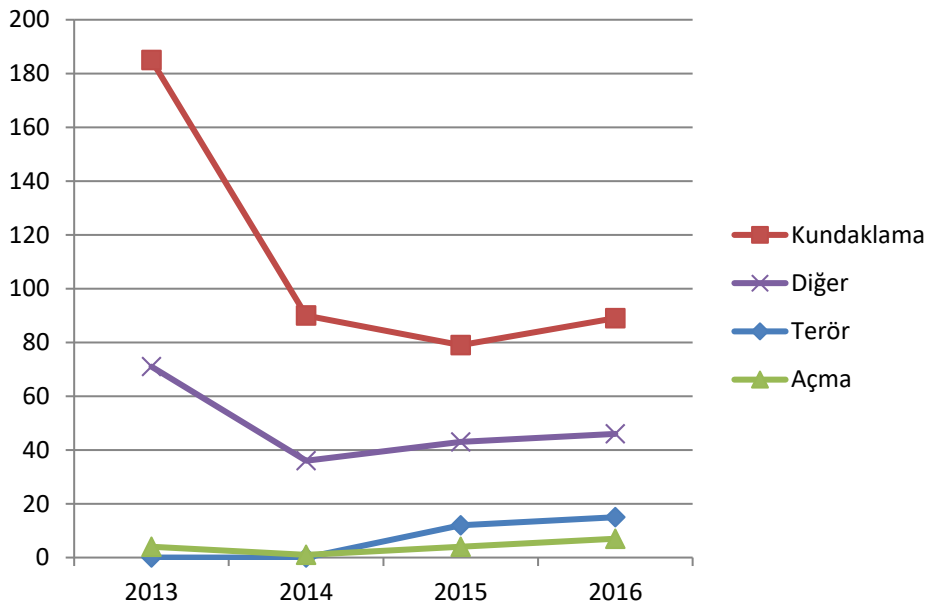
Anız, çoban ateşi, avcılık, piknik ateşi, sigara gibi nedenler, ihmal ve dikkatsizlik sonucu çıkan orman yangınlarının en önemli sebepleri olarak görülmektedir. (OGM, 2016). Şekil 1.2'de, 2013-2016 yılları arasında ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile meydana gelen yangınların dağılımı görülmektedir. 2013-2016 yılları arasında bu kategoride çıkan yangınlardan Anız yangınları ilk sırada yer alırken bunu sigara sebebiyle çıkan yangınlar izlemiştir. Üçüncü en önemli neden ise diğer yangınlar olmuştur. Yüksek yangın riskine rağmen, anız; düşük maliyetli olması ve toprak işlemeyi kolaylaştırması sebebiyle yakılmaktadır. İhmal ve dikkatsizlik nedeniyle çıkan yangınlardan olan söndürülmemiş sigaraların orman içi veya kenarına atılması sıklıkla orman yangınlarına sebep olmaktadır. Piknik ateşi yakılması ve gereken önlemlerin alınmamasıyla da orman yangınları meydana gelmektedir.



Şekil 1.2 : 2013-2016 yılları arasında ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile çıkan orman yangılarının dağılımı

1.1.2.3 Kasıt

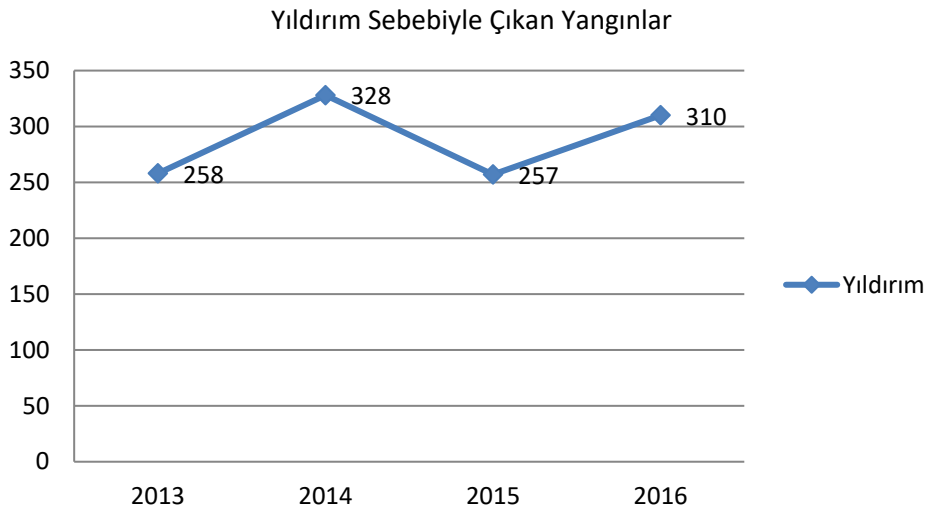
Kasıt nedeniyle çıkan orman yangınlarının başlıca sebepleri; terör, kundaklama, açma ve diğer nedenler olarak sınıflandırılmaktadır (OGM, 2016). Şekil 1.3'te 2013-2016 yılları arasında kasıtlı çıkan orman yangınlarına ait istatistikler görülmektedir. Kasıt sebebiyle çıkan yangınların başında kundaklama gelmektedir. Orman içi ve kenarında otlatma alanlarının genişletilmesi için kundaklama yapılabilmektedir. Ülkemizin özellikle doğu kesimlerinde çok sık olmamakla birlikte terör olayları sebebiylede orman yangınları görülebilmektedir. Ayrıca orman alanlarından açmacılıkla tarım arazisi elde etme amacıyla da orman yangınına sebep olunmaktadır.



Şekil 1.3 : 2013-2016 yılları arasında kasıt nedeniyle çıkan yangıların dağılımı

1.1.2.4 Yıldırım

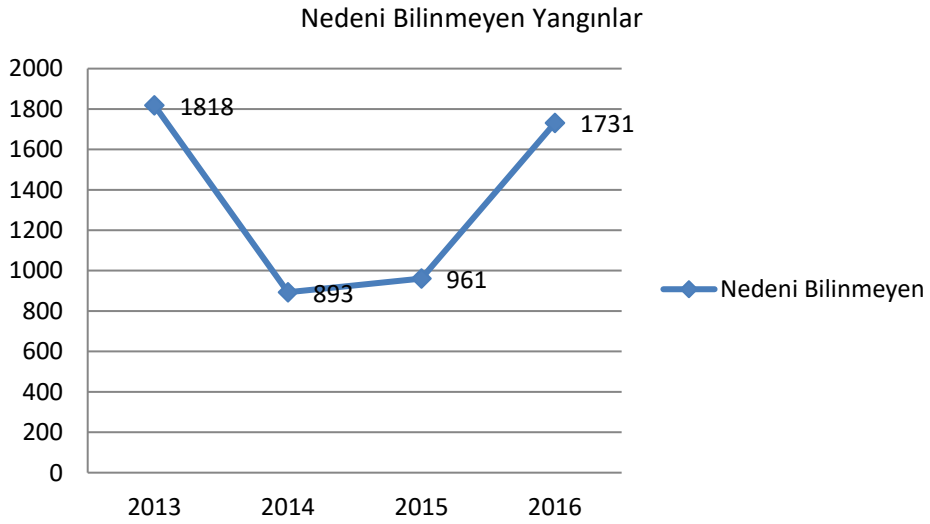
Çıkış nedeni yıldırım olan orman yangınlarının oluşması için ORAJ (gök gürültüsü + şimşek) olması gerekmektedir. ORAJ oluşumu gök gürültülü sağanak yağışlara neden olan kumülonimbus bulutları, yer yüzeyinin farklı ısınması, orografik yükselme ve cephesel sistemlerde dinamik olarak yükselmeyle meydana gelmektedir (Avcı ve ark., 2009). Şekil 1.4'de 2013-2016 yılları arasında yıldırım nedeni ile çıkan yangınların istatistikleri görülmektedir (Karaca ve ark., 2000). Ülkemizde İlkbahar, yaz başı ve sonbahar ayları atmosferik kararsızlık ve kara kaynaklı konveksiyon nedeniyle toplam alandaki en yüksek yıldırım-şimşek sayılarının görüldüğü mevsimler olarak karşımıza çıkmaktadır (Öztopal, 2017). Genel olarak yangın sezonunda yurt genelinde sadece Haziran ve Ekim aylarında ortalama 900 bin civarında yıldırım-şimşek görüldüğü tespit edilmiştir. Türkiyede sıklıkla görülen yıldırımlar sebebiyle orman yangını meydana gelmektedir.



Şekil 1.4 : 2013-2016 yılları arasında yıldırım nedeniyle çıkan yangıların dağılımı

1.1.2.5 Nedeni bilinmeyen

Orman yangınlarının çıkış sebebi kaza, ihmal ve dikkatsizlik, kasıt ve yıldırım gibi gruplardan birine girmiyorsa yangının çıkış sebebi, nedeni bilinmeyen olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 1.5'de 2013-2016 yılları arasında çıkış nedeni bilinmeyen yangınların istatistikleri görülmektedir. Ülkemizde nedeni bilinmeyen orman yangınların sayısının yüksek olduğu görülmektedir. Çıkış nedeni bilinmeyen orman yangınlarının sayısının fazla oluşu, çıkış sebebinin dikkatle araştırılmasının, olay yeri ve delil incelemeleri konusunda ilgili birimlerin gerekli eğitim, bilgi ve donanım konusunda desteklenmelerinin önemini göz önüne sermektedir.



Şekil 1.5 : 2013-2016 yılları arasında çıkan neden bilinmeyen yangıların dağılımı

1.1.3 Yangını etkileyen faktörler

Yangının ilerleyip yayılarak tehlikeli bir durum almasına neden olan tüm faktörler tespit edilmelidir. Yangını etkileyen faktörlerin belirlenmesi yangınla mücadelenin daha başarılı sonuç vermesini sağlamaktadır. Bu nedenle yangını etkileyen tüm faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Yangını etkileyen en önemli faktörlerin başında yanıcı madde, hava halleri ve topografik koşullar gelmektedir (Çanakçıoğlu, 1993).

1.1.3.1 Yanıcı madde

Orman yangının çıkması, gelişmesi ve davranışı, diğer münferit faktörler içinde en fazla yanıcı maddelere bağlıdır. Zira yanma sonucu meydana gelen enerjinin kaynağı yanıcı maddedir. Orman yangınlarıyla mücadelede bu enerjinin şiddet düzeyi ile derecesi iyi saptanarak mücadele stratejisi ona göre belirlenmelidir. Ormandaki yanıcı maddeler, yayılışları bakımından çeşitli değişiklikler göstermektedir. Yanıcı maddeler, dikey yayılışları ve genel özellikleri dikkate alınarak, yüksek boylu, toprak üstü ve toprak altı orman yanıcı maddeleri olarak üç gruba ayrılabilmektedir Yangınla savaşacak her ferdin yanıcı madde çeşitleri ile onların yangın ile olan ilişkilerini kısaca yanıcı maddelerin yanma koşullarını çok iyi bilmesi gerekir. Aksi halde yangınla mücadele ederken bir çok tehlikeyle karşılaşma olasılığı artar (Çanakçıoğlu, 1993).

1.1.3.2 Hava halleri

Orman yangınlarının başladığı mıntıkalarda, gerek yangın başlamadan önce, gerekse yangın sırasında, hava halleri sürekli takip edilmesi gereken önemli etkenlerden biri olmaktadır. Hava hallerinin değişik zaman aralıklarında gösterdiği farklılıklar, yangınların nasıl ne zaman ve nerede çıkacaklarını önemli şekilde etkiler. Hava sıcaklığının aksine, bağıl nem değeri sabah ve aksam saatlerinde yüksek, öğle saatlerinde ise düşük olmaktadır. Yanıcı maddenin nem miktarı da bağıl neme göre değişmektedir. Havadaki bağıl nem değeri düştüğünde yanıcı maddelerin nem kaybetmesi sonucu orman yangınları açısından risk oluşmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

1.1.3.3 Topografik koşullar

Yangın alanındaki topografik koşullar, yangını etkileyen önemli faktörlerdendir. Özellikle yangın yörelerinin engebeli olması yangın davranışı açısından büyük etkilere sebep olmaktadır. Ayrıca arazinin değişik tipleri, iklim ve günlük hava halleri

koşullarındaki değişikliklere sebep olur. Bakı, yükseklik, eğim ve arazinin şekli gibi topografik koşulların yangın alanında belirlenmesi yangının yayılma hızı ve yönü üzerinde önemli bilgiler sağlamaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

1.1.4 Yangın alanlarının sınıflandırılması

Ormanların yangın yönünden bazı esaslara göre sınıflandırılması orman yangınlarıyla mücadelede önlemli faydalar sağlamaktadır. Belli bir mıntıkada daha önce çıkan orman yangınlarına ait adet, yanan alan, orman genişliği gibi faktörlerle beraber çeşitli kriterlerde dikkate alınarak yangın tehlike sınıfları, yangın hassasiyet sınıfları ve yangın risk sınıfları belirlenmektedir (Çanakçıoğlu, 1993).

1.1.4.1 Yangın tehlike sınıfları

Orman yangınlarını etkileyen geniş kapsamdaki etkenleri içeren faktörler (yanıcı madde nitelik ve nicelikleri, arazideki yamaç eğimi, hava halleri) yangın tehlikesi olarak tanımlanabilmektedir (OGM, 1995). Yanıcı madde miktarı, boyut ve devamlılığı gibi özelliklerin homojen olduğunu kabul ettiğimiz bir ormanda, sıcaklık, yağış, nispi nem, rüzgar yönü ve hızı ile topografik koşullar gibi değişkenlerin yangının ilerleme hızıyla ilişkilendirilmesiyle 1-100 arasında değişen bir "Yangın Tehlike İndeksi" (YTİ) geliştirilmiştir (Neyişçi ve ark., 1996). YTİ değerlerine göre, "1" değeri yanıcı maddenin yanlızca yıldırım gibi şiddetli bir sıcaklık kaynağı sonucu tutuşabileceğini, yangının sadece kolay tutuşabilen maddelerle yayılabileceğini gösterir. Böyle bir yangın Gece yavaşlar veya toprak üstünde bulunan yanıcı maddeleri yakarak seyreder ve kıvılcım görülmez. Yangın kenarlardan süpürülerek kısa sürede söndürülebilir. En yüksek YTİ değeri olan "100" ise yangının çabuk başlayacağını ve çok süratle ilerleyerek şiddetli bir yanma olayının gerçekleşceğini gösterir. Bu tür yangınlar dehşetli bir davranışla gelişir ve normal yöntemlerle önlenemeyecek bir süratle ilerler. Kıvılcım ve tepe yangını normal karakterleri arasındadır. Direkt söndürme yöntemleri nadiren tutuşmanın hemen başında uygulanabilir, aksi halde çok tehlikelidir (Çanakçıoğlu, 1993).

Çizelge 1.2 : Yangın tehlike indeksi (Cheney, 1975)

YTİ	Söndürme Güçlülüğü
1-5	Düşük
5-12	Orta
12-24	Yüksek
24-50	Çok yüksek
50-100	Aşırı

1.1.4.2 Yangın hassaslık sınıfları

Bir mıntıkanın yangına hassaslık oranı, o mıntıkada çıkan yangın sayısı, yanan alanın işletmenin ormanlık alanına oranı ve yangın sabitesine bağlı olarak belirlenmektedir (Mol, 1994). Orman yangınlarıyla etkili mücadele için İşletmelerin yangına hassaslık sıralamasının yapılması ve hassaslık oranı bilinen bir işletmenin diğer işletmelere göre durumunu göstermek için yangına hassaslık derecesi kavramı geliştirilmiştir. Hassaslık derecesinin doğru tespit edilebilmesi için en önemli unsur, meydana gelen orman yangınlarıyla ilgili arşiv bilgileri bulunmasıdır (Küçük ve Ünal, 2005).

Belirli bir hassaslık derecesine sahip işletmeleri temsil eden yangına hassaslık derecesi aslında yangına hassaslık sınıfını oluşturmaktadır (Mol, 1994). Yangına hassaslık derecesi, yanan alan miktarına ve birim alandaki yangın adedine göre değişim göstermektedir. Yanan alan ve birim alanda çıkan yıllık yangın sayısı azaldıkça hassaslık azalmakta, arttıkça yangına hassaslık artmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993). İşletme şefliklerinin yangın hassaslık derecelerinin belirlenmesinde yangın sabitesi değerlerinden yararlanılmaktadır (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3 : Yangın Hassasiyet Derecesi ve Yangın Sabitesi

Yangına Hassaslık Derecesi	Yangın Sabitesi
I. Derece (en çok hassas)	0,350001 ve daha fazla
II. Derece (çok hassas)	0,200001 – 0,350000
III. Derece (orta derece hassas)	0,100001 – 0,200000
IV. Derece (az hassas)	0,050001 – 0,100000
V. Derece (en az hassas)	0,05000 ve daha az

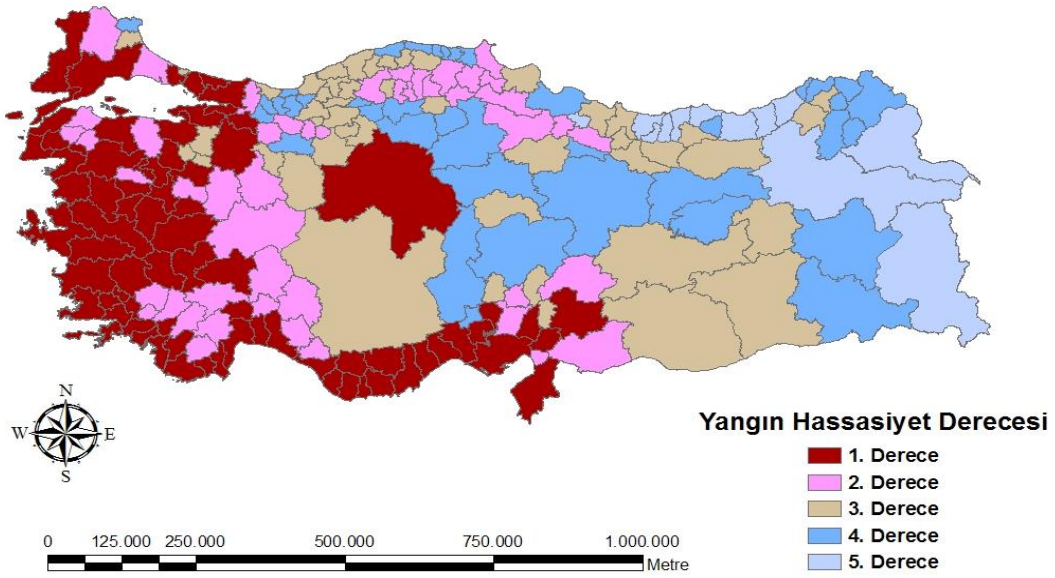
Yangın sabitesi, yangın adedi sabitesi ve yangın alanı sabitesine bağlı olarak aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmaktadır (Yücel, 1998):

Yangın Sabitesi = (Yangın Adedi Sabitesi+Yanan Alan Sabitesi)

Yangın Adedi Sabitesi=(100xYıllık Ortalama Yangın Adedi/Ormanlık Alan (ha))xK

Yangın Alanı Sabitesi = 100xYıllık Ortalama Yanan Alan (ha)/Ormanlık Alan (ha)

Yangın adedi sabitesi formülündeki K değeri; Türkiye'de uzun bir zaman periyodu içinde yıllık ortalama yanan alanının, yangın adedine bölünmesi ile edilen bir sabit olup değeri 12,734799 olarak hesaplanmıştır. Şekil 1.6'da Türkiye'de Orman İşletme Müdürlükleri yangın hassasiyet derecesi haritası gösterilmektedir**.**



Şekil 1.6 : Türkiye'de Orman İşletme Müdürlükleri yangın hassasiyet dereceleri

Orman yangınlarına etkili mücadele için görevli ilk müdahale ekibinin kritik müdahale süresi içinde yangın sahasına ulaşması gerekir. Kritik müdahale süresi yangın hassasiyet derecesine göre değişmektedir (OGM, 2008) (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Yangın hassasiyet derecelerine kritik müdahale süreleri (OGM, 2008)

	Yangın Hassasiyet Dereceleri				
	I	II	III	IV	V
Müdahale Süresi	20 dakika	30 dakika	40 dakika	50 dakika	50 dakika

1.1.4.3 Yangın risk sınıfları

Yangın riski, yangının başlamasına neden olan faktörlerin varlığı ve etkisine bağlı olarak yeni bir yangının başlama olasılığıdır. Eğim ve bakı gibi topografik özelliklerin yanı sıra sıcaklık, yağış ve nem gibi iklimsel faktörlerle birlikte rüzgar etkisi, yerleşim yeri, ulaşım yolları, arazi kullanımları, su kaynaklarına uzaklık ağaç türü yaşı ve kapalılık gibi bitki örtüsü özelliklerin yangın riski üzerinde güçlü etkileri vardır. Aynı yanıcı madde miktarının bulunduğu ancak insan yoğunluğunun fazla olduğu bir ormanda, yangın tehlikesi aynı derecede olmasına karşın yangın riski daha yüksektir (Çanakçıoğlu, 1993). Orman yangınları ile mücadele zor ve maliyetli bir iş olarak bilinmektedir. Ülkemizde orman yangınlarını önlemek ve etkin mücadele için ayrılan kaynakları optimize şekilde kullanabilmek için orman alanlarındaki risk grupları incelenerek yüksek yangın riskine sahip bölgeler mutlaka tespit edilmelidir.

Eğim

Orman yangınlarında arazinin engebelik derecesini gösteren eğimin yangınların yayılmasında büyük önemi vardır. Diğer hususlar eşit olmak koşuluyla, yangınlar eğimli arazide daha çabuk ilerler. Bilindiği üzere eğim arttıkça yangının yayılma hızıda artar (Çanakçıoğlu, 1993).



Şekil 1.7 : Yamaç yukarı ilerleyen bir orman yangını (Foto: A.Terzioğlu).

Bakı

Bir eğimin yönü bakı ile belirtilir. Genellikle bir arazi parçasının 8 rüzgar gülü yönünden hangisine baktığını ifade eden bir deyimdir. Yangın koşulları bakıya göre büyük değişiklikler gösterir. Genellikle güney ve güneydoğu bakıları yangının çıkması ve yayılması için en iyi koşullara sahiptir. Bu yerler daha fazla direkt güneş ışığı alarak havanın ve yanıcı maddenin sıcaklığını arttırıcı etkide bulunurlar (Çanakçıoğlu, 1993).

Bağıl nem

Havanın bağıl nemi günün çeşitli saatlerinde çok farklı değerler gösterir. Hava sıcaklığının aksine bağıl nem sabah ve akşam saatlerinde yüksek öğle saatlerinde düşüktür. Yanıcı maddelerin nem miktarı tutuşma hızlarıyla doğrudan ilişkilidir. Yanıcı maddelerin nem miktarının en düşük değerleri havanın bağıl neminin en az olduğu zamanlarda elde edilir. Sonuç olarak havanın bağıl nemi düştükçe yangın riski artmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

Sıcaklık

Yanıcı maddeler radyasyonla güneşten ve konveksiyonla çevresindeki havadan ısı alırlar. Eğer hava sıcaklığı yüksekse yanıcı maddelerde buna bağlı olarak ısınırlar. Böylece yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmaları kolaylaşır. Yanıcı maddenin sıcaklığı yayılma hızını da etkilemektedir. Sıcak yanıcı maddeler soğuklara hem daha hızlı yanarlar hem de yangın bunlarda daha süratli yayılır. Böylece sıcaklık yangın riskini etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Çanakçıoğlu, 1993).

Yağış

Orman yangınlarıyla ilgili olarak yağmurun özellikle yangın sezonundaki durumu önemlidir. Yangın sezonunda nem oranı yüksek olan yanıcı maddeler tutuşmak için yüksek sıcaklık derecelerine gereksinim gösterirler. Sonbahar ve kış yağmurlar yanıcı maddenin özellikle gelecek yaz sezonundaki tutuşma durumunu etkilerler kurak geçen kış veya bahar dönemi orman yangınları açısından yaz dönemini yüksek riskli hale getirir. Yağış esas olarak yanıcı maddenin nem miktarını direkt olarak etkilediğinden orman yangını riskini doğrudan etkileyen bir faktördür (Çanakçıoğlu, 1993).

Rüzgar

Rüzgar yangınları çeşitli yönlerden etkiler. Kuvvetli rüzgarlar yangının önündeki alevin ileriye götürülmesine, yangının ağaçlarda tepeden tepeye atlamasına, normal koşullarda yangını durduracak engelleri aşmasına, yangının önüne ve yanlarına kıvılcımlar atarak hızla yayılma ve sıçramasına, ayrıca hızına bağlı olarak yanan alanın

büyümesine yardım eder. Ayrıca bulunduğu mıntıkaya göre deniz orijinli yönlerden esen rüzgarlar nemli hava kitlelerini taşıdıklarından havanın bağıl nemini yükselterek yangın riskini azaltırken kara menşeili kuru hava kitlelerini taşıyan rüzgarlar havanın bağıl nemini düşüreceğinden yangın riskini arttıran bir etki gösterirler (Çanakçıoğlu, 1993).

Ağaç türü

Orman yangınlarıyla ilgili olarak ağaç türleri özellikle taşıdıkları nem oranı açısından yangın riskine etki eden en önemli faktörlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Kızılçam gibi ibreli, düşük nemli, yanma özelliği yüksek reçineye sahip ağaç türleri hızlıca tutuşabilmeleri sebebiyle yangın açısından yüksek risk taşıdıkları gibi kayın gibi geniş yapraklı yüksek nem değerine sahip türler daha geç tutuşacaklarından yangına karşı direnç gösterirler (Çanakçıoğlu, 1993).

Kapalılık ve çağ sınıfı

Ormanın kapalılık durumu yangın açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle ağaçların çağ sınıflarıyla birlikte değerlendirildiğinde yangınlarla ilgili olarak önemli bir etkiye sahiptir. %70 ve üzeri kapalılığa sahip sıklık cağında bulunan bireylerden oluşan ormanlar kolay tutuşan ince yancı madde açısından yüksek bir yoğunluğa sahip olduklarından yangınların hızlıca tepe yangınına dönüşerek süratle yayılmalarına sebep olabilmektedirler. Diğer taraftan kalın ağaçlık çağında %40'dan düşük kapalılığa sahip ormanlarda yangının tepe yapması zor, ilerlemesi güç olmaktadır. Bu tür yerlerde genellikte örtü yangını olarak devam eden orman yangınları kısa sürede söndürülebilmektedir. Sonuç olarak ağaçlık çağlarıyla birlikte değerlendirilen kapalılık yangın riski belirleme konusunda çok önemli etkiye sahiptir (Çanakçıoğlu, 1993).

Yerleşim yerlerine uzaklık

Ormanın yangınlarının büyük çoğunluğunun ihmal ve dikkatsizlik, kaza ve kasıt gibi insan etkisi sebebiyle orta çıktığı düşünüldüğünde yangın riski açısından önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Yerleşim yerlerine uzak mıntıkalarda insan faaliyetleri daha az olduğundan yangın riski düşerken insan faaliyetlerinin yoğun olduğu yerlerde ise bu risk artmaktadır.

Su kaynaklarına uzaklık

Ormanın yangınlarıyla mücadelede şüphesiz en önemli araç sudur. Su kaynaklarına yakın mıntıkalarda yangın kısa sürede kontrol altına alınabilecekken su kaynağına

uzak bölgelerde yangınla mücadele olumsuz etkilenecek ve risk büyüyecektir. Ayrıca baraj, gölet gibi büyük su kaynakları bulundukları bölgede bir mikroklima oluşturarak bağıl nemi arttırıcı bir etki yapacaklarından yangın riskini düşürücü bir rol oynayacaklardır. Böylece su kaynaklarına olan mesafe yangın riski açısından büyük öneme sahip olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yol yoğunluğu ve yola mesafe

Orman yangınları açısından yol yoğunluğu çok önemli hususlardan birisidir. Yeterli yol ağına sahip ormanlarda kritik müdahale süresi içinde bir yangına müdahale etmek mümkün olabilecekken, düşük yol yoğunluğuna sahip alanlarda yangınla mücadelede görevli ekiplerin yangına ulaşması daha uzun sürecek bu da yangının büyümesi riskini ortaya çıkaracaktır. Diğer taraftan taşıt trafiğinin daha yoğun olduğu otoyol, karayolu ve köy yollarında ihmal, dikkatsizlik ve kaza gibi sebeplerle orman yangını meydana gelebileceğinden bu tür yollara olan mesafe de yangın riski açısından önemli bir faktördür.

Arazi kullanım tipleri

Orman yangınlarının önemli bir kısmı tarımsal amaçlı kullanılan ziraat alanlarında yakılan anız sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan taşlık, kayalık, orman toprağı gibi orman içlerinde bitki örtüsünün ve dolayısıyla yanıcı madde miktarının azaldığı mıntıkalar yangının yayılmasını önleyici doğal engeller olarak karşımıza çıkabilmektedir. Sonuç olarak bölgenin arazi sınıflarının belirlenmesi yangın riski açısından kritik öneme sahiptir.

1.2 Orman Yangınlarıyla Mücadele

Orman yangınları ile mücadelenin güvenli bir şekilde yürütülebilmesi için yangın öncesi ve yangın sonrasında alınacak önlemlerin önceden belirlenmesi gerekir. Kapsamlı ve karmaşık bir süreç olan orman yangınları ile mücadelenin iyi planlanması, yangına erken müdahalede alınması gereken tedbirler bakımından önem taşımaktır. Temel hedef ormanların korunmasıdır. Orman yangınlarının çıkmasına engel olabilmek için orman-halk arasında iletişim kurulması, gereken eğitim ve önemin belirlenmesi sağlanmalıdır.

1.2.1 Yangın müdahale ekipleri

Yangın müdahale ekipleri yangının kontrol altına alınması ve söndürülmesi için gerekli araç-gereç ve malzemeler ile donatılmış işçi gruplarıdır (OGM, 1995). Ülkemizde orman yangınlarının kontrol altına alınması ve söndürülmesi çalışmalarında yaklaşık 12000 işçi ortalama 5 ay süre ile çalışmaktadır (Akay ve Yenilmez, 2007). Orman yangınları ile mücadelede yangın müdahale ekipleri: ilk müdahale ekibi, hazır kuvvet ekibi, gezici ekip, arazöz ekibi ve helikopter (helikopter, uçak) ekibi olmak üzere beş grup altında toplanmaktadır (Akay ve ark., 2008a).

1.2.1.1 İlk müdahale ekibi

Orman yangınları ile ilk mücadeleye başlayan ilk müdahale ekibidir. Ekiplerin işçi sayısı, işletmedeki yangın hassasiyet derecesine göre 8-17 adet işçiden oluşmaktadır. İlk müdahale ekibi bulundukları yangın hareket merkezlerinde işgünü boyunca alarm durumunda beklemektedir. Yangın ihbarı geldikten sonra ilk müdahale ekibi en kısa sürede (3-5 dakika) hazırlanıp, yangın sahasına hareket etmek zorundadır. İlk müdahale ekiplerinin lokasyonları, yangına hassaslık derecesine, ormanın mevcut ulaşım yolu miktarına, uygun alan için su ve elektrik gibi vb. durumlar dikkate alınarak belirlenir (OGM, 1995). İlk müdahale ekibinde bulunması gerekli müdahale malzemeleri arasında tırmık, çapa, tahra, balta, kazma, gürebi, baltalı kazma, su tulumu, tırmıklı çapa, motorlu testere, akaryakıt ve yağ yer almaktadır. Ayrıca, yangına müdahalede kullanılmak üzere koruyucu malzeme, sırt çantası, miğfer, matara, el feneri, su bidonu, eğe, tıbbi malzeme, kumanya, yangına gider levhaları gibi malzemeler bulundurulmaktadır (OGM, 1995).

1.2.1.2 Hazır kuvvet ekibi

Hazır kuvvet ekipleri, ilk müdahale ekibinin kontrol altına alamadıkları orman yangınları ile mücadelede destek sağlarlar. Hazır kuvvet ekiplerinin görev alanları daha geniş olmakta ve ekip 25-40 işçiden oluşmaktadır. Bu ekipler genellikle yangına hassas, tehlikeli ve riskli orman alanlarının çevrelerine yerleştirilirler. Gerekli durumlarda, ilk müdahale ekibinin görevlerini de üstlenmektedirler. Hazır kuvvet ekibinde, ilk müdahale ekibinde bulunan malzemeler yanında fazladan iki adet motorlu testere bulunmaktadır (OGM, 1995).

1.2.1.3 Gezici ekip

Gezici ekipler, yangına hassas, tehlikeli ve riskli orman alanlarında, doğrudan görülmeyen ormanlarda ve çok sık yangın çıkan belirli alanlarda orman yangınları ile mücadele amacıyla görev alan ekiplerdir. Normal zamanlarda ilk müdahale ekiplerinin ulaşamadıkları orman alanlarına da 4-5 işçiden oluşan gezici ekip tarafından müdahale edilmektedir. Gezici ekipler, kontrollerinin sağlanması için belirli yerlerde konuşlanmaktadır.

1.2.1.4 Arazöz ekibi

Orman yangınları ile mücadelede ilk müdahale ekiplerinin yangına en kısa zamanda müdahale etmelerini sağlamak amacı ile zor arazi koşullarına uyumlu 4x4 arazözler kullanılmaktadır. Ortalama 5-6 işçiden oluşan arazöz ekibi yangın söndürme çalışmalarına aktif katılarak yangınla mücadelede etkili çalışmalar yürütürler (OGM, 1995). Ülkemizde orman yangınları ile mücadelede Mercedes, Renault, BMC ve Iveco gibi marka arazözler kullanılmaktadır. Çizelge 1.5'de orman yangınları ile mücadelede kullanılan BMC marka bir yangın arazözünün teknik özellikleri gösterilmektedir.

1.2.1.5 Helikopter ekibi

Yangına hassas bölgelerde orman yangınlarına müdahale hızı, yangınları kontrol etmede ve kayıpların azaltılmasında en etkili unsurlardandır. Ayrıca, helikopter (hava destek) ekibi, yolu olmayan veya ulaşım imkanı zor olan yangına hassas bölgelerde çıkan orman yangınlarına kısa zamanda ulaşarak müdahale edebilmektedir. Ortalama 10 kişiden oluşan helikopter ekibinde bir orman mühendisi veya orman muhafaza memuru bulunur. Yangınla etkin bir mücadele gerçekleştirilebilmesi için helikopter ekibinde gerektiğinde helikopterden atlayabilecek çeviklikte ve fiziksel olarak genç ve dinamik personel istihdam edilmektedir (OGM, 1995).

Hava destek ekibinde görev olmak üzere, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından her yıl su taşıma haznesine sahip yangın helikopterleri kiralanmaktadır (Akay ve ark., 2008b). Orman yangınları ile mücadele hava araçlarının kullanımı pahalı bir yöntem olup ülkemize hava mücadele araçları 1988 yılında hizmete girmiştir. OGM tarafından satın alınan veya kiralanan helikopterler çeşitli ormancılık çalışmalarında (yangınla mücadele, orman koruma, yaban havyaları yönetimi, insan ve malzeme taşıma) kullanmaktadır. OGM'nin satın aldığı helikopterler arasında yer alan ABD yapımı

“Eurocopter AS-355 F-2 Ecureuil II/Twin Star” ve “Aerospatiale AS-365 Dauphin II” model helikopterler genellikle personel ve malzeme taşıma, keşif, gözetleme ve resim çekme amaçlı kullanılmaktadırlar.

Çizelge 1.5 : BMC Pro 624 (4x4) model arazözün teknik özellikleri

Teknik Özellikler		Değerler
Ağırlık	Toplam Ağırlık	25000 kg
	Ön Aks	7000 kg
	Arka Aks	18000 kg
Boyutlar	Genişlik (H)	2,50 m
	Uzunluk	9,77 m
	Dingil Açıklığı	4,85 m
	Araç Yüksekliği (A)	3,05 m
Tekerlek		
	Tekerlekler (Ebat/Adet)	315 / 80 R 22.5, 10+1
Motor	Motor Gücü	184 kW (247 hp)
	Yüklü Ağırlıkla Azami Hız	98 km/saat
	Tırmanma Yeteneği (%)	>35
Dişli Kutusu	Marka/Model	ZF 9 S 109 DT
	Vites Adeti	9 ileri senkromeçli, 1 geri
Tanker	Su Kapasitesi	6000 litre
	Köpük Kapasitesi	200 litre

OGM yangın sezonu (1 Mayıs - 30 Ekim) sürecinde yangınla mücadele çalışmalarında kullanılmak üzere her yıl çeşitli sayıda Rus yapımı “Mil Mi-8MTV-1” model helikopter kiralamaktadır. Ayrıca, “Mil Mi-17 Hip-H” model bir helikopter, OGM ile Jandarma Genel Komutanlığı arasında yapılan protokol çerçevesinde orman yangınları ile mücadele amacıyla kullanılmaktadır. Bu helikopter, gövde altına yerleştirilen su taşıma haznesi ile 2,5 ton su taşıyabilmektedir ve toplam 20 kişi taşıma kapasitesine sahiptir. Maksimum havalanma ağırlığı, motor gücü ve maksimum uçuş hızı sırası ile 13000 kg, 2200 hp ve 220-230 km/saat’tir (Akay ve ark., 2008c) (Şekil 1.8).



Şekil 1.8 : Yangın sezonu için kiralanan Mil Mi-8MTV-1 tipi helikopter

1.2.2 Yangın emniyet yol ve şeritleri

Yangın emniyet yol ve şeritleri yangının yayılmasını engellemek amacıyla, yangın çıkmadan önce doğal ve yapay engellerden yararlanılarak inşa edilen, çıplak veya örtülü tesislerdir (Erdaş, 1997). Orman yangınlarına karşı en güvenilir koruyucu yöntem yanıcı maddelerin yangın tehlikesinin fazla olduğu ve yangına hassas bölgelerde tamamen temizlenmesidir. Alanın tamamen temizlenmesinde maliyet yüksek olacağından uygulamada daha çok yanıcı maddelerin küçük alanlarda temizlenmesi önem kazanmıştır. Bu kapsamda inşa edilen yangın emniyet yol ve şeritleri genellikle dört amaca hizmet eder (Erdaş, 1997):

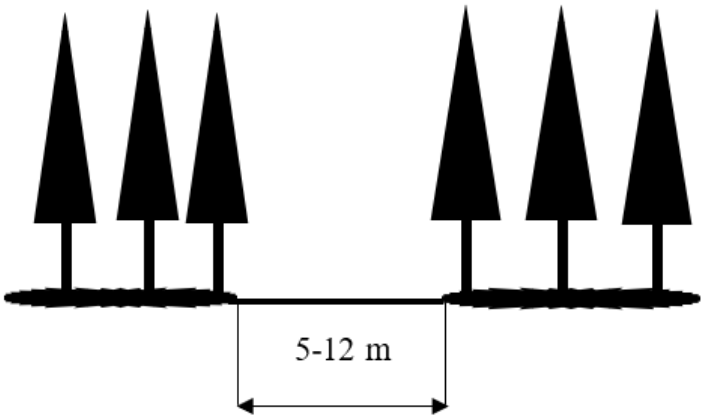
- Yangınla mücadelede savunma hattı oluşturmak
- Karşı ateş için uygulama alanı sağlamak
- Mekanik yangın engeli (direkt engel) teşkil etmek
- Ulaşım sağlamak

Yangın emniyet yol ve şeritleri, örtü yangınının yayılmasını engelleyerek, yangınların küçük alanlar içinde kalmasını ve yangın maliyetinin en aza indirilmesini sağlamaktadırlar (Erdaş, 1997). Yangın emniyet yol ve şeritlerinin planlama esasları OGM tarafından hazırlanan 285 sayılı tebliğde açıklanmaktadır (OGM, 1995).

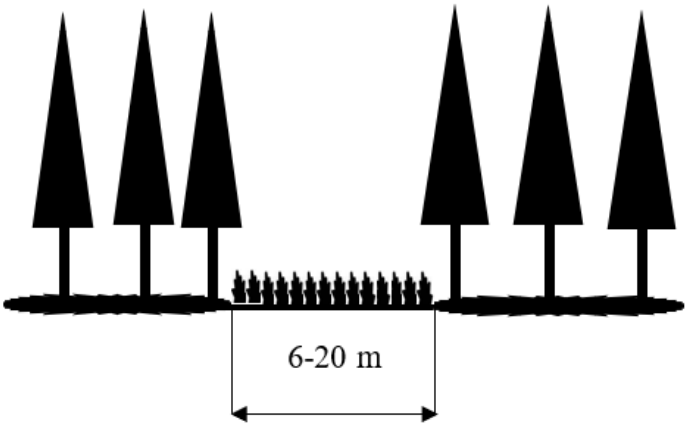
1.2.2.1 Yangın emniyet yolları

Yangın emniyet yollarının orman idaresi tarafından yangınları önlemek amacıyla en çok beş yılda gerçekleştirilecek bir plan ve program dahilinde tesis edilmesi yasa ile zorun hale getirilmiştir (Bilici, 2008). Yangın emniyet yolları çıplak yangın emniyet

yolları ve yeşil yangın emniyet yolları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Üzerinde yanabilen bitki örtüsünün tamamen kaldırıldığı yollar çıplak yangın emniyet yolları olarak isimlendirilir. Çıplak yangın emniyet yollarının genişlikleri genellikle 5–10 m (ortalama 6 m) arasında değişmektedir (Şekil 1.9). Yeşil yangın emniyet yolları, yangın sezonu boyunca üzeri sürekli ot ile kaplı ve 6–20 m genişliğindeki yollardır. Otlu yangın emniyet yolları da denilen bu yollarda hayvanlar otlatılabilmektedir (Erdaş, 1997) (Şekil 1.10).



Şekil 1.9 : Çıplak yangın emniyet yolunun gösterimi

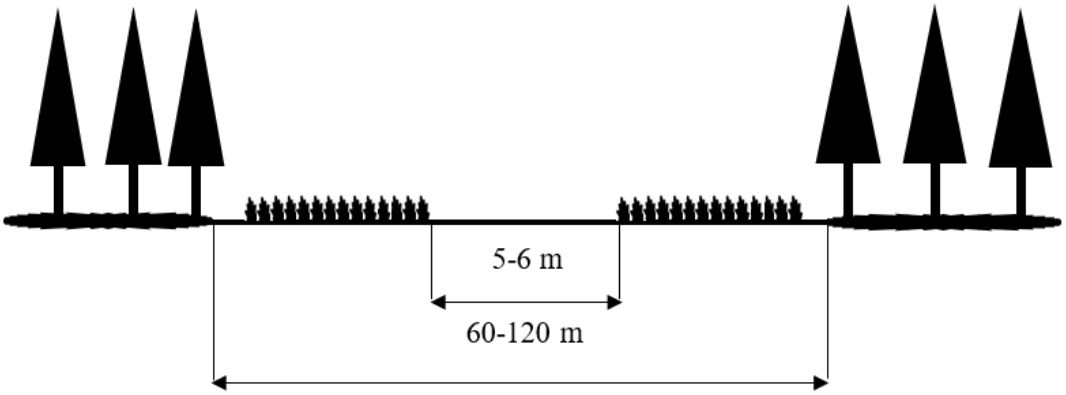


Şekil 1.10 : Yeşil yangın emniyet yolunun gösterimi

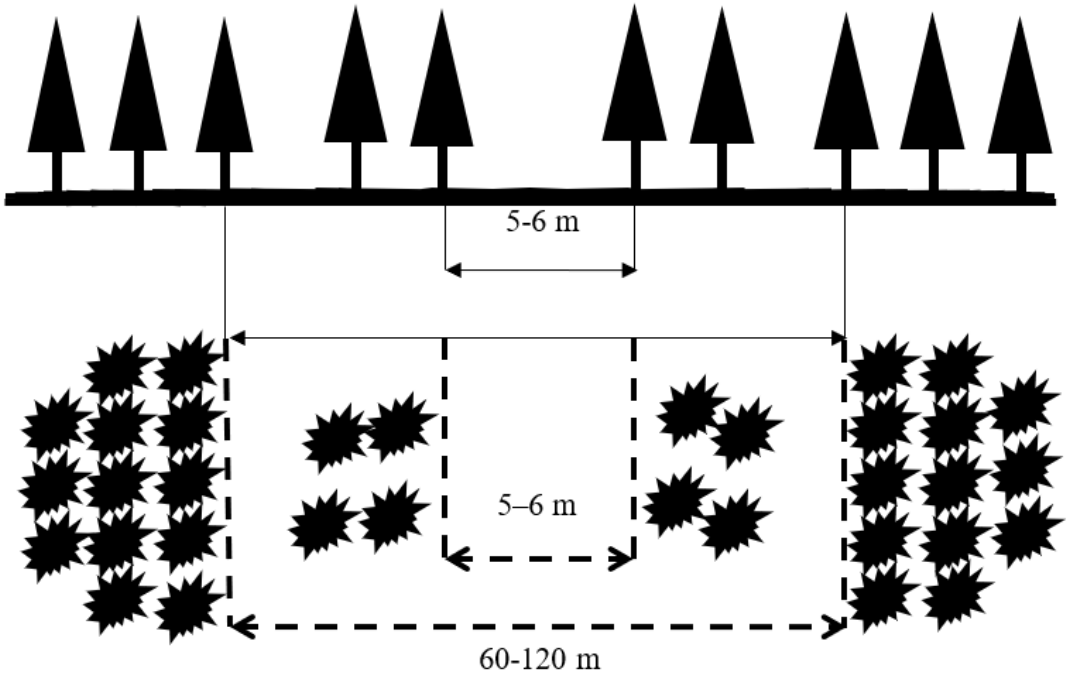
1.2.2.2 Yangın emniyet şeritleri

Çıplak yangın emniyet yolu ve yeşil alanların (ot, çayır veya orman) birleşmesinden meydana gelen yangın emniyet şeritleri daha geniş (60–120 m) bir yangın engelini teşkil ederler (Erdaş, 1997). Yangın emniyet şeritleri açık yangın emniyet şeritleri ve gölgeli yangın emniyet şeritleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Açık yangın emniyet şeritlerinde, çıplak yangın emniyet yollarının iki tarafında ot veya çayırdan oluşan yeşil bir örtü yer almaktadır (Şekil 1.11). Çıplak yangın emniyet yollarının iki yanında

yer alan ağaçların aralanması ve alt dallarının budanması ile gölgeli yangın emniyet şeritleri elde edilir (Erdaş, 1997) (Şekil 1.12).



Şekil 1.11 : Açık yangın emniyet şeritleri



Şekil 1.12 : Gölgeli yangın emniyet şeritleri

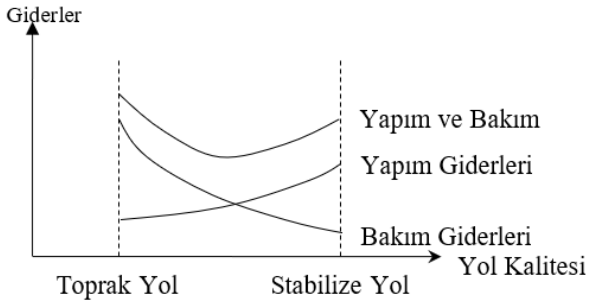
1.2.3 Orman yolları

Orman yolları, ormancılık çalışmalarında üretim, bakım ve koruma gibi birçok faaliyetin gerçekleştirilmesine imkan sağlamaktadır. Erdaş (1986)'a göre orman yolları, ormanların işletmeye açılmasına hizmet eden, lastik tekerlekli araçların yıl boyunca nakliyat yapmasına yönelik, orman içi ile orman dışı bağlantıyı sağlayan tek şeritli yollar olarak tanımlanmaktadır. Orman yolları kara yolu gibi kullanılmasına rağmen teknik, ekonomik ve orman ürünlerinin taşımacılığı yönünden diğer kara

yollarından farklılıklar göstermektedir. Bu farkların başında, orman yollarının geometrik boyutlarının daha küçük olması, yol yapım ve bakım giderlerinin düşük olması ve yol yapım ve bakım giderleri ile sürütme giderleri arasında bir dengeyi gerektirmesi gelmektedir (Erdaş, 1997). Ayrıca, orman yollarının planlanmasında ve yapımında ekonomik olma koşullarının yanı sıra doğaya uygunluk ve emniyet koşullarının da dikkate alınması gerekmektedir (Hasdemir ve Demir, 2001). Farklı kullanım alanlarına hizmet eden orman yollarının ana görevleri şu şekilde sıralanabilir (Potocnic, 1996; Erdaş, 1997):

- Ormancılık faaliyetlerini (ekim, dikim, üretim, ağaçlandırma, koruma) gerçekleştirmek üzere gerekli malzeme ve personelin taşınması,
- Orman içi köyler arasında ulaşımın sağlanması,
- Orman içi dinlenme (barınak) ve avlanma tesislerine (av köşkleri, avlaklar) ulaşım,
- Orman içindeki av ve yaban hayvanı üretim yeri ve istasyonlarına ulaşım,
- Orman içi turistik yerlerin rekreasyonel ve spor amaçlı ulaşıma açılması,
- Yurt savunması amaçlı ulaşım imkanı sağlaması.

Ormancılık uygulamalarının aksamadan sürdürülebilmesi için orman yollarının amenajman ve silvikültür planlarına uygun yapıda olması gerekmektedir. Orman ürünlerinin en az masrafla (sürütme ve taşıma) son depoya ulaştırılabilmesi için yeteri kadar uzunlukta ve sıklıkta bir orman yolu ağı tesis edilmelidir. Orman yol ağı ormanın tüm bölme ve bölmeciklerinin içinden veya yakınından geçecek ve ormanın her köşesinden yararlanmaya imkan sağlayacak şekilde tesis edilmesi gerekmektedir (Erdaş, 1997). Bir orman alanına tesis edilecek bir yol ağında yolların tümünün aynı standartta olması uygun değildir (Erdaş, 1983). Düşük standarttaki yollarda yapım giderleri düşük ve bakım giderleri yüksektir. Buna karşılık, yüksek standarttaki yollarda ise yapım giderleri yüksek ve bakım giderleri düşüktür. Ekonomik koşullar ve orman yollarının fonksiyonları dikkate alındığında, yol ağının düşük ve yüksek standartlı yolların bir karışımı olmasına dikkat edilmelidir (Erdaş, 1997) (Şekil 1.13).



Şekil 1.13 : Yol kapasitesine göre yapım ve bakım giderlerinin değişimi (Erdaş, 1997)

Ülkemizde, 1964 yılında orman yol ağı planlarının yapımına başlanmış ve 2007 yılı sonunda düzeltilmiş planlamada ülkemiz ormanlarının yol ihtiyacı 210.000 km olarak ifade edilmiştir (OGM, 2010b). Her türlü ormancılık hizmetlerinin yerine getirilebilmesi için yeni orman yollarının yapımı kadar mevcut orman yollarının standartlara uygun hale getirilmesi oldukça önem taşımaktadır. Orman yollarının ulaşıma elverişli hale getirilebilmesi için ayrıca üst yapı ve sanat yapılarının tamamlanması gerekmektedir. Çizelge 1.6'da 2005-2009 yılları arasında yapılması planlanan ve yapılan mevcut yol durumları yer almaktadır (OGM, 2010b).

Çizelge 1.6 : 2005-2009 yılları arasında yapılması planlanan ve yapılan mevcut yollar (OGM, 2010b)

Planlanan Yapılar	Birim	2006		2007		2008		2009	
		Plan	Yapılan	Plan	Yapılan	Plan	Yapılan	Plan	Yapılan
Orman Yolu	km	1000	1000	1400	1400	1600	1600	1400	1316
Üst Yapı	km	1200	1153	1200	1144	1200	1184	1200	819
Sanat Yapısı	km	2000	1747	2000	1809	2000	1801	2000	1482
Büyük Onarım	km	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	964
Yangın Emniyet Y.	km	254	162	265	216	570	336	600	365

1.2.4 Orman yol tipleri

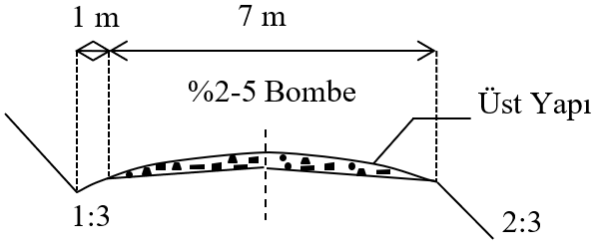
Orman yolları bir yılda üzerlerinden taşınacak emval miktarlarına, yapılış gayelerine, trafik yoğunluğuna, seyir halindeki araçların büyüklüğüne ve tonajlarına bağlı olarak değişik yol tiplerine ayrılmıştır (Erdaş, 1997). Orman yolları ana orman yolları, tali orman yolları (A-Tipi tali orman yolu ve B-Tipi tali orman yolu) ve traktör yolları olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır (OGM, 1984). Orman yolu tipleri değişik fiziksel (geometrik) standartlara (eğim, kurp yarıçapı, üst yapı durumu) ve hizmet standartlarına (taşıma hızı, taşıma zamanı, taşıma masrafı) sahiptir (Seçkin, 1984). Çizelge 1.7'de orman yollarının tiplerine göre geometrik standartları gösterilmektedir.

Çizelge 1.7 : Orman Yolarının Geometrik Standartları (OGM, 1984; Bilici, 2008)

Geometrik Standartlar	Birim	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu		Traktör Yolu
			A-Tipi	B-Tipi	
Platform genişliği	m	7	6	4	3,5
Şerit sayısı	adet	2	1	1	1
Maksimum eğim	%	8	10	12	20
Minimum kurp yarıçapı	m	50	35	12	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3
Banket Genişliği	m	0,5	0,5	0,5	-
Hendek genişliği	m	1	1	0,5	-
Düşey Kurp Görüş Mesafesi	m	120	90	75	-
Üst Yapı Genişliği	m	6	5	3	-
Proje Hızı	km/sa	45	35	25	-
Köprü genişliği	m	7+(2x0.6)	6+(2x0.6)	5+(2x0.6)	-

1.2.4.1 Ana orman yolları

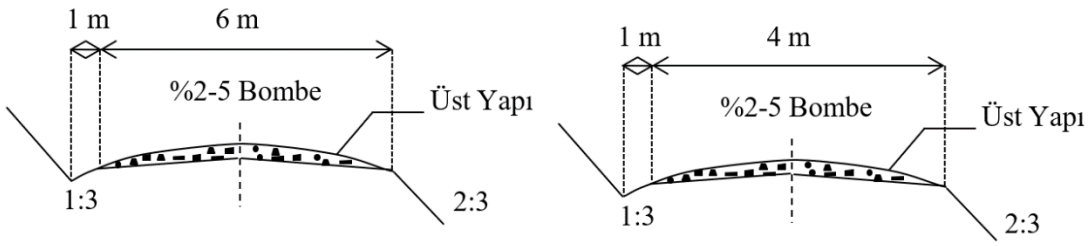
OGM'den alınacak özel izinle inşa edilebilen ana orman yollarında güzergâh ana dereleri takip eder ve üzerinde taşınacak emval miktarının bir yılda 50.000 m^3'den fazla olması gerekmektedir. Geometrik standartları Çizelge 1.7'de verilen ana orman yollarında standart trafik işaretlerinin bulundurulması zorunludur (Erdaş, 1997) (Şekil 1.14).



Şekil 1. 14 : Ana orman yolu standart profili (Erdaş, 1997)

1.2.4.2 Tali orman yolları

Tali orman yolları A-Tipi ve B-Tipi tali orman yolları olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 1.15). Tali orman yollarının geometrik standartları Çizelge 1.7'de gösterilmiştir. Ana dere yolları olan A-Tipi tali orman yollarının inşası için OGM'den özel izin alınması ve üzerinde taşınacak emval miktarının bir yılda 25.000-50.000 m^3 arasında olması gerekmektedir. B-Tipi tali orman yollarında ise taşınacak emval miktarı bir yılda 25.000 m^3'den daha azdır (Erdaş, 1997).

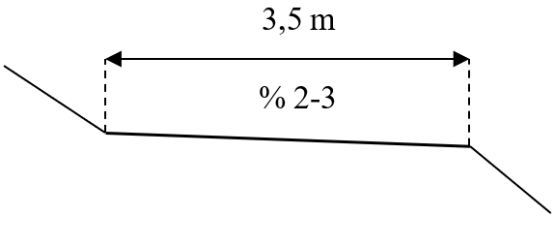


Şekil 1.15 : A-Tipi (sol) ve B-Tipi (sağ) tali orman yollarının profilleri (Erdaş, 1997)

Yolların geometrik standartları, üretim ve nakliyat mevsimi, taşınacak ürünün cinsi, arazi özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Örnek olarak, ters taşımada eğim 1000 m'ye kadar %9, 1000 m'den daha fazla mesafede %**7** olarak belirlenmektedir (Bilici, 2008). Arazi yamaç eğiminin %75'in üzerinde olduğu durumlarda ve uzun mesafede som ve sert kaya olması halinde, yol platformu 3 m ve hendek genişliği 0,50 m alınmaktadır (Erdaş, 1997).

1.2.4.3 Traktör yolları

Mekanik üretim sistemlerinin kullanılmadığı üretim alanlarında sürütülerek dere içlerinde belirli bir rampada toplanan orman ürünlerinin, mevcut yollara sürütülmesinin olanaksız olduğu koşullarda, sadece sürütülen bu orman ürünlerini bölmeden çıkarmak amacıyla yapılan geçici yollara traktör yolları denir (Erdaş, 1997). Geometrik standartları Çizelge 1.7'de verilen traktör yollarında, yokuş aşağı taşımada maksimum eğim %18, yokuş yukarı taşımada ise %12 olmalıdır. Yeterli drenajın sağlanması için traktör yollarında yol platformu dere tarafına %2-3 eğimli olmalı, yol seksiyonları 1 km'den daha uzun olmamalı ve üst yapı bulundurulmamalıdır (Erdaş, 1997) (Şekil 1.16).



Şekil 1.16 : Traktör yolu kesiti (Erdaş, 1997)

1.2.5 Üst yapı malzemesi yönünden orman yol tipleri

Üst yapı malzemesi yönünden orman yolları; toprak yollar, stabilize yollar, asfalt kaplamalı yollar ve beton yollar olmak üzere dört grupta incelenmektedir. Bunlar

arasında ülkemizde beton yolların ormancılıkta kullanım alanı oldukça sınırlıdır (Erdaş, 1997).

1.2.5.1 Toprak yollar

Toprak yollar üst yapı malzemesi yönünden en düşük tipte yol yapısına sahiptir. Üst yapı malzemesi bulundurmadığından, taşımacılıkta önemli rolü olmayan ve tesviye yüzeyi platform olarak kullanılan bu tip yollar ham yol olarak da tanımlanmaktadır (Şekil 1.17).



Şekil 1.17 : Toprak yol görüntüsü

1.2.5.2 Stabilize yollar

Yolların alt ve üst yapısı, iklim koşulları (yağış, donma vb.) nedeni ile yol zemininde meydana gelen değişikliklerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu sorunların ortadan kaldırılabilmesi amacıyla stabil olmayan zeminlerin stabil hale getirilmesine stabilizasyon denir (Erdaş, 1997). Stabilize orman yolları, mekanik, kireçle, çimento ile veya bitümlü maddelerle zemin stabilizasyonu sağlanan yollardır (Şekil 1.18).



Şekil 1.18 : Stabilize yol görüntüsü

1.2.5.3 Asfalt kaplama yollar

Yollarda özellikle yüzey sularının ve yatay ve kesme kuvvetlerinin olumsuz etkilerine karşı yol temel tabakasının korunması amacıyla genellikle hidrokarbonlu karışımlardan oluşan bir kaplama tabakası kullanılmaktadır. Ülkemizde, kaplama tabakası içinde bir tabaka veya iki tabaka hidrokarbonlu yüzeysel kaplama ya da beton asfalt gibi değişik şekillerde hidrokarbonlu bağlayıcıların kullanıldığı yollara asfalt kaplamalı yollar denilmektedir (Erdaş, 1997) (Şekil 1.19).



Şekil 1.19 : Asfalt kaplama yol görüntüsü

1.2.6 Orman yangınlarında CBS tekniklerinin kullanımı

Günümüzde orman yangınları ile mücadele yangından önce yapılan planlama ve koruma faaliyetleri ile başlamaktadır. Yangınlarla mücadele için ayrılan kaynakların en etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılması çok önemlidir. Gelişmiş teknolojilerin yangın ile mücadelenin her aşamasına entegre edilmesi kıt kaynakların verimli şekilde kullanılması açısından giderek artan bir önem taşımaktadır (Küçük ve Bilgili, 2006). Özellikle hızla gelişmekte olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri, geniş alanlara ait farklı verilere kısa süre içinde ulaşma ve değerlendirme imkanı sağlaması açısından orman yangınları ile mücadelede her türlü planlamanın etkin olarak uygulanmasında önemli potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Orman yangınları ile mücadelede CBS ve UA teknikleri kullanılarak, yangınlarla ilgili önceden tahmin ve erken tespit, modelleme, yangın oluşumu, yangın organizasyonu ve yangın sonrası hasar tespit çalışmaları yapılabilmektedir. (Erten ve ark., 2005).

Orman yangınlarında CBS gibi karar destek sistemlerinin kullanılması, planlama, yönetim ve karar verme aşamalarından oluşan yangın organizasyonlarının başarısını

ve maliyetini etkileyen önemli bir faktördür (Bilgili ve ark., 2001). CBS teknolojisi sayesinde sadece yangın anında değil aynı zamanda yangın öncesi ve sonrasında yapılacak çalışmalar için gerekli bilgilere hızla ulaşmak ve analiz etmek daha kolay ve ekonomik olmaktadır (Küçük ve Bilgili, 2006).

Ülkemizde, OGM tarafından orman yangınlarına hızlı ve etkin müdahale etmek ve yangına en kısa sürede ulaşmak için CBS tabanlı Orman Yangın Yönetim Sistemi (OYBS) geliştirilmiştir (Ün, 2009). Bu sistem sayesinde yangınla mücadelede kullanılan araçların konumları gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve gerektiğinde yönlendirilebilmektedir. Ayrıca, CBS ortamında Ağ Analizi yöntemi kullanılarak devam eden bir yangın sırasında ilk müdahale ekiplerinin yangın alanına en kısa sürede nerden ulaşabileceği belirlenebilmektedir.

OYBS kapsamında, CBS verilerini (Sayısal Arazi Modeli, yanıcı madde, rüzgar hızı ve yönü, nem, sıcaklık vb.) işleyen programlar kullanılarak yangının belirli süre içinde nerelere yayılabileceğini belirlemek amacıyla yangın modelleri üretilebilmektedir (Ün, 2009). Ayrıca, ormanlık alanların yangın potansiyellerinin belirlenebilmesi için yangın hassasiyet, tehlike ve risk haritaları üretilebilmektedir. Oluşturulan bu haritalar üzerinden Sayısal Arazi Modeli (SAM) yardımı ile yangın kulelerinin yapılacak görünürlük analizleriyle yangına hassas bölgelerden ne kadarını gördüğü hesaplanabilir ve bu sayede kulelerin optimum noktalara konuşlandırılabilmesi sağlanabilmektedir.

Orman Yangın Bilgi Sistemi'nde (OYBS) oluşturulan veri tabanı, yeni veri girişleriyle sürekli güncellenerek dinamik bir bilgi arşivi olacaktır. Böylece, CBS teknolojisi güncel bilgilere hızlı ulaşım sağlanabildiği gibi geçmiş bilgiler üzerinden kontrol analiz ve değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlayacaktır. Sonuç olarak gerekli bilgiye istenildiği anda ulaşmak ve istenilen formatta rapor oluşturmak mümkün olmaktadır.

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, orman yangınlarıyla mücadele için ayrılan kaynakların verimli olarak kullanılması ve yangınla mücadelenin etkin bir şekilde yapılabilmesi için CBS tabanlı bir karar destek sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda orman yangınları açısından riskli alanların belirlenebilmesi için CBS araçları kullanılarak

ağaç türü ve çağları, kapalılık, eğim ve bakı gibi kriterler ışığında risk haritası oluşturulmuştur. Orman yangınlarıyla mücadelede bir yangını en erken zamanda tespit etmek kritik öneme sahiptir. Bu amaçla hakim noktalarda konuşlandırılan yangın gözetleme kuleleri çok önemlidir. Bu kulelerde 7 gün 24 saat esasına göre bulunan personel vasıtasıyla yangınlar tespit edilerek yangın noktasına ilgili ekipler sevk edilmektedir. Çalışmamızda mevcut yangın gözetleme kuleleri CBS teknikleri ile görünürlük analizlerine tabii tutulmuş ve yangın açısından riskli olan mıntıkalardan ne kadarına hakim oldukları irdelenmiştir. Ayrıca Çalışmada bölgede bulunan yangın gözetleme kulelerinin sayılarının ve konumlarının yeterliliği ortaya konulmuştur. Tespit edilen bir yangına sevk edilecek ekiplerin hızlı ve güvenli ulaşımını sağlayacak güzergahın belirlenmesi yangına etkin ve güvenli müdahale açısından kritiktir. Özellikle büyük yangınlarda bölge dışından gelen ve yöreye yabancı olan destek ekiplerinin etkin bir şekilde sevk ve idare edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla modern yöntemlerden ağ analizi kullanılarak CBS tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çözüm aşamasında, çalışma alanında son 50 yılda çıkan yangınlar ve mevcut ilk müdahale ekibi dikkate alınarak, yangın alanlarına ulaşımı sağlayacak güzergahlar sorgulanmış ve en kısa ulaşım süresini sağlayan optimum güzergahlar belirlenmiştir. İlk müdahale ekibinin personel sayısı ve ekipmanın yangınla mücadele için yeterli olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca, yangın sahasına ulaşımı sağlayan optimum güzergâh üzerinde yolların yangın veya diğer nedenlerle ulaşıma kapanması ihtimali göz önünde bulundurularak, bazı engeller yerleştirilmiş ve bunlar optimum güzergâh seçiminde değerlendirme dışı bırakılmıştır. Böylece yangın alanına sadece en hızlı değil aynı zamanda en güvenli güzergahın belirlenmesi hedeflenmiştir.

Arazi çalışmalarında, uygulama alanı olarak Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı ve I. dereceden yangına hassas ormanlık alanlar içeren Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde Yayla Orman İşletme Şefliği seçilmiştir. Bu Şeflikte 1 adet (Yayla) ilk müdahale ekibi bulunmaktadır. Komşu şeflik sınırlarında bulunan 2 adet (Tarlabaşı Depo, Reşadiye) ilk müdahale ekibi de çalışmaya dahil edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Başaran ve ark. (2007) bir çalışmalarında geçmiş yıllara ait yangın verileriyle birlikte meteorolojik veriler kullanılarak yangın risk ve tehlike haritası oluşturulmuşlardır. Çalışma alanı olarak Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk alanı seçilmiştir. 1978-2004 yılları arasındaki yangın verileriyle 1980-2000 yılları arasındaki meteorolojik verilerin kullanıldığı çalışmada verilerin analizinde CBS metotları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yangın riski ve tehlikesi açısından genel olarak Antalya bölgesi sahil şeridinin yüksek risk taşıdığı, yangın tehlikesi açısından da benzer bir durum olduğu görülmüştür. Serik bölgesinin en yüksek yangın riski ve tehlikesine sahip olduğu saptanırken Elmalı, Akseki ve Korkuteli bölgelerinin en düşük yangın risk ve tehlikesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Özelkan (2008), bir çalışmasında yüzey şekilleri ve arazi yapısından dolayı orman yangınına müdahalenin çok zor olduğu sahalarla ilgili yangın risk haritası oluşturmuştur. Böylece çeşitli sebeplerle yangına müdahalede güçlük çekilen sahalarda yangın risk haritası oluşturmanın faydalarının ortaya konması amaçlanmıştır. Antalya'nın Kaş ilçesine bağlı Kasaba köyü civarında Kıbrıs Çayı Kanyonunda 28 Ağustos 2006 tarihinde yanan alan çalışma sahası olarak belirlenmiştir. 3D Analiz (3D Analyst) metoduyla sayısal arazi modeli oluşturulan sahanın uzaktan algılama metoduyla (kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma algoritmaları) arazi sınıflandırması yapılmıştır. Son aşamada belirlenen risk sınıfları (bitki örtüsü, yükselti, eğim, bakı, yola uzaklık ve yerleşim yerlerine uzaklık) CBS'de 3D analiz ve uzaktan algılamada NDVI (normalized difference vegetation index) metotları kullanılarak yangın risk haritası oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda oluşturulan risk haritası incelendiğinde, yangının çıktığı Kıbrıs Çayı Kanyonunun daha çok orta ve yüksek riskli alanlardan oluştuğu görülmüştür. Özellikle arazi yapısının müdahaleyi oldukça zorlaştırdığı mıntıkalarda yangın risk haritalarının orman yangınlarıyla mücadele organizasyonu planlamasında yangına erken ve etkin müdahale açısından çok önemli bir araç olduğu ortaya konulmuştur.

Asri ve ark. (2015) belirli bir bölgede daha önce çıkmış orman yangınlarıyla birlikte yangın risk sınıflarını değerlendirerek yangın risk haritası oluşturmuştur. Çalışma

alanı olarak Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahaları seçilmiştir. Bu çalışmada topografya, rüzgar, nem, sıcaklık ve coğrafi konumla ilişkili yükseklik, bakı ve eğim gibi orman yangınları üzerinde etkili olan faktörler CBS ortamında kurulan modeller aracılığıyla birlikte analiz edilip değerlendirilmişlerdir. Risk sınıfları için ayrı ayrı oluşturulan raster veri katmanları çakıştırılıp çıkmış yangınlarla ilişkilendirilerek birbirleri arasındaki etkileşim analiz edilmiş ve risk haritası oluşturulmuştur. Böylece hangi bölgelerde hangi faktörlerin daha yüksek risk oluşturduğu ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda bölgedeki ormanların dağılımının yoğun olduğu güneye bakan dağ yamaçlarında ve yine sahile yakın düşük kotlu vadilerde yangın çıkışında en etkili olan faktörün düşük nispi nem olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan sahile paralel olarak uzanan dağlık bölgelerin kuzey kesimlerinde ki yüksek düzlüklerde orman yangını çıkışında etkili faktörün ise hava sıcaklığı ve rüzgar olduğu ortaya konmuştur.

Korkmaz (2004) bir çalışmasında 0-1 tam sayılı programlama modelinin özel bir hali olan küme örüntüleme modelini kullanarak yangın gözetleme kuleleri için alternatif gözetleme noktaları tespit ederek bu noktalardan gözetlenebilen alanları belirlemiştir. Ayrıca belirlenen noktalara yangın gözetleme kulesi yapım maliyetlerini hesaplamıştır. Çalışma alanı olarak Isparta Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Isparta Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluk sahaları seçilmiştir. Çalışma sonucunda dört kulenin mevcut konumları itibariyle gözetleme işlevini yeterli düzeyde yerine getirebildiği tespit edilirken bir kulenin mevcut konumunun optimum çözümde yer almadığı saptanmıştır. Ayrıca iki noktaya daha yeni kule yapılması gerektiği anlaşılmıştır.

Akay ve ark. (2012), örnek bir bölgede konuşlandırılmış yangın gözetleme kuleleri lokasyonları açısından CBS tekniklerinden görünürlük analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak Andırın Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluk sahalarından olan Andırın, Akifiye ve Yeşilova Orman İşletme Şeflikleri seçilmiştir. Çalışma alanı içinde bulunan dört adet yangın gözetleme kulesi dikkate alınmıştır. Yapılan görünürlük analizi çalışmasıyla söz konusu yangın gözetleme kuleleri tarafından görülebilen ormanlık alanlar belirlenmiş ve kulelerin bulundukları yerler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda mevcut kuleler tarafından ormanlık alanların yaklaşık %37'sinin görülebildiği anlaşılmıştır. Ayrıca bazı alanlar yalnızca

bir kule tarafından görülebilirken bazı alanların ise iki veya üç kule tarafından görülebildiği bulunmuştur.

Ozulu ve ark. (2012) örnek çalışmalarında arkeolojik alanların güvenliklerinin nasıl sağlandığı incelenmiş bu alanların korunabilmesi için CBS analizlerinden görünürlük analizi kullanarak alternatif gözetleme kulelerinin yerlerinin belirlenmesine yönelik farklı senaryolar üzerinden değerlendirmeler yapmışlardır. Çalışma alanı olarak Çorum ili Ortaköy ve Alaca ilçelerini kapsayan 1346 km^2 alan ele alınmıştır. Analizlerde 10m kule yüksekliği, 2m hedef yüksekliği 5km yarıçap ve 360° görüş alanı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda belirlenen 10 kule değerlendirilmiş ve gözlem noktaları arasında görülemeyen sahaların olduğu tespit edilmiştir. Bu alanların vadi içleri, yüksek tepe arkasında kalan sahalar oldukları saptanmıştır. Sözü edilen görülemeyen alanların yerleşim bölgelerinde ve gözetleme alanları arasında fark edilebilecek durumda olması nedeniyle güvenlik açısından sorun teşkil etmeyecekleri düşünülmüştür. Toplam görünür alan miktarı 382,32 km^2 olarak bulunmuştur. Bu sonuç çalışma alanın %28,6'sına karşılık gelmektedir.

Akay ve Ark. (2009) örnek bir çalışmalarında orman yangınlarıyla mücadele eden arazöz ve yer ekibinin yangın sahalarına en kısa sürede ulaşabilmesi için optimum güzergahın belirlenmesi amacıyla Ağ Analizi metodunu kullanarak CBS tabanlı bir karar destek sistemi uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Çalışma alanı olarak Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı 14 Orman İşletme Şefliği seçilmiş ve oluşturulan karar destek sistemi 6 ayrı yangın harekat merkezi ile 6 ayrı potansiyel yangın sahası için uygulanmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan CBS veritabanında bulunan 1/25000 ölçekli topografik haritalar sayılaştırılmış ve ArcGIS 9.2 yazılımındaki "Georeferencing" aracı yardımıyla koordinatlandırılmıştır. Ayrıca çalışma alanı içinde bulunan yollar üç sınıfa ayrılarak (Asfalt, Stabilize ve Orman Yolu) sayısallaştırılmış ve yol veri katmanı oluşturulmuştur. Öznitelik tablolarında her bir yol seksiyonu için uzunluk (km), yol durumu (iyi, orta, kötü), araç hızı (km/saat) ve ulaşım süresi (dakika) bilgileri girilmiştir. İlk müdahale ekiplerinin konuşlandıkları 6 adet yangın harekat merkezinin koordinatları el GPS yardımıyla kaydedilerek harita üzerinde tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile ArcGis 9.2 ortamında gerçekleştirilen örnek uygulama, ilk müdahale ekiplerini en kısa sürede yangın sahasına ulaştırabilecek optimum güzergahların gerçek zamanlı olarak ve kısa sürede belirlenebileceğini göstermiştir.

Bilici (2009) bir çalışmasında orman yangınlarıyla mücadelede kullanılan orman yolları ile yangın emniyet yol ve şeritlerinin standartları ve birbirleriyle entegrasyonu üzerinde dururken aynı zamanda CBS tekniklerinden Ağ (Network) Analizi yöntemiyle orman yangınlarında erken müdahale için gerekli olan ulaşım ağını incelemiştir. Çalışma alanı olarak Gelibolu Milli Parkı belirlenmiştir. Yangın emniyet yol ve şeritlerinin bulunmadığı yol şebekesi ile yangın emniyet yol ve şeritlerinin bulunduğu yol şebekesi arasında yangına en hızlı ulaşım açısından kıyaslama yapmak amacıyla Ağ Analizi metodu kullanılmıştır. Bu metotla 10 Potansiyel yangın noktası için yapılan 30 sorgulamadan 27'sinde yangın emniyet yol ve şeritlerinin bulunduğu yol şebekesindeki güzergahın, yangın emniyet yol ve şeritlerinin dahil olmadığı yol şebekesi güzergahına göre daha kısa olduğu bulunmuştur. Ayrıca yapılan çalışmada bir sorgulama sonucunda oluşan güzergahta yolun bittiği noktadan yangın noktasına yürüme mesafesinin yangın emniyet yol ve şeritleri bulunan yol şebekesinde daha kısa olduğu ortaya çıkmıştır. Sorgulama sonuçları incelendiğinde yangın emniyet yol ve şeritlerinin orman yangınlarına erken müdahale noktasında olumlu yönde katkı yaptıkları tespit edilmiş ve orman yollarının, yangın emniyet yol ve yangın emniyet şeritleriyle birlikte planlanması gerektiği ortaya konmuştur.

Akay ve Ark. (2014) yaptıkları bir çalışmada Network 2001 programı kullanarak yangın alanına en kısa sürede ulaşımı sağlayacak optimum yol güzergahını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma alanı olarak Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki yangına birinci derece hassas Suçatı Orman İşletme Şefliği seçilmiştir. Çalışmada ArcGIS 10 yazılımı kullanılarak çeşitli veri katmanlarından oluşan bir veri tabanı geliştirilmiştir. Bu veritabanında 1/25000 ölçekli topografik haritalar, yangın hassasiyet haritası, ilk müdahale ekiplerinin koordinatları ve geçmişte meydana gelmiş orman yangınlarına ait bilgiler kullanılmıştır. Ayrıca yol ağ haritası ve potansiyel yangın alanları haritası geliştirilmiştir. Çalışma alanı sınırları dahilinde son 10 yılda çıkan orman yangınlarından dokuzu potansiyel yangın alanı olarak belirlenmiş ve bu alan içinde bulunan ilk müdahale ekibinin belirlenen potansiyel yangın alanlarına en kısa sürede ulaşımını sağlayan optimum güzergahlar belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre mevcut ilk müdahale ekibi belirlenen potansiyel yangın alanlarından altısına kritik müdahale süresi (20 Dakika) içerisinde ulaşabilmekte iken diğer üç alana ise bu süre içerisinde ulaşamamaktadır.Çalışma alanı içerisinde bulunan ilk müdahale ekibinin

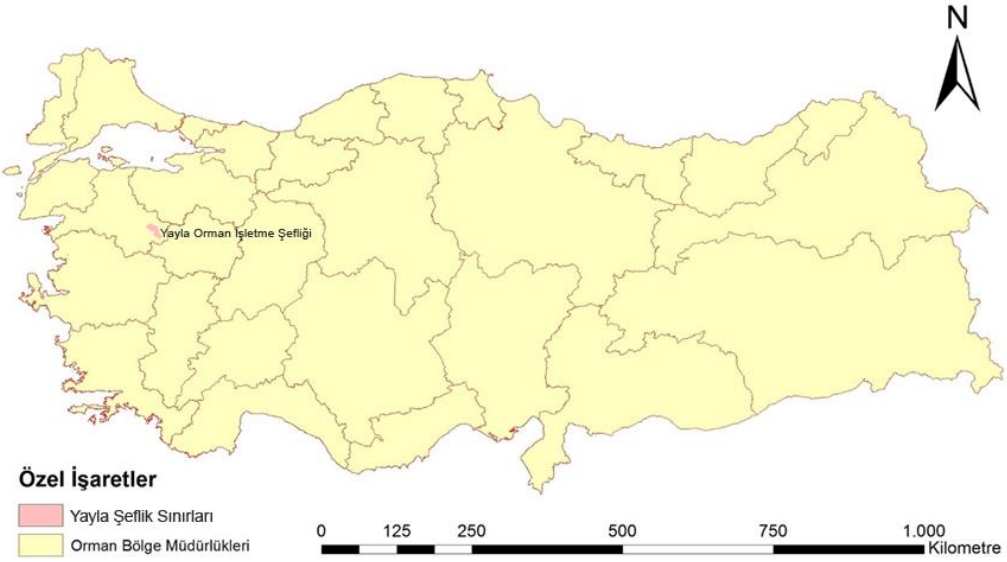
genel olarak uygun bir konumda konuşlandırıldığı belirlenmiştir. Kritik müdahale süresi içerisinde ulaşılamayan alanlara ulaşımı hızlandırabilmek için mevcut yol ağlarının geliştirilmesi ve standartlarının yükseltilmesi ile ortalama ulaşım hızının arttırılabileceği gibi alternatifler ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı

Çalışma, Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü, Yayla Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yapılmıştır. (Şekil 3.1). Alana ait orman varlığı ve ağaç serveti Çizelge 3.1'de verilmiştir. Alana hakim olan ağaç türleri Karaçam, Kızılçam, meşe ve diğer yapraklı türlerdir. Çalışma alanı yaklaşık 21 bin hektar olup 13.678 hektarı ormanlarla kaplıdır.



Şekil 3.1 : Çalışma alanının konumu

Çalışma alanı 39°32'31.21", 39°21'12.84" Kuzey enlemleri ile 28°39'30.05", 28°51'47.38" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yayla Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yaklaşık 2000 nüfusa sahip 13 adet orman köyü bulunmaktadır. Çalışma alanının orman durumunu gösteren bilgiler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Yayla Orman İşletme Şefliği'ne Ait Bilgiler

İşletme Şefliği	Koru		Baltalık		Ormanlık Alan	Ormansız Alan	Toplam Alan
	Normal (ha)	Bozuk (ha)	Normal (ha)	Bozuk (ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Yayla	8521,6	5157,0	-	-	13678,7	7270,4	20949,1

3.1.2 Kullanılan yazılımlar ve ölçüm aletleri

Yapılan çalışma kapsamında her bir yangın risk faktörü için sayısal haritaların üretilmesi, sınıflandırılması ve konumsal verilerin değerlendirilmesi amacıyla ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılmıştır. CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi yöntemi kapsamında veri girişi ve faktörlere ait sayısal veri katmanlarının sınıflandırılmasında Microsoft Excel yazılımından yararlanılmıştır. Çalışma alanı içerisinde kalan yangın gözetleme kuleleri ve yangın ilk müdahale ekiplerinin konumlarına ilişkin koordinatların belirlenmesi ile orman yol ağının sayısallaştırılması amacıyla iz kayıtlarının toplanmasında Magellan marka Explorist 610 model el GPS'i kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

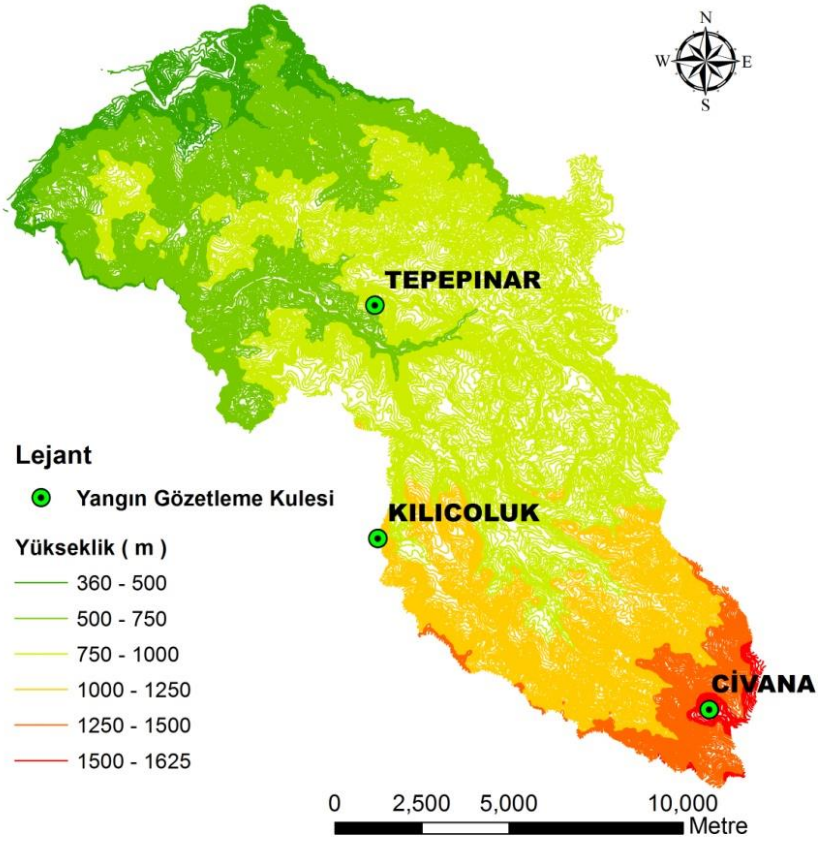
3.2.1 Veritabanı

Çalışma kapsamında ArcGIS 10.2 programıyla oluşturulan CBS tabanlı karar destek sistemi bazı sayısal veri katmanlarından meydana gelen bir veritabanına ihtiyaç duymaktadır. Bu veritabanını oluşturabilmek için 10 m aralıklı eş yükselti eğrileri, amenajman haritaları, yangın hassasiyet haritası, ilk müdahale ekiplerinin ve yangın gözetleme kulelerinin koordinatları ile geçmişte meydana gelen büyük ölçekli orman yangınlarına ait bilgiler kullanılmıştır. Elde edilen verilerle sayısal topografik haritalar, yol ağı haritası, arazi kullanım sınıfları haritası, yangın hassasiyet haritası, yangın gözetleme kulelerine ait görünürlük analizi haritası geliştirilmiştir.

3.2.1.1 Topografik harita

Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğünden eşyükselti eğrileri haritası temin edilmiştir. Çalışma alanını kapsayan 10m aralıklı eşyükselti eğrilerinden (Şekil 3.2) yararlanılarak 10m x 10m çözünürlükte sayısal arazi modeli (SAM) üretilmiştir.

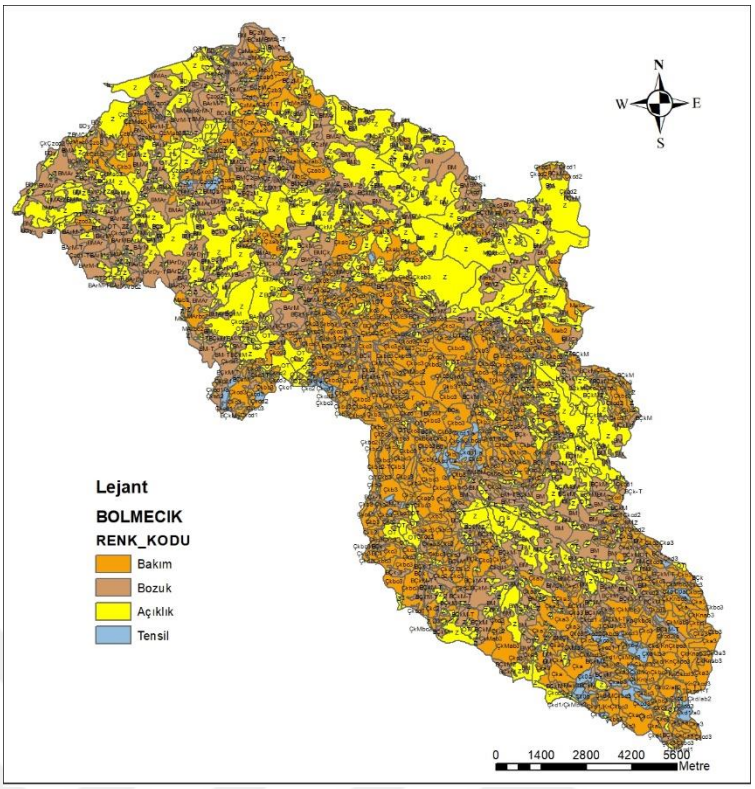
Çalışma alanı sınırlarını gösteren amenajman planına ait veri katmanı kullanılarak "Extract by Mask" özelliği yardımı ile çalışma alanına ait SAM geliştirilmiştir. Geliştirilen SAM çalışmada kullanılacak tüm topografik haritaların temelini teşkil etmiştir.



Şekil 3.2 : Çalışma alanına ait eşyükselti eğrileri haritası

3.2.1.2 Meşcere haritası

Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğünden, Yayla Orman İşletme Şefliğine ait 1/25.000 ölçekli amenajman haritası ve meşcere haritası temin edilmiştir (Şekil 3.3). Çalışma alanı sınırlarını gösteren amenajman planına ait veri katmanı kullanılarak, çalışma alanına ait ağaç türü, ağaç yaşı, kapalılık gibi veri katmanları üretilmiştir. Daha sonra, sayısal meşcere haritası kullanılarak ArcGIS ortamında, çalışma alanında yer alan arazi kullanım tipleri (orman, ziraat, orman toprağı, kayalık, yerleşim alanı, orman toprağı-kayalık ve ocaklar) sınıflandırılmıştır. Arcmap araçlarından "Extract by Mask" özelliği ile ormanlık alan içinde kalan bölgelere ait veri katmanı elde edilmiştir. Orman alanları haritası daha sonra üretilecek tüm veri katmanlarının sınırını teşkil etmiştir.



Şekil 3.3 : Çalışma alanına ait Meşcere Haritası

3.2.1.3 Yangın risk faktörleri veritabanı oluşturulması

Çalışma alanına ait sayısal meşcere ve topografik harita veritabanı kullanılarak yangın risk faktörleri veri katmanları oluşturulmuştur. Bu çalışmada risk faktörlerinden ağaç türü, kapalılık, meşcere gelişim çağları, eğim ve bakı değerlendirilmiştir. Literatürde geçen yağış, bağıl nem, rüzgâr, su kaynaklarına uzaklık gibi faktörler çalışma alanı içinde önemli bir farklılık arz etmediği için bu çalışmada değerlendirmeye alınmamıştır.

Yangın risk faktörlerinden olan Ağaç Türü için ArcGIS Toolbox'ta bulunan "Feature to Raster" aracı ile meşcere haritası veritabanında bulunan "Bölmecik" tablosundaki meşcere tipleri temel alınarak ağaç türü veri katmanı elde edilmiştir.

Orman yangınları açısından çok önemli bir faktör olarak karşımıza çıkan meşcere gelişim çağlarına ait veri katmanını oluşturabilmek için Yayla Orman İşletme Şefliği amenajman haritası temel alınmıştır. ArcMap arayüzünde bulunan "Feature to Raster" komutu kullanılarak meşcere gelişim çağları veri katmanı üretilmiştir.

Orman yangınlarını etkileyen risk faktörlerinden meşcere kapalılığı veri katmanı oluşturmak maksadıyla çalışma alanına ait meşcere haritasından faydalanılmıştır.

ArcMap arayüzünde bulunan spatial analiz araçları içindeki "Feature to Raster" komutu yardımıyla meşcere kapalılığı veri katmanı üretilmiştir.

Yangın risk faktörlerinden bir diğeri olan arazi eğimi veri katmanı, çalışma alanı için 10m x 10m çözünürlükte oluşturulan SAM temel alınarak ArcMap arayüzünde bulunan spatial analiz araçlarından "Slope" komutu kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada değerlendirilecek arazi bakısı veri katmanını oluşturulmuştur. Bu maksatla çalışma alanına ait SAM temel alınarak ArcMap arayüzünde bulunan "Aspect" komutu kullanılarak arazi bakısı veri katmanı üretilmiştir.

3.2.1.4 Potansiyel yangın alanları

Çalışma kapsamında, orman yangınlarıyla mücadele organizasyonun, geliştirilecek CBS teknikleriyle planlanabilmesi için potansiyel yangın alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü kaynaklarından yararlanılarak çalışma alanı sınırlarında son 50 yılda meydana gelmiş orman yangınları seçilmiştir (Çizelge 3.2). Daha sonra, ArcGIS 10.2 programının "ArcCatalog" modülü kullanılarak üretilen yeni veri katmanı üzerinde, seçilen orman yangınlarının yaklaşık lokasyonları işaretlenmiştir.

Çizelge 3.2 : Son 50 yılda bölgede meydana gelen orman yangınları

Sıra No	Orman İşletme Şefliği	Yanan Alan (Ha)	Çıkış Nedeni	Çıkış Yılı
1	Yayla	13.0	Nedeni Bilinmeyen	1973
2	Yayla	1.2	Nedeni Bilinmeyen	1983
3	Yayla	4.0	Nedeni Bilinmeyen	1985
4	Yayla	0.2	Nedeni Bilinmeyen	1991
5	Yayla	0.5	İhmal ve Dikkatsizlik	1992
6	Yayla	0.05	İhmal ve Dikkatsizlik	1993
7	Yayla	0.1	Nedeni Bilinmeyen	1994
8	Yayla	0.02	Nedeni Bilinmeyen	1995
9	Yayla	0.005	Yıldırım	1995
10	Yayla	0.2	Nedeni Bilinmeyen	1995
11	Yayla	0.01	Nedeni Bilinmeyen	1996
12	Yayla	0.03	Kasıtlı	1998
13	Yayla	1.0	Nedeni Bilinmeyen	1999
14	Yayla	0.1	Nedeni Bilinmeyen	1999
15	Yayla	0.1	İhmal ve Dikkatsizlik	2008
16	Yayla	8.0	İhmal ve Dikkatsizlik	2009
17	Yayla	0.2	Nedeni Bilinmeyen	2014
18	Yayla	0.06	Nedeni Bilinmeyen	2015
19	Yayla	108.0	Nedeni Bilinmeyen	2016

Yayla Orman İşletme şefliği sınırlarında mevcut bulunan ilk müdahale ekibi ve yangın gözetleme kulelerinden alınan koordinatlar ArcCatalog modülü üzerinde ayrı bir veri katmanı oluşturularak işlenmiştir.

3.2.2 Yangın risk analizi risk faktörlerinin değerlendirilmesi

Yayla Orman İşletme Şefliği sınırları dahilinde yapılacak olan yangın risk analizi için belirlenen risk faktörlerine ait veri katmanları esas alınacaktır. Bu maksatla oluşturulan veri katmanlarından olan ağaç türü veri katmanı ArcMap arayüzünde bulunan "Reclassify" komutuyla orman yangınlarına karşı en yüksek dirence sahip yapraklı türlerden başlayarak daha düşük dirence sahip tür karışımlarına ve türlere doğru devam eden 21 farklı sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 3.3).

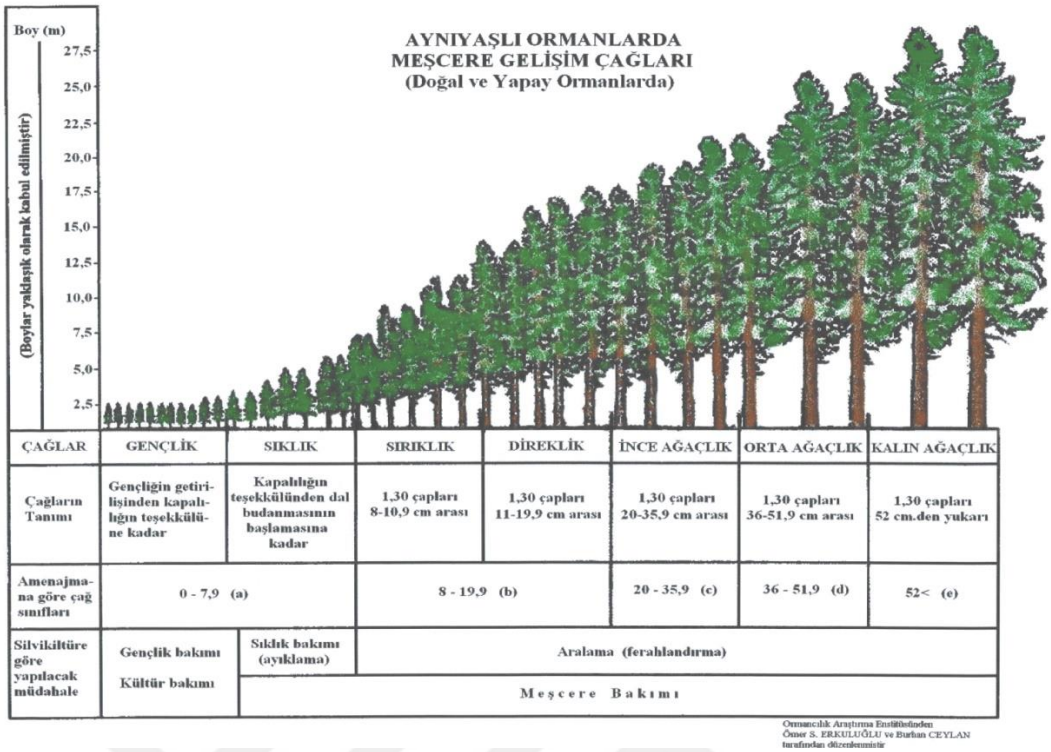
Çizelge 3.3 : Ağaç türü sınıfları

Ağaç Türü Sınıfları	Ağaç Türleri / Karışımları	Ağaç Türü Sınıfları	Ağaç Türleri / Karışımları
1	Dy	12	ArM
2	M	13	ArDy
3	KnÇk	14	ÇkM
4	ÇkG	15	ÇzM
5	ÇkDy	16	Ar
6	ÇkKn	17	Çk
7	MAr	18	ÇkÇz
8	ÇsÇk	19	ÇzÇk
9	ÇkÇs	20	ÇfÇz
10	MÇk	21	Çz
11	MÇz		

Orman yangın risk faktörleri içinde önemli bir unsur olan meşcere gelişim çağlarının değerlendirilebilmesi için bu isimle oluşturulan veri katmanı kullanılmıştır. Meşcere gelişim çağları veri katmanı ArcMap arayüzünde spatial analiz araçları içinde bulunan "Reclassify" komutu kullanılarak orman yangınları açısından en riskli olan genç meşcerelerden başlanarak nispeten daha az riskli olan yaşlı meşcerelere doğru yedi farklı sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 : Meşcere gelişim çağ sınıfları

Meşcere Çağ Sınıfları	Meşcere Çağları ve Karışımları
1	A
2	AB
3	B
4	BC
5	C
6	CD
7	D



Şekil 3.4 : Meşcere Gelişim Çağları

Bu çalışma kapsamında incelenecek olan risk faktörlerinden meşcere kapalılığı, oluşturulan veri katmanı temel alınarak değerlendirilecektir. Bu maksatla Meşcere kapalılığı haritası Yayla Orman İşletme Şefliği ormanlık alanları için daha önce belirlenen 4 farklı kapalılık derecesine göre (Çizelge 3.5) ArcGIS ortamında "Reclassify" komutu kullanılarak oluşturulmuştur. Literatüre göre orman yangın riski meşcere tepe kapalılığının artmasına paralel olarak artış göstermektedir.

Çizelge 3.5 : Kapalılık sınıfları

Kapalılık sınıfları	Tepe kapalılığı (%)	
1	0-10	Boşluklu Kapalı
2	11-40	Gevşek Kapalı
3	41-70	Orta Kapalı
4	>70	Tam Kapalı

Orman yangınları açısından önemli faktörlerden biri arazi eğimidir. Yangın risk analizinde değerlendirilmek üzere oluşturulan arazi eğimi veri katmanı kullanılacaktır. Arazi eğimi veri katmanı ArcMap arayüzünde bulunan "Reclassify" komutuyla eğim değerleri %0-5 eğim aralığından başlanarak %10 aralıklı 5 eğim sınıfına ayrılmıştır

(Çizelge3.6). Bu sınıflardan %35 ve üzeri eğime sahip alanlar orman yangınları açısından en riskli sınıf olarak belirlenmiştir. Literatüre göre yangın riski eğimle birlikte artış göstermektedir.

Çizelge 3.6 : Eğim sınıfları

Eğim sınıfları	Eğim aralıkları (%)
1	0-5
2	5-15
3	15-25
4	25-35
5	35+

Bu çalışma kapsamında yapılacak yangın risk analizinde değerlendirilecek son faktör olarak arazi bakısı belirlenmiştir. Orman yangınlarında arazi bakısı yangının ilerleme hızı ve büyümesini etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma alanına ait veri katmanı sekiz farklı bakı sınıfına ayrılmıştır. (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 : Bakı sınıfları

Bakı sınıfları	Bakı (Derece)	Bakı (Yönler)
1	0-22,5	K
2	22,5-67,5	KD
3	67,5-112,5	D
4	112,5-157,5	GD
5	157,5-202,5	D
6	202,5-247,5	GB
7	247,5-292,5	B
8	292,5-337,5	KB
9	337,5-360	K

Yayla Orman İşletme Şefliği sorumluluk alanlarını kapsayan ormanlık alanlar için bu çalışma ile yapılacak olan yangın risk analizinde kullanılacak veri katmanları raster formatta ArcGIS 10.2 ortamında ayrı ayrı kaydedilmiştir.

3.2.3 Analitik hiyerarşi yöntemiyle yangın risk analizi

Yayla Orman İşletme Şefliği ormanlık alanları kapsamında yapılacak olan yangın risk analizi için çalışma sahasına ait risk faktörleri belirlenmiştir. Yangın risk analizi çalışması Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak ArcGIS ortamında gerçekleştirilecektir. AHY'de çözüm süreci 12 aşamadan oluşmaktadır (Özden, 2008).

3.2.3.1 Problemin tanımlanması

AHY metodolojisinde ilk olarak karar verme problemini tanımlayan hiyerarşi kurulacaktır. Orman yangınları risk analizi birçok faktörün değerlendirilmesi gereken karmaşık bir problemdir. Bu çalışmada Orman yangınlarıyla mücadele organizasyonun planlanmasında CBS tabanlı karar destek sisteminin kullanımı amaçlanmıştır.

3.2.3.2 Kriterlerin tanımlanması

Yangın risk analizinin yapılmasında yangına en hassas alanların belirlenmesinde meşcere gelişim çağı, kapalılık, ağaç türü, arazi eğimi ve bakısı AHY çözüm sürecinde ana kriterler olarak belirlenmiştir. Meşcere gelişim çağları kriteri için çalışma alanına ait amenajman planında bulunan gelişim çağları dikkate alınmıştır (A, AB, B, BC, C, CD, D). Bu gelişim çağlarından AB ve B çağları ile A ve CD çağları aynı sınıf içinde değerlendirilerek 5 sınıf belirlenmiştir.

Meşcere kapalılığı kriteri belirlenirken ilgili sahaya ait amenajman planı dikkate alınmıştır. Bu kritere ait boşluklu kapalı, gevşek kapalı, orta kapalı ve tam kapalı olmak üzere 4 sınıf belirlenmiştir.

Ağaç türü kriteri oluşturulurken çalışma alanına ait ormanlık alanlarda bulunan ağaç türlerinin saf (Çz, Çk, Ar, M, Dy) ve karışım halinde (ÇfÇz, ÇzÇk, ÇkÇz, ÇzM, ÇkM, ArDy, ArM, MÇz, MÇk, ÇkÇs, ÇsÇk, MAr, ÇkKn, ÇkDy, ÇkG, KnÇk) bulunması durumu dikkate alınmıştır. Ağaç türü kriterine ait sınıflar değerlendirilirken bazı durumlarda birleştirilerek tek sınıf halinde değerlendirilmiştir (Çizelge 3.8)

Çizelge 3.8 : Oluşturulan ağaç türü sınıfları

Ağaç Türü Sınıfları	Ağaç Türleri ve Karışımları
1	Çz, ÇfÇz
2	ÇzÇk, ÇkÇz
3	Çk, Ar
4	ÇzM
5	ÇkM, ArDy, ArM, MÇz
6	MÇk, ÇkÇs, ÇsÇk, MAr, ÇkKn
7	ÇkDy, ÇkG, KnÇk
8	M, Dy

Çalışma alanına ait arazi eğimi kriteri tanımlanırken yangın riski açısından literatürde tanımlanan 5 ayrı sınıfa ayrılmıştır (%0-5, %5-15, %15-25, %25-35, %35+). Bu sınıflardan %35 ve daha fazla eğime sahip alanlar en riskli sınıflar olarak belirlenmiştir.

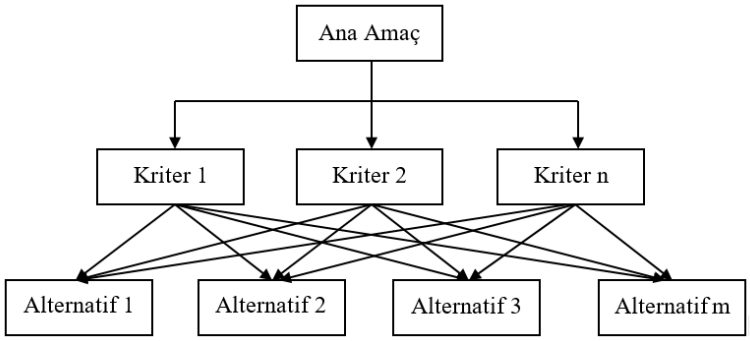
Yangın risk analizi yapılırken değerlendirilecek son kriter arazi bakısı olarak belirlenmiştir. Bu kriter 8 farklı sınıfa göre değerlendirilmiş ve bu sınıflardan kuzeydoğu, doğu, batı ve kuzeybatı birleştirilerek tek sınıf olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca güney ve güneybatı sınıfları da birleştirilerek tek sınıf altında değerlendirilmiştir.

3.2.3.3 Alternatiflerin belirlenmesi

Çalışma kapsamında bulunan ormanlık alanların yangınlara karşı hassasiyet düzeylerinin belirlenmesi maksadıyla en yüksek yangın riski taşıyan alanlardan başlanarak en az risk taşıyan alanlara doğru farklı risk grupları değerlendirilmiştir.

3.2.3.4 Hiyerarşik yapının oluşturulması

Hiyerarşik yapıda sistemi oluşturan bütün bileşenlerin işlevsel ilişkileri ve etkileri ortaya konulmaktadır (Saaty, 1980). Hiyerarşik yapıyı meydana getiren bileşenlerin her bir kümesi farklı bir hiyerarşi düzeyini tanımlamaktadır. Hiyerarşi modelinin en üst düzeyinde ulaşılmak istenen ana amaç, bu amacın altındaki düzeyde amaca ulaşmayı sağlayan kriterler ve en alt düzeyde de alternatifler bulunmaktadır. Şekil 3.5'te örnek bir AHY modeli görülmektedir. Hiyerarşik yapıda kriterlerin sayısı m, alternatiflerin sayısı ise n ile sembolize edilmiştir. AHY'nin bağımsızlık aksiyomu gereği aynı seviyedeki bileşenlerin birbirinden bağımsız oldukları kabul edilmektedir (Ejder, 2000). Bu çalışma kapsamında geliştirilen AHY modeli ise Şekil 3.6'da görülmektedir.



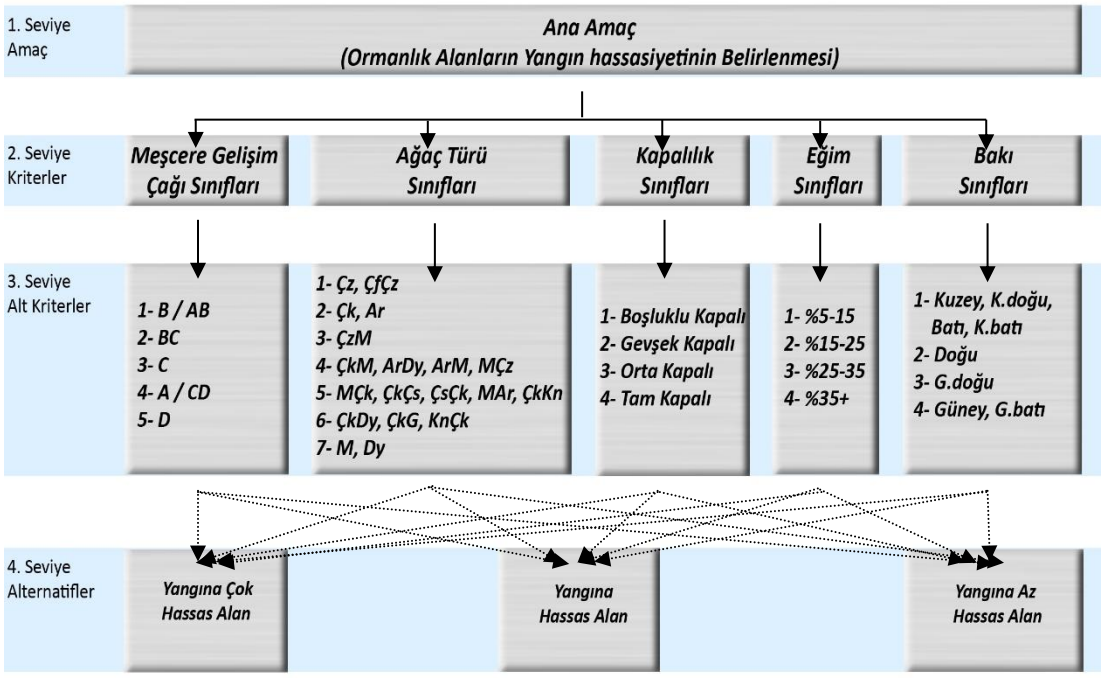
Şekil 3.5 : Örnek bir AHY modeli

3.2.3.5 Görece önem ölçeğinin belirlenmesi

Hiyerarşik yapıda herhangi düzeydeki bileşen bir üstteki düzeyin bağlı bileşeni konumunda olup, üst düzeydeki bileşen üzerinde sağladığı etki derecesi kriterler arasında ikili karşılaştırmalar sonucu belirlenmektedir. Matris şeklinde oluşturulan ikili karşılaştırmalarda kriterlerin önem derecelerinin sayısal olarak ifade edilebilmesi için görece önem ölçeği tespit edilmektedir. Bu çalışmada, Saaty (1980) tarafından geliştirilen 1-9 görece önem ölçeği kullanılmıştır. Araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılan 1-9 ölçeği, aynı zamanda en iyi sonuçları vermektedir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9 : Görece önem ölçeği

Önem Derecesi	Açıklama
1	Her iki seçenek eşit derecede önemli
3	Bir seçenek diğer seçeneğe göre biraz daha fazla önemli
5	Bir seçenek diğer seçeneğe göre kuvvetli derecede önemli
7	Bir seçenek diğer seçeneğe göre çok kuvvetli derecede önemli
9	Bir seçenek diğer seçeneğe göre kesinlikle önemli
2, 4, 6, 8	İki yakın ölçek arasında uzlaşmaya gerek duyulduğunda kullanılan ara değerler



Şekil 3.6 : Bu Çalışmaya ait AHY modeli

3.2.3.6 Karar vericilerin tercihlerinin belirlenmesi

Bu aşamada, çalışma konusu hakkında uzman kişi veya kişilerin görüşleri doğrultusunda kriterlerin her biri ikili karşılaştırmalara tabi tutulmaktadır. Görüşlerine başvurulan kişiler karar vericiler konumunda olduklarından çalışma konusu ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. AHY çalışmalarında karar vericiler birden fazla kişiden oluşabileceği gibi tek kişiden de oluşabilmektedir (Özden, 2008). Birden fazla kişinin karar verici olması durumunda, tüm tercihlerden tek bir hüküm çıkarılması tutarlılık açısından bazı sakıncalar içermektedir. Karar verici çalışma konusunda uzman tek bir kişi olduğunda ise tercihlerin belirlenmesi ve karar alınması çok daha kolay olup, daha tutarlı sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmada, kriterlerin (meşcere gelişim çağları, kapalılık, ağaç türü, eğim, bakı) yangın riski üzerindeki etkilerini ortaya koyan ampirik çalışma sonuçlarına dayanılarak, ikili karşılaştırmalar tek karar verici tarafından gerçekleştirilmiştir. Ön değerlendirmeler sonucunda gerçekleştirilen tutarlılık analizi denemeleri, ikili karşılaştırmalarda karar vericinin tercihlerinin tutarlı olduğunu göstermiştir.

3.2.3.7 Kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması

İkili karşılaştırmaların mantıklı ve tutarlı yapılabilmesi için sonucu etkileyecek kriterlerin iyi tespit edilmesi ve önem derecelerinin doğru olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada, karar vericinin belirlediği önem derecelerini gösteren sayılarla ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Örnek bir karşılaştırma matrisi Formül 1'de gösterilmiştir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bu matriste, i 'inci kriterin j 'inci kritere göre önem derecesi aij ile temsil edilmektedir. Bu durumda, j 'inci kriterin i 'inci kritere göre önem derecesi ise aji = 1/aij şeklinde gösterilmektedir.

3.2.3.8 Kriterlerin yüzde ağırlıklarının hesaplanması

Bu aşamada, kriterlerin birbirlerine göre yüzde ağırlık (önem) değerleri belirlenmektedir. Bu amaçla ilk olarak karşılaştırma matrisini oluşturan her bir sütun elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölünmek (Formül 2) suretiyle, Formül 3'deki n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulmuştur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{2}$$

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ . \\ . \\ . \\ b_{n1} \end{bmatrix} \tag{3}$$

Daha sonra, n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirilerek c_{ij} bileşenlerinden oluşan ve ikili karşılaştırmaların normalleştirilmiş halini gösteren C matrisi (Formül 4) oluşturulmuştur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \tag{4}$$

Son olarak, C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınarak (Formül 5), Formül 6'daki W sütun vektörü elde edilmiştir. W vektörü, kriterlerin birbirlerine göre yüzde ağırlık (önem) değerlerini göstermektedir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \tag{5}$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

3.2.3.9 Tutarlılık analizinin yapılması

Karar vericilerin kriterler arasında yaptığı ikili karşılaştırmaların gerçekçiliği tutarlılık analizi ile değerlendirilmektedir (Çizelge 10). Bu amaçla ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı (CR - Consistency Ratio) hesaplanmaktadır. CR oranının hesaplamasında, kriter sayısı olan n değeri ile temel değer adı verilen (l) bir katsayı karşılaştırılmaktadır. l' nın hesaplanması için ilk olarak A ikili karşılaştırma matrisi ile kriterlerin yüzde ağırlıklarını gösteren W vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü (Formül 7) elde edilmiştir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & ... & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & ... & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & ... & a_{nn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ . \\ . \\ . \\ d_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Daha sonra, Formül 8 kullanılarak, D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı bileşenlerinin bölümünden her bir kritere ilişkin e_i değişkeni hesaplanmıştır. Ardından, e_i değerlerinin aritmetik ortalaması (Formül 9) alınarak, karşılaştırmaya ilişkin temel değer katsayısı (l) belirlenmiştir.

$$e_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i}{n} \quad (9)$$

Temel değer kat sayısı (l) hesaplandıktan sonra, Formül 10 kullanılarak tutarlılık indeksi (CI - Consistency Index) değişkeni hesaplanmıştır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

Çizelge 3.10 : *RI* değerleri

n	*RI*	*n*	*RI*
1	0	7	1,32
2	0	8	1,41
3	0,58	9	1,45
4	0,90	10	1,49
5	1,12	11	1,51
6	1,24		

Hesaplanan CR değerinin 0,10'dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. CR değerinin 0,10'dan büyük olması ise ya AHY'deki bir hesaplama hatasını veya karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığı göstermektedir. Hiyerarşik yapı içindeki tüm düzeyler için tutarlılık analizi yapılmıştır.

3.2.3.10 Kriterler açısından alternatiflerin karşılaştırılması

Bu aşamada, her bir kriter açısından (meşcere gelişim çağları, kapalılık, ağaç türü, eğim, bakı) görece önem ölçeğindeki önem dereceleri dikkate alınarak yangın risk faktörleri ikili karşılaştırmalara tabi tutulmuşlardır. Daha sonra, alternatifler için kriterler açısından yapılmış ikili karşılaştırma sütun değerleri (sij) sütun toplamına (ti) bölünerek normalleştirilmiş değerler (uij) belirlenmiştir. Ardından, her kritere göre (i) alternatiflerin (j) yüzde ağırlıkları (vij) hesaplanmıştır. Bir sonraki aşamada her bir kritere göre alternatifler için tutarlılık oranları (CR<0,10) belirlenerek, karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki tutarlılığı değerlendirilmiştir.

3.2.3.11 Amaç için alternatiflerin görece önem değerlerinin hesaplanması

AHY'nin çözüm aşamasında son olarak genel amaç açısından alternatiflerin görece önem değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir alternatif için her bir kriter açısından yüzde ağırlıklar (vij) ile kriterlerin ikili karşılaştırılmalarından elde edilen yüzde ağırlıklar (wi) bire bir olarak çarpılmıştır. Son olarak, her alternatife ait bu

çarpım değerleri toplanarak, yangın risk faktörlerine göre yangın risk değerlerinin görece önem değerleri (Zj) hesaplanmıştır.

3.2.3.12 En yüksek görece öneme sahip alternatifin seçilmesi

AHY'nin karar aşaması olan bu aşamada alternatiflerin görece önem değerleri karşılaştırılarak, en yüksek Z değerine sahip olan yangın risk düzeyi belirlenmiştir.

3.2.4 Görünürlük analizi

Çalışmada yer alan 3 adet yangın kulesinin UTM koordinatlarından yararlanılarak kulelerin yerlerini gösteren veri katmanı üretilmiştir. ArcGIS Programında "Observer Points" özelliği kullanılarak görünürlük analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, yangın kulelerinin yerlerini gösteren veri katmanının öznitelik tablosuna görünürlük analizi için gerekli olan veri alanları eklenmiştir (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11 : Görünürlük analizi için gerekli olan yangın kulelerine ait veriler

Kuleler	Kule Yüksekliği (m)	Kulenin Yerden Yüksekliği (m)	Duman Görünme Yüksekliği (m)	Yatay Görüş Açısı (derece)	Görüş Menzili (m)	Dikey Görüş Açısı (derece)
Tepepınar	912	6	100	360	10000	+/-90
Civana	1622	6	100	360	15000	+/-90
Kılıçoluk	1110	6	100	360	15000	+/-90

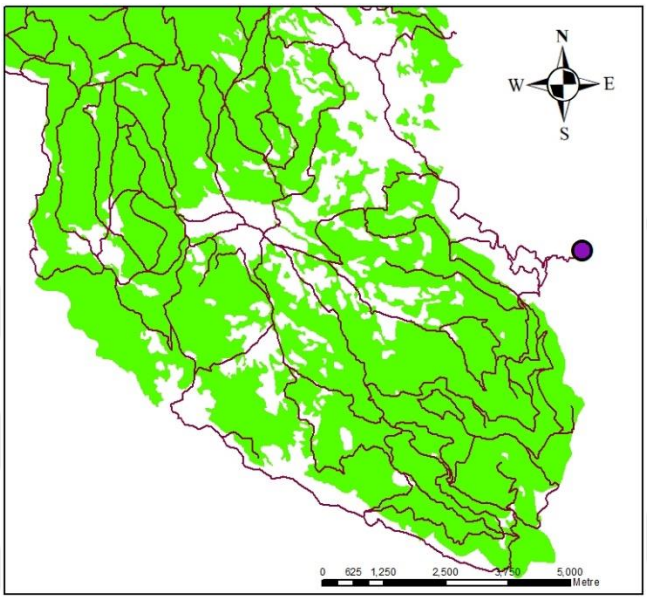
Yangın kulelerinden tüm çalışma alanının taranabilmesi için yatay görüş açısı 360º olarak kabul edilmiştir. Yangın sırasında sadece doğrudan zemindeki alevleri değil yerden yükselen dumanların da görülebilmesi için görüş yükseklikleri (Duman Görünme yüksekliği) 100 m olarak belirlenmiştir. Düşey görüş açıları + 90 derece ve – 90 derece olarak girilmiştir. Yangın kulelerinde görüş menzili sırasıyla Tepepınar kulesinde 10000 metre, Civana ve Kılıçoluk kulelerinde ise 15000 metre olarak tespit edilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında yangın kulelerinden görülebilen ormanlık alanlar belirlenmiştir. Bu amaçla görünürlük analizi ile tespit edilen görülebilir alanlarla çalışma alanlarındaki ormanlık alanları gösteren veri katmanı çakıştırılmıştır.

3.2.5 Ağ analizi yöntemi

3.2.5.1 Ağ veritabanı

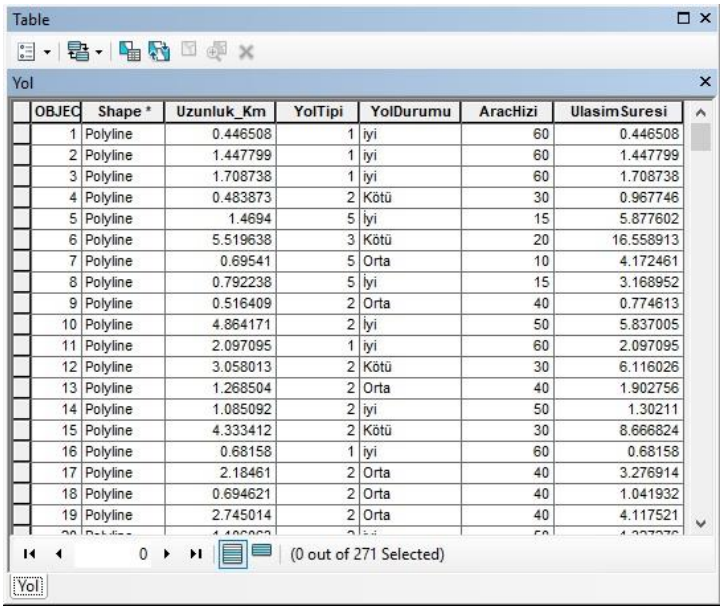
Çalışma alanına ait yol ağı haritası el GPS'i ile arazide alınan iz kayıtlarından elde edilen veriler temel alınarak geliştirilmiştir. Bu amaçla ArcGIS 10.2 programının "ArcCatalog" modülü kullanılarak vektör veri yapısı çoklu çizgi (Polyline) olan yeni bir yol veri katmanı üretilmiştir.



Şekil 3.7 : Çalışma alanının bir bölümüne ait yol ağı görüntüsü

Yangın sahasına en kısa zamanda ulaşımı sağlayacak optimum güzergahın tespit edebilmek için ilk olarak kullanılacak ulaşım aracının (ilk müdahale ekibini taşıyan arazözler) her bir yol seksiyonu üzerinde sarf edeceği ortalama ulaşım süresi belirlenmelidir. Ulaşım süresi yolun uzunluğuna ve aracın ortalama hızına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Ortalama araç hızı ise yolun tipine ve durumuna bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, yol veri katmanı Öznitelikler Tablosunda (Attribute Table) her bir yol seksiyonu için uzunluk (km), yol tipi, yol durumu (iyi, orta ve kötü), araç hızı (km/saat) ve ulaşım süresi (dakika) başlıklı öznitelik alanları oluşturulmuştur (Şekil 3.8).

Yol uzunlukları, Öznitelik Tablosu'nda Geometri Hesapla (Calculate Geometry) aracı kullanılarak bulunmuştur. Yol tipleri, çalışma alanına ait güncel bilgilere bağlı olarak asfalt kaplama yol, stabilize yol, orman yolu (B-Tipi tali orman yolu), yangın şeridi ve traktör yolu olmak üzere beş grup altında sınıflandırılmıştır. Yol durumlarının belirlenebilmesi için çalışma alanında bir dizi arazi çalışması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8 : Yol veri katmanına ait Öznitelik Tablosu

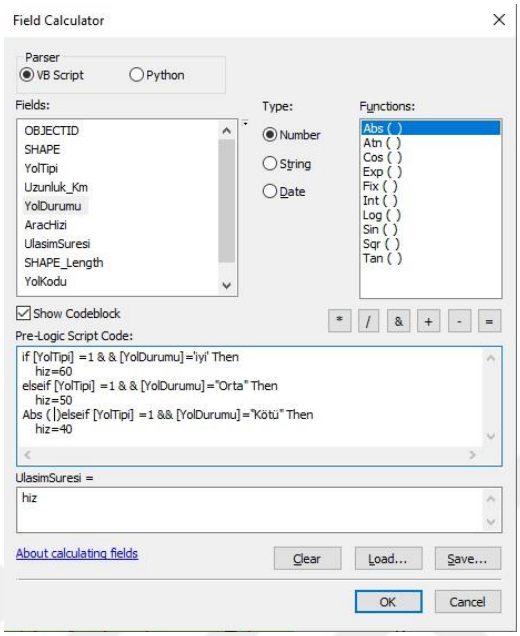
Ortalama araç hızlarının belirlenmesinde, orman yolları için Çizelge 1.6.'da verilen proje hızı bilgileri, stabilize yollar için Bilici (2008) tarafından önerilen araç hızı bilgileri ve asfalt yollar için de arazi araçları için Trafik Denetleme Şube Müdürlüğü (TDŞM, 2010) tarafından önerilen ortalama hız bilgileri dikkate alınmıştır. Bu bilgiler ışığında, yolun tipi ve durumuna göre her bir yol seksiyonu için ortalama araç hızı belirlenmiştir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12 : Yol tipi ve yol durumu için ortalama araç hızları (km/saat)

Yol Tipi	Yol Durumu	Ortalama Hız
Asfalt	İyi	60
	Orta	50
	Kötü	40
Stabilize	İyi	50
	Orta	40
	Kötü	30
Orman Yolu	İyi	30
	Orta	25
	Kötü	20
Yangın Şeridi	İyi	20
	Orta	15
	Kötü	10
Traktör Yolu	İyi	15
	Orta	10
	Kötü	5

Ortalama araç hızları belirlendikten sonra her bir yol seksiyonuna araç hızı bilgisinin atanabilmesi için Öznitelik Tablosu'nda Alan Hesaplayıcı (Field Calculator) aracı

kullanılmıştır. Bu amaçla, "Pre-Logic VBA Script Code" penceresine karar yapılarından "If…Then…Elseif…Then" koşulu kullanılarak Visual Basic bilgisayar programa dili ile gerekli kodlar yazılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Araç hızı bilgilerini atamak için kullanılan "Field Calculator" aracı

Son olarak, her bir seksiyon için ulaşım süresi Öznitelik Tablosu'nda Alan Hesaplayıcı (Field Calculator) aracı kullanılarak aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i} 60 \tag{4}$$

t_i : i seksiyonu için toplam ulaşım süresi (dakika)

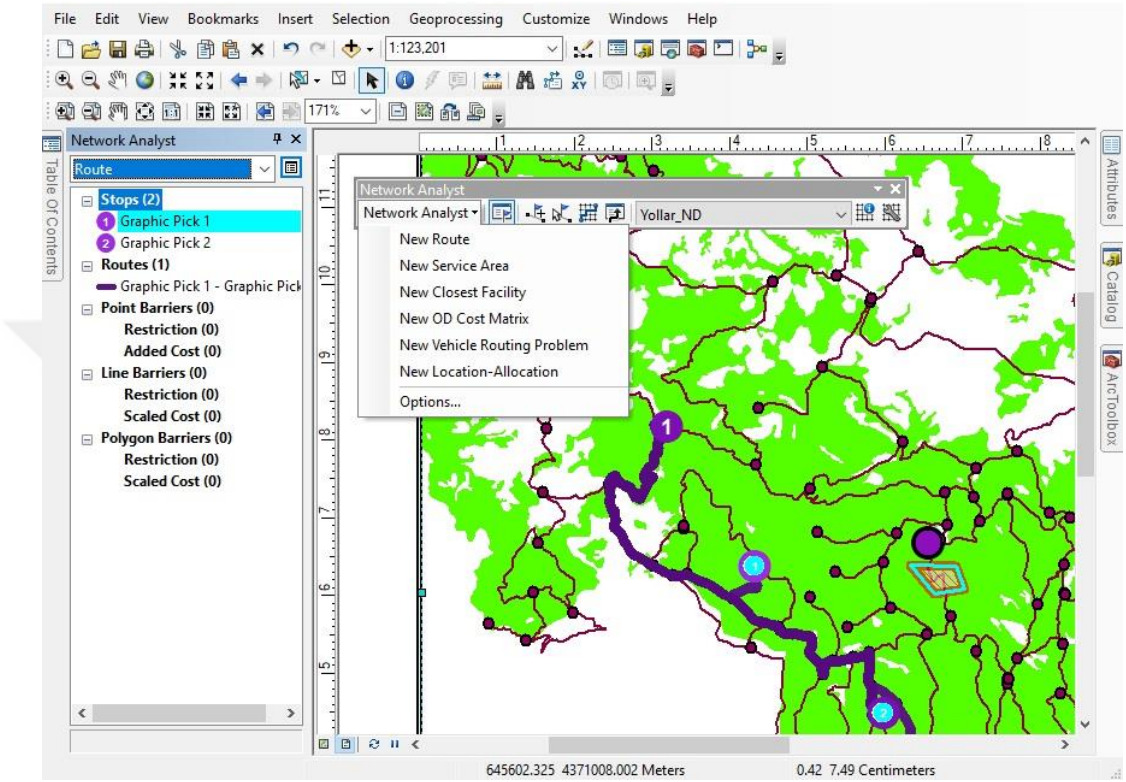
l_i : i seksiyonunun uzunluğu (km)

v_i : i seksiyonu için ortalama araç hızı (km/saat)

60 : Ulaşım süresinin saatten dakikaya çevrilmesi için kullanılmıştır

ArcGIS ortamında Ağ Analizi eklentisi yardımıyla ağ analizi yönteminin uygulanabilmesi için ilk olarak ArcGIS 10.2 programının "ArcCatalog" modülünde Kişisel Coğrafi Veritabanı (Personal Geodatabase) üretilmiştir. Daha sonra, çalışma alanındaki yol ağını oluşturan her bir yol parçasının değerlerini (ulaşım süresi) bünyesinde içeren yol ağı veri katmanından yararlanılarak, Ağ Veriseti (Network Dataset) geliştirilmiştir. Son olarak, Ağ Veriseti kullanılarak link (ND_Edges) ve düğüm noktası (ND_Junctions) dosyaları üretilmiştir.

Ağ Veriseti tamamlandıktan sonra, ArcGIS 10.2 programında "ArcMap" modülü kullanılarak Ağ Analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada, Ağ Analiz eklentisi altında yer alan En Yakın Kullanım (New Closest Facility), Yeni Rota (New Route), Yeni Servis Alanı (New Service Area) yöntemleri ayrı ayrı uygulanmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Ağ Analizi araç çubuğu ve altında yer alan yöntemler

Ağ Veriseti'nde yer alan linkler (yol seksiyonları) ulaşıma herhangi bir sebeple kapalı ise, Ağ Analiz menüsü yardımı ile ilgili noktalara Engeller (Barriers) yerleştirilmek suretiyle bu yol bağlantıları optimum güzergâh seçiminde değerlendirme dışı bırakılabilmektedir. Bu çalışmada da yangın sahasına ulaşımı sağlayan optimum güzergâh üzerindeki yolların yangın veya diğer bazı nedenlerle kapanması olasılığı göz önünde bulundurularak, bazı düğüm noktalarına engeller yerleştirilmiş ve bunlar optimum güzergâh seçiminde değerlendirme dışı bırakılmışlardır.

3.2.5.2 Yeni en yakın kullanımı

Yeni En Yakın Kullanım yöntemiyle çalışma alanında belirlenen potansiyel yangın alanları ile ilk müdahale ekipleri arasındaki optimum güzergahın belirlenmesi amaçlanmıştır. Öncelikle mevcut ilk müdahale ekibinin her bir yangın alanına en kısa sürede ulaşabileceği güzergahlar belirlenmiştir. Daha sonra, bazı yangın alanlarına

ulaşımı sağlayan optimum güzergahlar üzerine Engeller yerleştirilerek Yeni En Yakın Kullanım yöntemi yeniden uygulanmıştır. Böylece, mevcut ilk müdahale ekibinin potansiyel yangın alanlarının ne kadarına kritik müdahale süresinde ulaşabildiği belirlenmiş olacaktır. Bu yöntemde ilk müdahale ekiplerinin ve yangın alanlarının konumları ilgili veri katmanlarından sisteme otomatik olarak yüklenebilmektedir.

3.2.5.3 Yeni rota kullanımı

Hareket halinde olan bir ilk müdahale ekibi ile herhangi bir yangın alanı arasında optimum güzergahın gerçek zamanlı olarak belirlenebilmesi amacıyla Yeni Rota yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca, yol ağı üzerine Engeller yerleştirilerek yangın alanına sadece en hızlı değil aynı zamanda güvenli ulaşımı sağlayacak güzergahın bulunması hedeflenmiştir.

3.2.5.4 Yeni servis alanı kullanımı

Orman yangınlarıyla mücadelenin etkinliğini arttırabilmek için yangınla mücadele organizasyonunda en önemli unsur olarak görev alan ilk müdahale ekiplerinin yangın sahasına kritik müdahale süresinde ulaşması çok önemlidir. Bu maksatla çalışmada Yeni Servis Alanı yöntemi uygulanmıştır. Çalışma prensibi olarak Tampon Analizi (Buffer) yöntemi ile benzerlik gösteren Yeni Servis Alanı yönteminde, ağ sistemi üzerinde belirlenen bir servis noktası başlangıç kabul edilerek kullanıcı tarafından belirlenen bir toplam link değeri (ulaşım süresi) içinde kalan bölgeler ağ sistemi üzerinde belirlenmektedir. Bu çalışmada, Yeni Servis Alanı yöntemiyle mevcut ilk müdahale ekibinin konuşlandığı konum merkez alınarak, kritik müdahale süreleri içinde ulaşılabilen orman alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

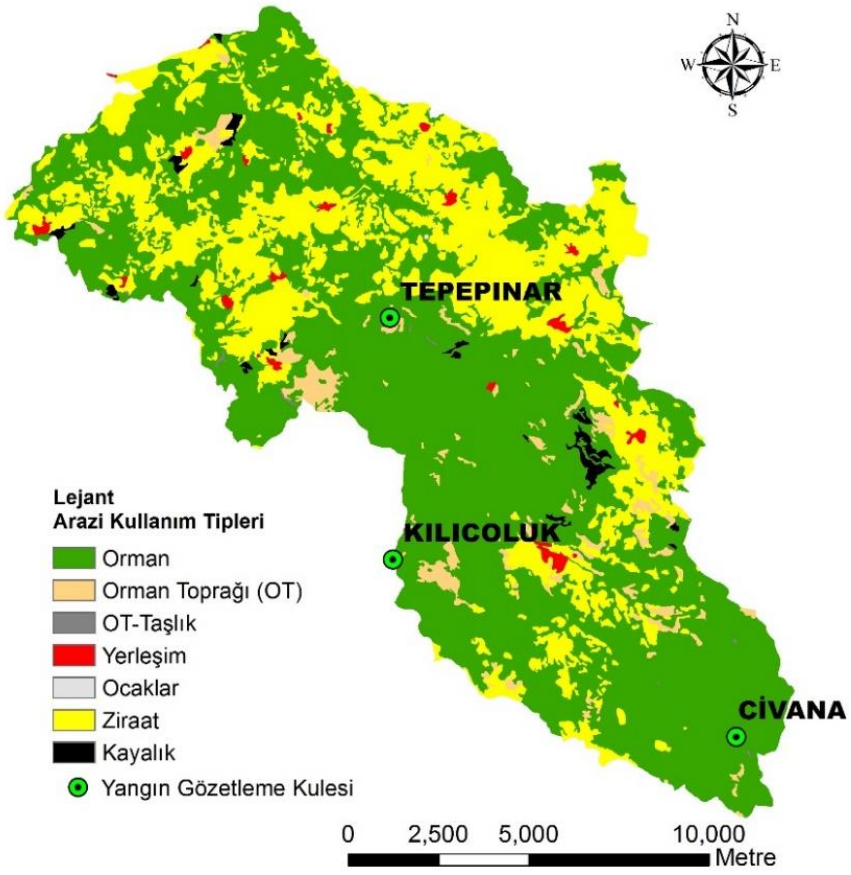
Kritik müdahale süresi yanan alanın yangın hassasiyet derecelerine bağlı olarak değişmektedir. Çalışma alanı olarak belirlenen Yayla Orman İşletme Şefliği I. dereceden yangına hassas alanlardan oluştuğu için Yeni Servis Alanı yöntemi 20 dakika kritik ulaşım süresi dikkate alınarak uygulanmıştır. Böylece, çalışma alanında kritik müdahale süresinde ulaşılamayan alanlar bulunması durumunda yeni müdahale ekiplerinin kurulması veya mevcut ekibin lokasyonunun değiştirilmesi gerekliliği ortaya konmuş olacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 CBS Veri Katmanları

4.1.1 Topografik veri katmanı

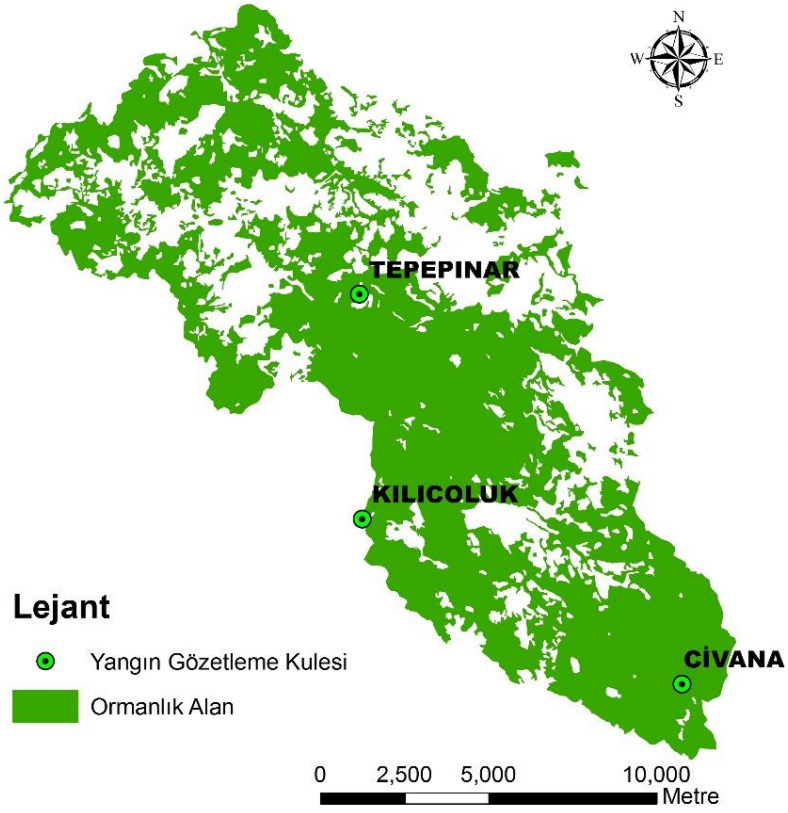
Yayla Orman İşletme Şefliğine ait sayısal meşcere haritası kullanılarak ArcGIS ortamında çalışma alanında yer alan arazi kullanım tipleri (orman, ziraat, orman toprağı, kayalık, yerleşim alanı, orman toprağı-kayalık ve ocaklar) sınıflandırılmıştır (Şekil 4.1). Arazi kullanım tiplerine ait alansal bilgiler ise Çizelge 4.1'de verilmiştir. Son olarak orman alanlarını gösteren veri katmanı üretilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 : Çalışma alanına ait Arazi Kullanım Tipleri Haritası

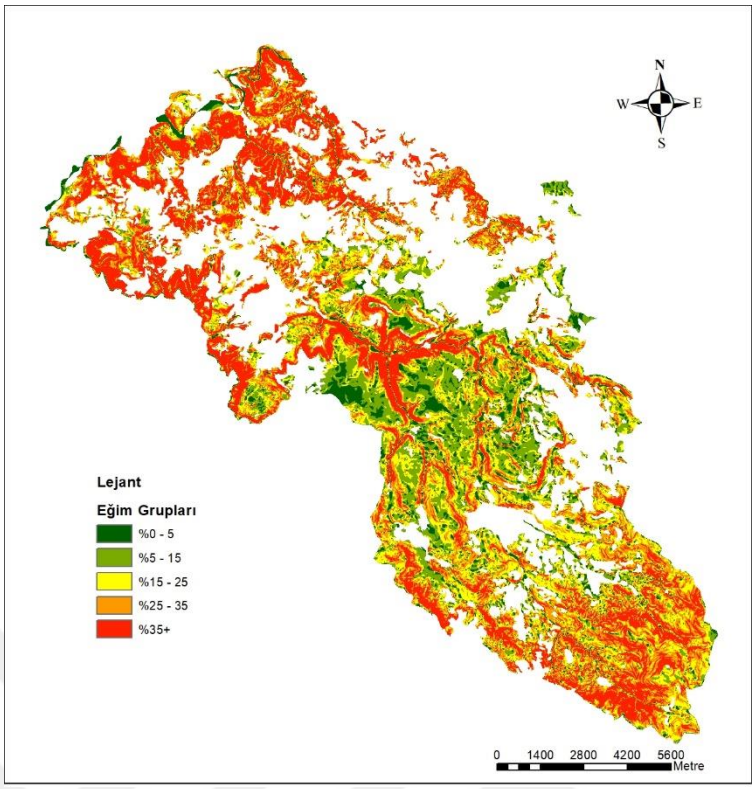
Çizelge 4.1 : Arazi kullanım tiplerine ait alansal bilgiler

Arazi Kullanım Tipi	Alan (ha)	Alan (%)
Orman Alanı	13671.44	65.26
Ziraat Alanı	6187.27	29.54
Orman Toprağı (OT)	725.32	3.46
Kayalık	177.11	0.85
Yerleşim Yerleri	170.38	0.81
OT-Taşlık	15,34	0,07
Ocaklar	1,49	0,01



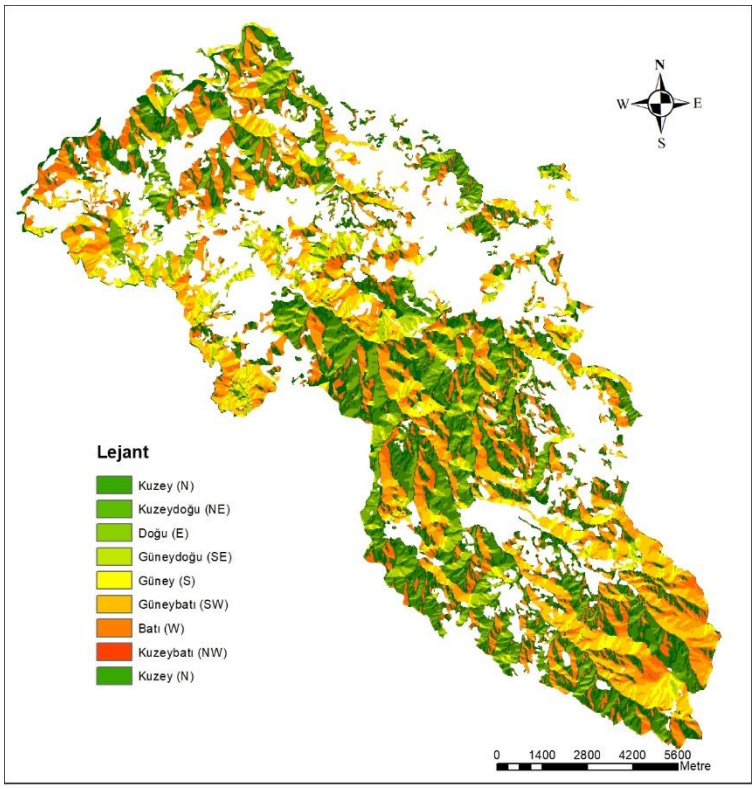
Şekil 4.2 : Çalışma alanına ait Ormanlık Alanlar Haritası

Son olarak, çalışma alanında ki orman alanlarını gösteren veri katmanı üretilmiştir (Şekil 4.2). Çalışma alanına ait SAM üretilmiş ve daha sonra eğim sınıfları haritası geliştirilmiştir (Şekil 4.3). Sonuçlara göre orman alanları için ortalama yükseklik ve eğim değerleri sırasıyla 893 m ve %27,68 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.3 : Çalışma alanına ait Eğim Haritası

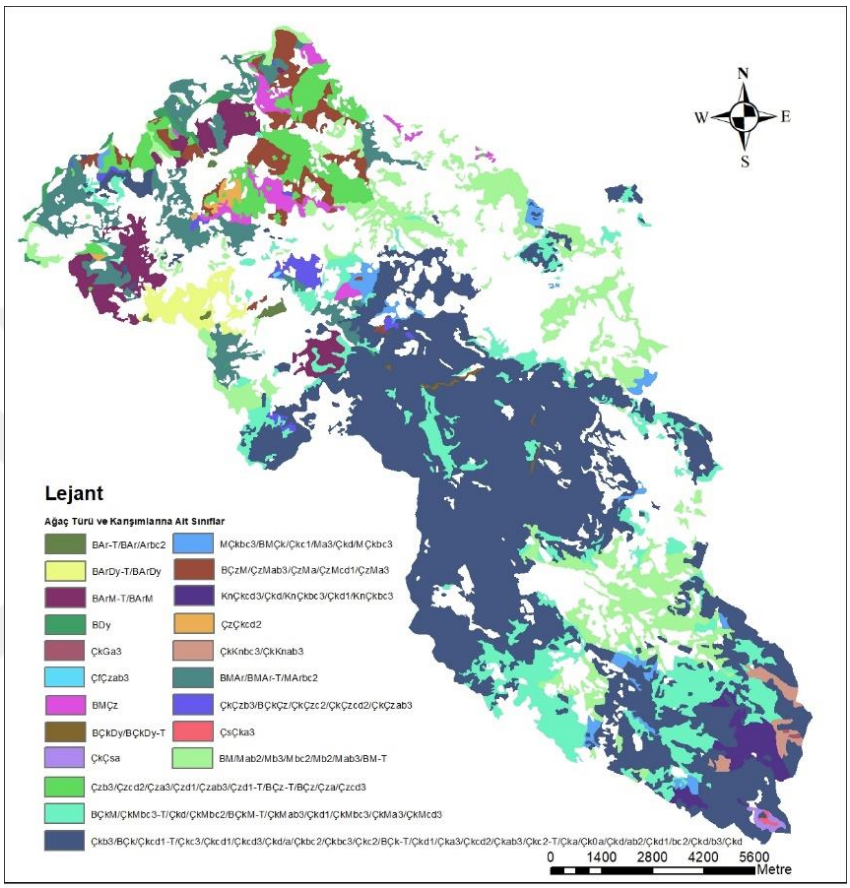
Çalışma alanı için geliştirilen bakı haritası 8 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 4.4). Geliştirilen bakı haritasına göre ormanlık alanların ortalama bakısı güney olarak bulunmuştur.



Şekil 4.4 : Çalışma alanına ait Bakı Haritası

4.1.2 Yangın risk faktörleri veri katmanı

Yayla Orman İşletme Şefliği sayısal meşcere haritası temel alınarak ağaç türleri haritası üretilmiştir. Yangın risk analizi için belirlenen 21 farklı sınıfa ayrılan ağaç türleri haritası (Şekil 4.5) ve bu sınıflara ait alansal bilgiler aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 4.2).

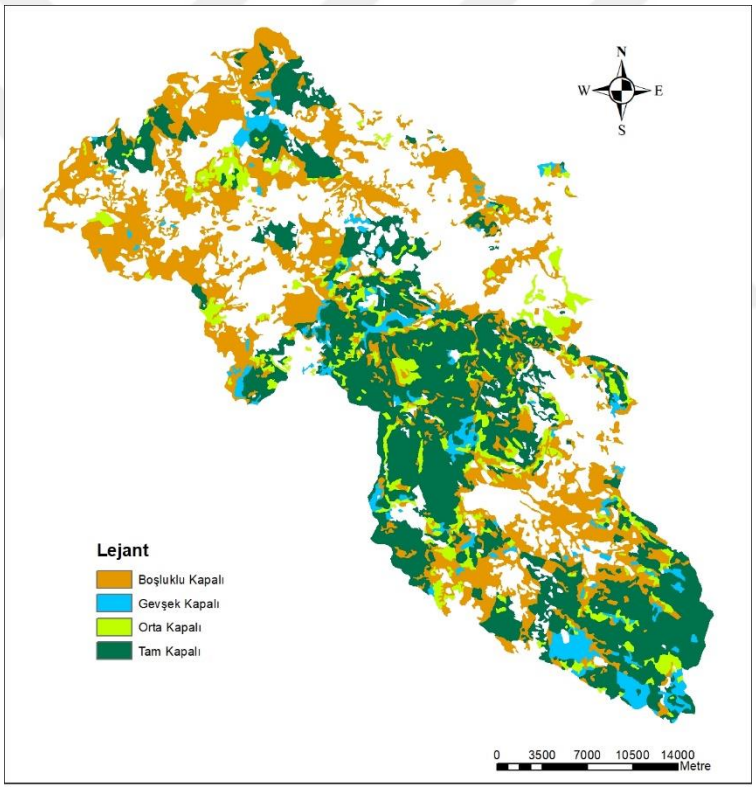


Şekil 4.5 : Çalışma alanına ait Ağaç Türleri haritası

Çizelge 4.2 : Ağaç tür ve karışımlarına ait alansal bilgiler

Sınıf No	Ağaç Türü ve Karışımları	Alan (Ha)	Oranı (%)	Sınıf No	Ağaç Türü ve Karışımları	Alan (Ha)	Oranı (%)
1	Çz	606,6	4,44	12	MÇk	211,9	1,55
2	ÇfÇz	3,3	0,02	13	ÇkÇs	26,1	0,19
3	ÇzÇk	45,5	0,33	14	ÇsÇk	7,7	0,06
4	ÇkÇz	120,4	0,88	15	MAr	839,2	6,14
5	Çk	6374	46,62	16	ÇkKn	100	0,73
6	Ar	34,1	0,25	17	ÇkDy	20,2	0,15
7	ÇzM	416,5	3,05	18	ÇkG	4,8	0,04
8	ÇkM	1704,8	12,47	19	KnÇk	227,2	1,65
9	ArDy	221,6	1,62	20	M	1879,54	13,75
10	ArM	505,4	3,7	21	Dy	97,2	0,71
11	MÇz	225,4	1,65				

Yapılan çalışma neticesinde çalışma alanına ait ormanlıklar alanların yaklaşık olarak %47'lik kısmının saf karaçam ormanlarından oluştuğu görülmüştür. Bu ormanlık alanların %14'nün saf meşelik olduğu bunu takiben %12'sinin karaçam meşe karışık, %6'sının meşe ardıç karışık ve son olarak %4'nün saf kızılçam meşcereleriden meydana geldiği tespit edilmiştir. Toplam ormanlık alanların %17'lik kısmının ise diğer tür ve karışımlardan oluştuğu görülmüştür. Yangın risk analizinde değerlendirilen bir diğer faktör olan meşcere kapalılığı için sayısal meşcere haritasından elde edilen verilerle kapalılık haritası üretilmiştir (Şekil 4.6). Meşcere kapalılığı haritasına göre çalışma alanı kapsamında bulunan ormanlık alanların %43,3'ü tam kapalı ormanlardan oluşurken, %10,2'si orta kapalı, %6,1'i gevşek kapalı ve son olarak %40,5'i ise Boşluklu kapalı ormanlardan meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

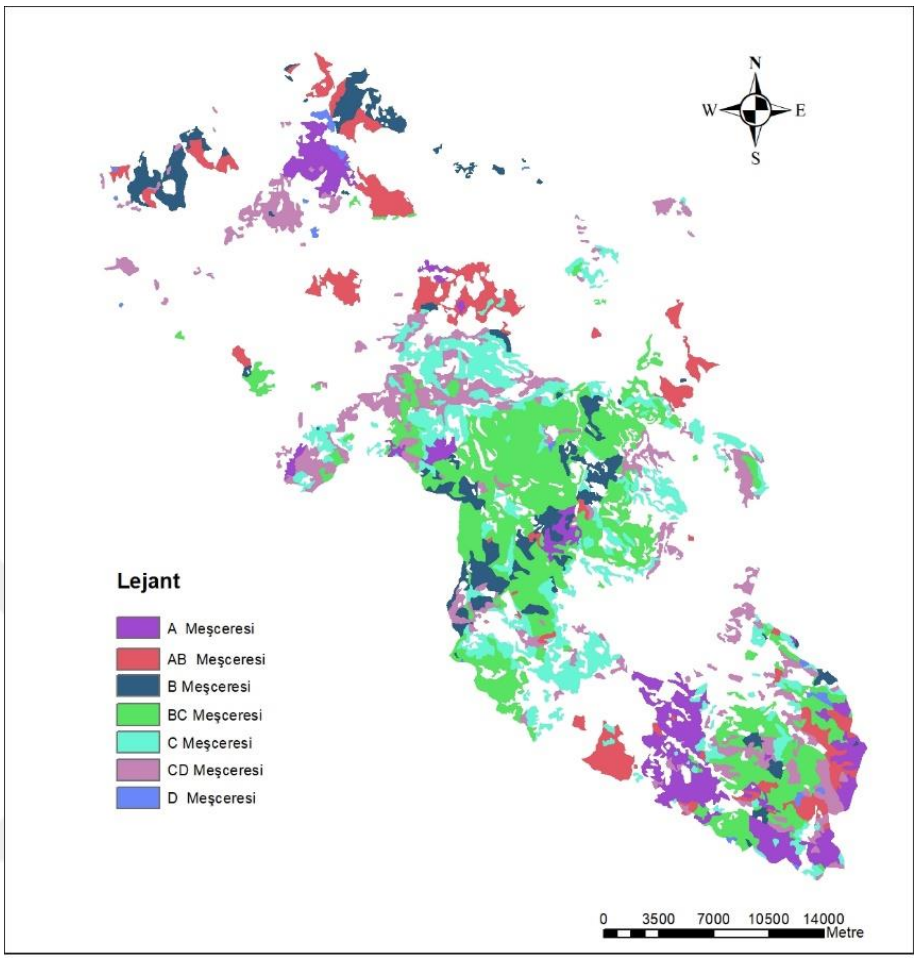


Şekil 4.6 : Çalışma alanına ait kapalılık haritası

Çizelge 4.3 : Meşcere Kapalılığına ait alansal bilgiler

Sınıf No	Kapalılık	Alan (Ha)	Oran (%)
1	Boşluklu Kapalı (%0-10)	5533,03	40,4
2	Gevşek Kapalı (%11-40)	832,81	6,1
3	Orta Kapalı (%41-70)	1390,62	10,2
4	Tam Kapalı (%70+)	5914,98	43,3

Orman yangınları açısından önemli bir faktör olan meşcere gelişim çağları için sayısal meşcere haritası kullanılarak gelişim çağları haritası üretilmiştir. (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 : Çalışma alanına ait meşcere gelişim çağları haritası

Çalışma sahasında bulunan ormanlık alanların %50,8'i C cağında bulunan ormanlardan oluşurken, %18,6'sı BC çağında bulunan meşcerelerden meydana gelirken %7,1'i A çağında, %7,1'i AB çağında ve %6,0'lık kısmı ise B çağında bulunan meşcerelerden meydana gelmektedir. Çalışma alanında geri kalan %10,4 oranında alan ise CD ve D çağında ki meşcerelerden oluşmaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Meşcere gelişim çağlarına ait alansal bilgiler

Sınıf No	Gelişim Çağı	Alan (Ha)	Oran (%)
1	A	970,65	7,1
2	AB	969,92	7,1
3	B	815,52	6
4	BC	2546,2	18,6
5	C	6938,81	50,8
6	CD	1361,31	10
7	D	69,03	0,4

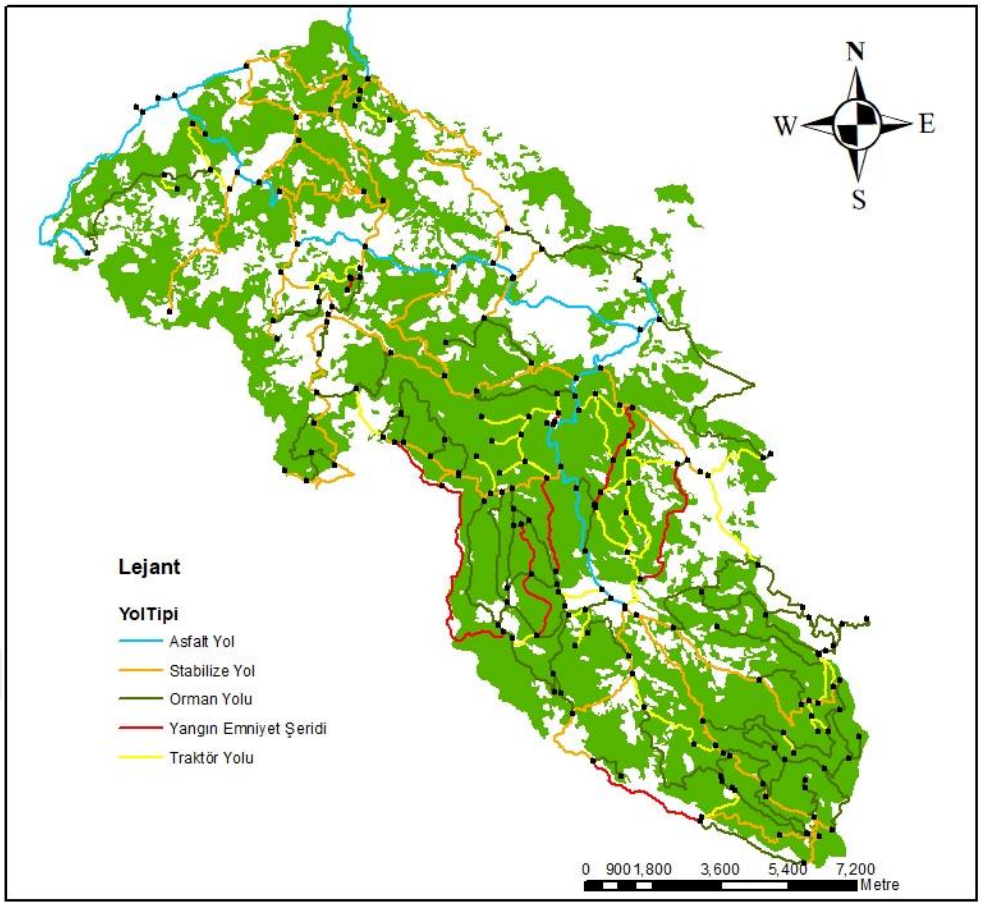
4.1.3 Yol ağı veri katmanı

Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında yer alan toplam yol ağı uzunluğu 400,4 km olarak hesaplanmıştır. Bu yolların büyük bir bölümü orman yolu (%37,5) olup, bunu stabilize yol (%29,5), traktör yolu (%13,5), asfalt kaplama yol (%12,8) ve yangın emniyet şeritleri (%6,7) takip etmektedir. (Çizelge 4.5). Yol ağlarının sayısallaştırılmasında üretilen toplam seksiyon sayısı 271 olarak belirlenmiştir. Yol tipleri sahip oldukları seksiyon sayılarına göre ise orman yolu, stabilize yol, traktör yolu, asfalt yol ve yangın emniyet şeridi olarak sıralanmıştır. Bu çalışmada üretilen yol ağı haritası Şekil 4.8'de görülmektedir.

Çizelge 4.5 : Yol ağı durumu

Sınıf No	Yol Tipi	Seksiyon Sayısı	Uzunluk (Km)	Oran (%)	Yol Durumuna Göre Uzunluk (Km)		
					İyi	Orta	Kötü
1	Asfalt	29	51,2	12,8	49,0	2,2	0,0
2	Stabilize	84	118,0	29,5	64,2	45,7	8,1
3	Orman Yolu	94	150,2	37,5	45,5	29,8	74,9
4	Yangın Şeridi	15	27,0	6,7	12,7	9,3	5,0
5	Traktör Yolu	49	54,0	13,5	22,2	27,8	4,0

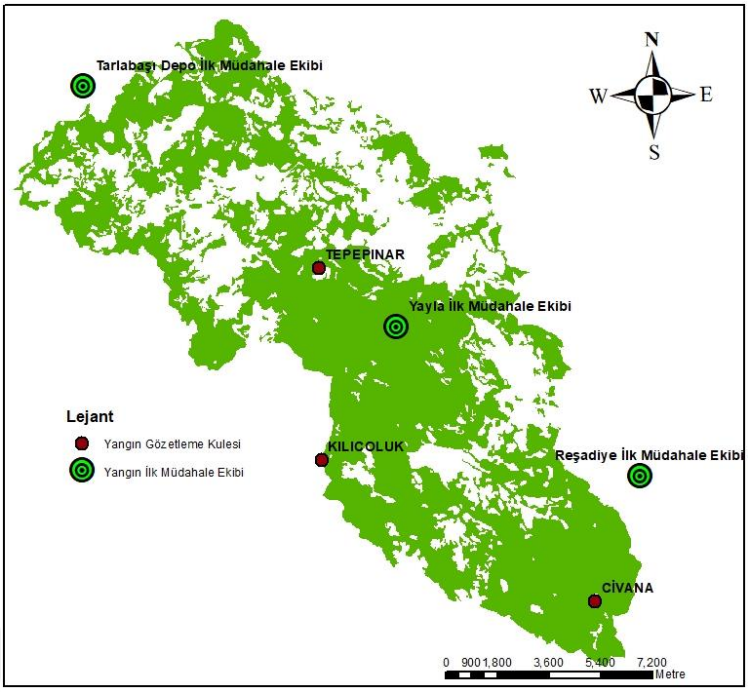
Çalışma alanında yer alan yol ağlarının durumu göz önüne alındığında, yolların %48,4'ü iyi, %28,7'si orta ve %23,0'ı kötü olarak sınıflandırılmıştır. Asfalt kaplama yolların tamamının trafik akışı bakımından iyi durumda olduğu kabul edilmiştir. Stabilize yollar dikkate alındığında, yolların yarısından fazlasının iyi durumda (%54,4) olduğu, %38,7'inin orta ve geriye kalan yolların kötü durumunda (%6,9) olduğu tespit edilmiştir. Orman yollarında ise yolların %49,9'unun kötü, %30,3'ünün iyi ve %19,84'ünün durumunun ise orta olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8 : Çalışma alanına ait yol ağı haritası

4.1.4 İlk müdahale ekibi ve yangın gözetleme kuleleri veri katmanı

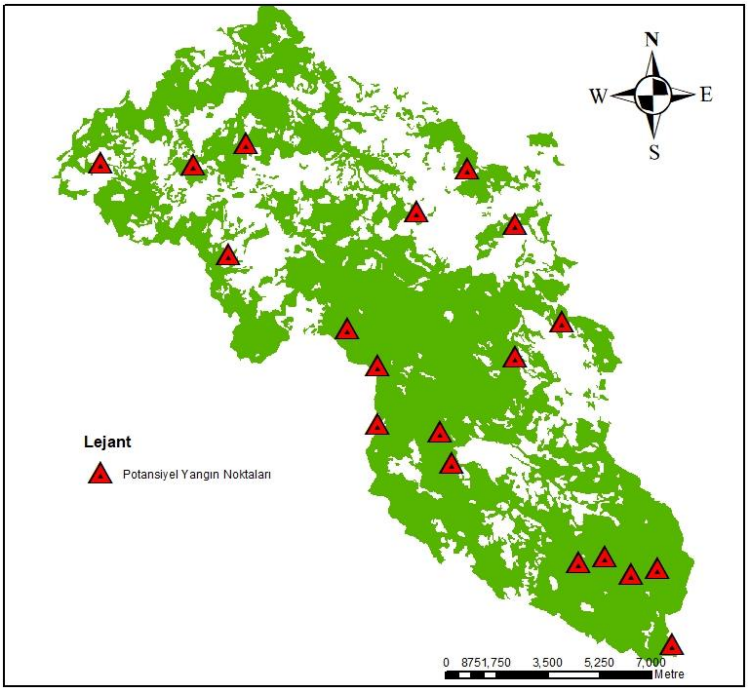
Çalışma alanında 3 adet ilk müdahale ekibi yer almaktadır. Bu ekiplerden Tarlabaşı Depo ilk müdahale ekibi ile Reşadiye ilk müdahale ekibi, çalışma alanı olan Yayla Orman İşletme Şefliği sınırları içinde bulunmamaktadırlar. Fakat bulundukları konumlar itibariyle çalışma alanı sınırlarına çok yakın bir mesafede bulunduklarından bu çalışma kapsamında değerlendirmeye katılmışlardır. Çalışma alanı için de bulunan Tepepınar, Kılıçoluk ve Civana yangın gözetleme kuleleri ile Yayla, Reşadiye ve Tarlabaşı Depo yangın ilk müdahale ekiplerinin konumlarını gösteren veri katmanı Şekil 4.9'da yer almaktadır.



Şekil 4.9 : Çalışma alanında bulunan ilk müdahale ekipleri ve yangın kuleleri

4.1.5 Potansiyel yangın alanları veri katmanı

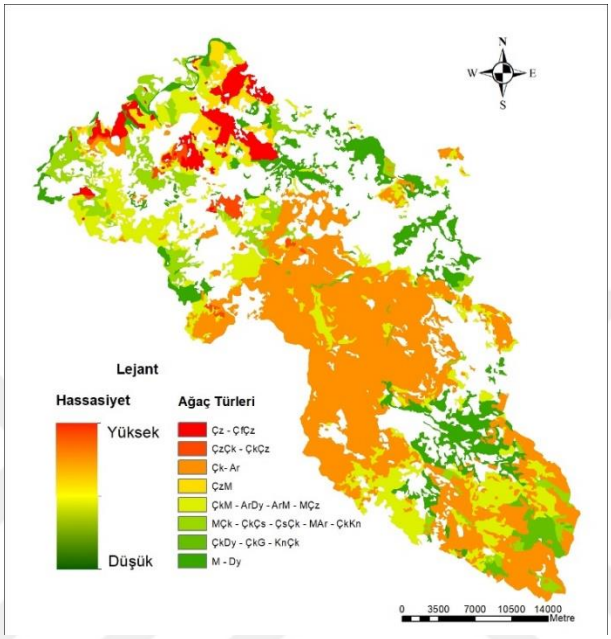
Çalışma kapsamında orman yangınlarıyla mücadele organizasyonunun optimum düzeyde planlanabilmesi için geliştirilecek olan CBS tabanlı karar destek sisteminin test edilebilmesi için son 50 yılda bölgede çıkan orman yangınlarının yaklaşık olarak konumlarını gösteren veri katmanı ArcGIS ortamında üretilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Potansiyel yangın alanları haritası

4.2 Yangın Risk Haritası

AHY yaklaşımıyla yangın risk analizi yapılan bu çalışmada ilk olarak ağaç türleri veri katmanı değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 4.11). Orman yangınlarına karşı direnç durumları göz önüne alınarak 8 farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar önem derecelerine göre Çizelge 4.6'da verilmiştir.



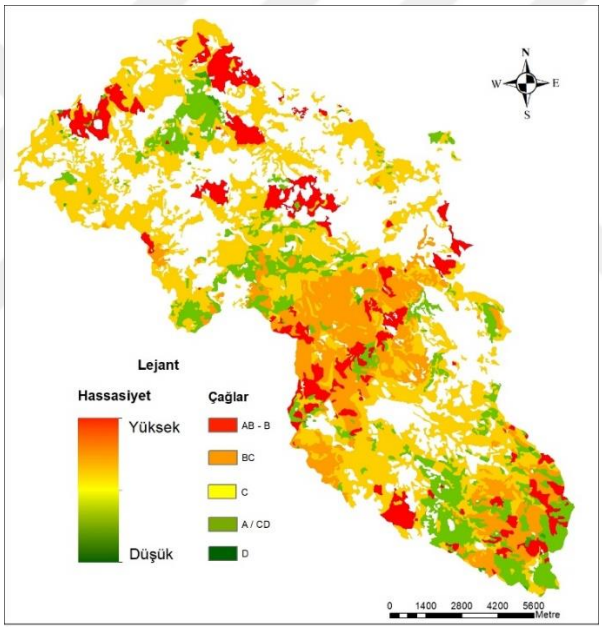
Şekil 4.11 : Yangına duyarlılıklarına göre ağaç türleri

Çizelge 4.6 : Ağaç türü kriterine göre alanlar ve önem dereceleri

Sınıf No	Ağaç Türü ve Karışımları	Alan (Ha)	Oranı (%)	Önem Derecesi
1	Çz, ÇfÇz	609,9	4,46	0,084
2	ÇzÇk, ÇkÇz	165,9	1,21	0,075
3	Çk, Ar	6408,1	46,87	0,065
4	ÇzM	416,5	3,05	0,056
5	ÇkM, ArDy, ArM, Mçz	2657,2	19,44	0,047
6	MÇk, ÇkÇks, ÇsÇk, MAr, ÇkKn	1184,9	8,67	0,037
7	ÇkDy, ÇkG, KnÇk	252,2	1,84	0,028
8	M, Dy	1976,7	14,46	0,019

Çalışma alanın %46,87'si orman yangınlarına duyarlı karaçam ve ardıç ormanlarından meydana geldiği, %4.46'sının da orman yangını hususunda yüksek risk taşıyan kızılçam ve fıstıkçamı ormanlarından oluştuğu, %14.46'sının ise yangınlara dirençli yapraklı türlerden oluştuğu tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda, kızılçam gibi ibreli ağaç türlerinin yangın açısından yüksek risk taşıdıkları, kayın gibi geniş yapraklı türlerin ise yangına karşı daha dirençli oldukları belirtilmiştir (Çanakçıoğlu, 1993).

Yangın risk faktörlerinden meşcere gelişim çağlarının değerlendirilmesi amacıyla ArcGIS 10.2 ortamında gelişim çağları veri katmanı geliştirilmiştir (Şekil 4.12). Gelişim çağları veri katmanı incelendiğinde yangına karşı yüksek duyarlılık taşıyan AB ve B çağındaki meşcereler çalışma alanının %13,1'ini kapladığı tespit edilmiştir. AHY yaklaşımı bağlamında önem derecesine göre bir alt seviyede duyarlılığa sahip BC gelişim çağındaki meşcerelerin ise ormanlık alanların %18,6'sını oluşturduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Önem seviyeleri eşit olarak bulunarak 3. Derece riskli alanlar olarak tespit edilen A, C ve CD meşcereleri toplam alanın %67,9'unu oluşturmaktadır. Benzer bir çalışmada, Sivrikaya ve ark (2011), A ve CD çağlarında yangın riskinin daha düşük olduğunu, C ve BC çağlarında riskin yükseldiğini ve AB ve B çağlarında ise en yüksek seviyeye ulaştığını bildirmiştir.

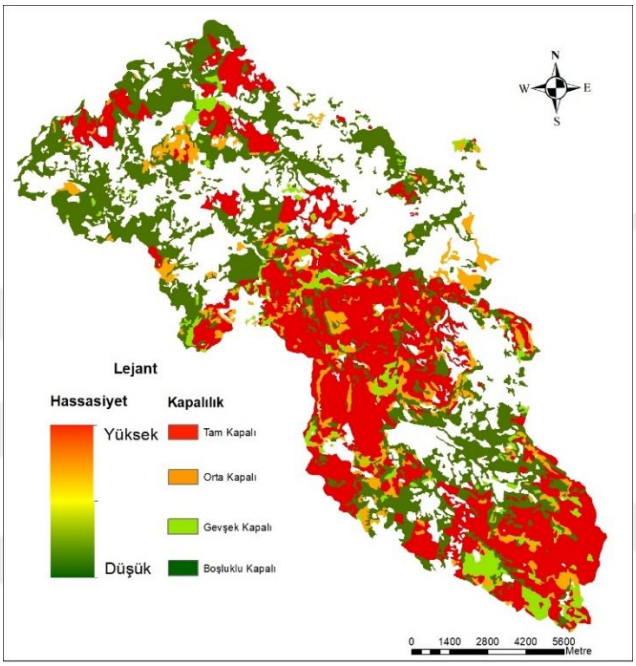


Şekil 4.12 : Yangına duyarlılıklarına göre meşcere gelişim çağları haritası

Çizelge 4.7 : Meşcere gelişim çağı kriterine göre alanlar ve önem dereceleri

Sınıf No	Gelişim Çağı	Alan (Ha)	Oran (%)	Önem Derecesi
1	AB / B	1785,44	13,1	0,24
2	BC	2546,2	18,6	0,18
3	C	6938,81	50,8	0,16
4	A/CD	2343,54	17,1	0,08
5	D	57,45	0,4	0,03

Çalışma alanına ait meşcere kapalılığı veri katmanı AHY yaklaşımı ile önem dereceleri belirlenen 4 sınıfa göre oluşturulmuştur (Şekil 4.13). Bu veri katmanı incelendiğinde AHY kapsamında önem derecesi olarak en yüksek duyarlılığa sahip tam kapalı ormanlık alanlar %43,3 gibi büyük bir orana sahiptir. Önem derecesine göre en az duyarlılığa sahip alanlar ise toplam çalışma alanının %40,5'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4.8). Önceki çalışmalarda da kapalılık arttıkça yangın riskinin arttığı belirtilmiştir (Çanakçıoğlu, 1993).

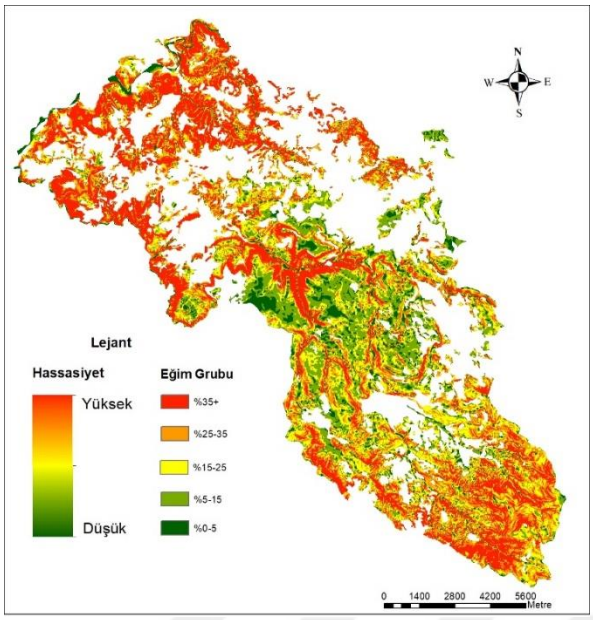


Şekil 4.13 : Yangına duyarlılıklarına göre meşcere kapalılığı haritası

Çizelge 4.8 : Meşcere gelişim çağı kriterine göre alanlar ve önem dereceleri

Sınıf No	Kapalılık	Alan (Ha)	Oran (%)	Önem Derecesi
1	Boşluklu Kapalı	5533,03	40,5	0,09
2	Gevşek Kapalı	832,81	6,1	0,18
3	Orta Kapalı	1390,62	10,2	0,32
4	Tam Kapalı	5914,98	43,3	0,41

Yangın risk analizi çalışmadı kapsamında değerlendirilecek topoğrafik özellikler olarak eğim ve bakı seçilmiş ve bunlara ait veri katmanları geliştirilmiştir. Geliştirilen eğim katmanı (Şekil 4.14) AHY yaklaşımı ile 5 sınıfa ayrılmış ve bu sınıfların önem dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 4.9)



Şekil 4.14 : Yangına duyarlılıklarına göre eğim haritası

Eğim sınıflarının önem derecelerine bakıldığında beklendiği gibi arazi eğimi arttıkça yangın riski de paralel olarak artış göstermektedir (Sivrikaya ve ark., 2011). Buna göre %35 ve üzeri eğime sahip alanların önem derecesi 0,36 ile en yüksek çıkmıştır.

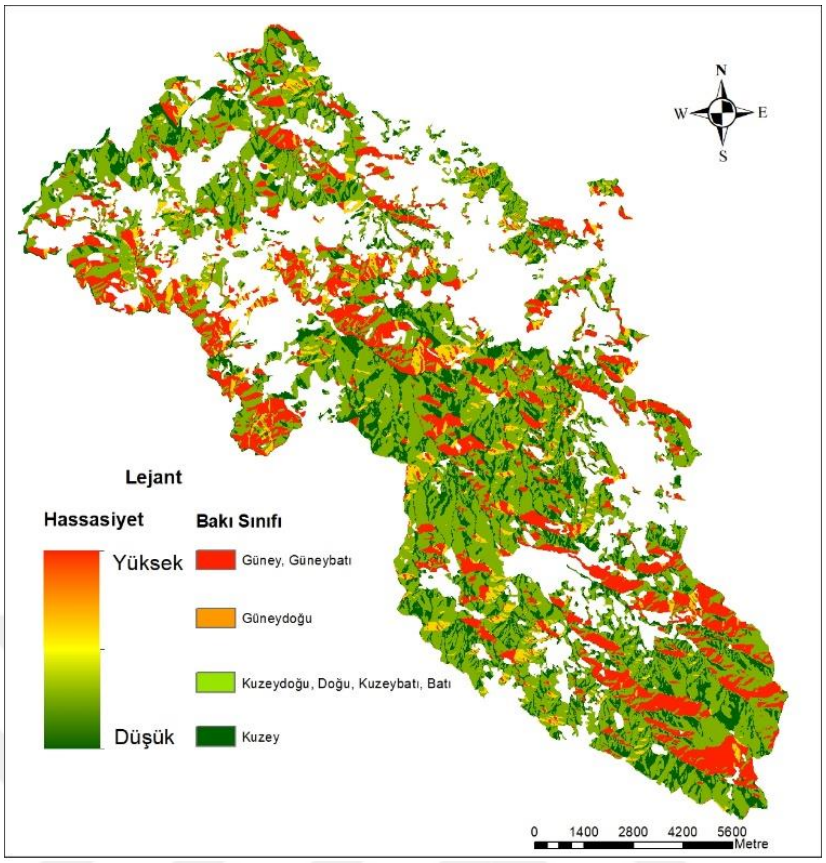
Çizelge 4.9 : Arazi eğimi kriterine göre önem dereceleri

Sınıf No	Eğim Sınıfı	Önem Derecesi
1	%0-5	0,04
2	%5-15	0,12
3	%15-25	0,20
4	%25-35	0,28
5	%35+	0,36

Yangın risk analizinde arazi bakısı kriterine ait veri katmanı (Şekil 4.15) AHY metotlarına göre sınıflandırılarak her bir sınıfın önem dereceleri belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Güney, güneydoğu ve güneybatı bakıları yangının çıkması için daha uygun koşullara sahiptir (Çanakçıoğlu, 1993).

Çizelge 4.10 : Arazi bakısı kriterine göre önem dereceleri

Sınıf No	Bakı Sınıfı	Önem Derecesi
1	Kuzey	0,05
2	Kuzeydoğu, Doğu, Kuzeybatı, Batı	0,09
3	Güneydoğu	0,14
4	Güney, Güneybatı	0,20

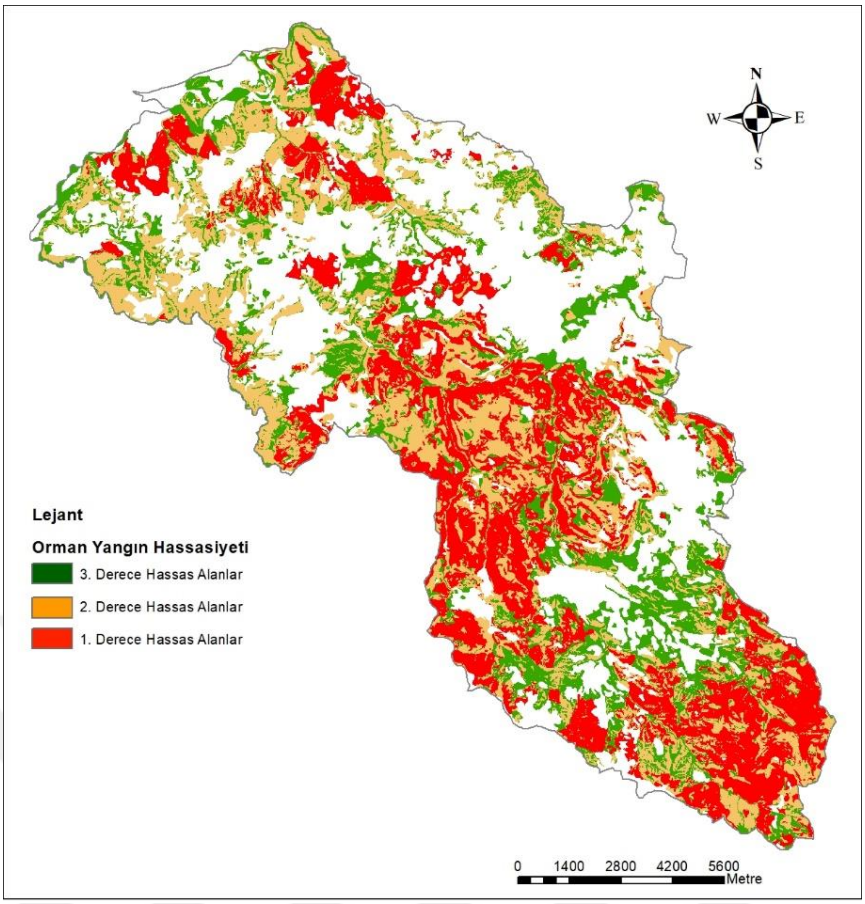


Şekil 4.15 : Yangına duyarlılıklarına göre bakı haritası

Çalışma alanı kapsamında yapılan yangın risk analizinin son aşaması olarak risk faktörlerini içeren kriterlere ait tüm veri katmanlarının birbirlerine karşı görece önem dereceleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.11). Bu amaçla ArcGIS 10.2 ortamında "extAhp 2.0" uzantısı kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre değerlendirilen risk faktörleri içinde ormanlık alanlarda yangın riski açısından en yüksek öneme sahip faktör ağaç türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca ağaç türü faktörünü sırasıyla meşcere gelişim çağı, meşcere kapalılığı takip etmektedir. Arazi eğimi kriterinin önem derecesi kapalılık ile eşit olarak belirlenirken ve arazi bakısı en düşük öneme sahip faktör olarak karşımıza çıkmıştır. Bu veriler ışığında üretilen Yayla Orman İşletme Şefliği ormanlık alanlarına ait yangın risk haritası Şekil 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.11 : Yangın risk faktörlerine ait kriterin önem dereceleri

Sınıf No	Kriter	Önem Derecesi
1	Ağaç türü	0,28
2	Kapalılık	0,19
3	Çağ	0,22
4	Eğim	0,19
5	Bakı	0,13



Şekil 4.16 : Yangın Risk haritası

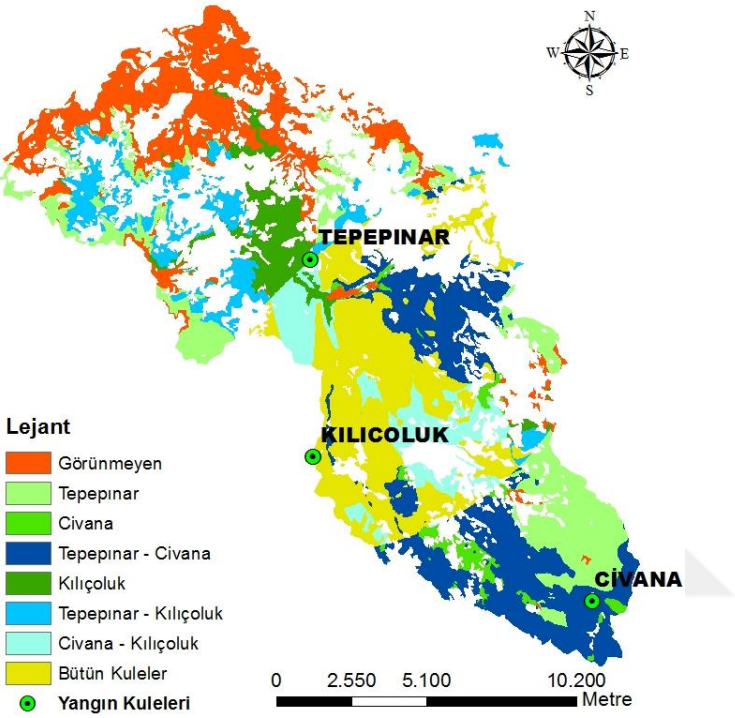
AHY yaklaşımı ile uygulanan yangın risk analizi çalışmasının sonuçlarına göre Yayla Orman İşletme Şefliği sınırları dahilindeki ormanlık alanların %36,4'üne tekabül eden 4969.67 hektarlık kısmı yangına karşı çok riskli bölgelerdir. Alanın %38,6 ve %25'ine denk gelen bölgeler ise orman yangınlarına karşı sırasıyla riskli ve az riskli özellikler göstermektedir (Çizelge 4.12). Ayrıca yangın risk haritası incelendiğinde yangına karşı yüksek riske sahip alanların çoğunlukla çalışma alanın merkezinde ve güney kesimlerinde yoğunlaşan blok şeklinde sahalar olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.12 : Ormanlık alanların yangın riski durumu

Yangın Riski Durumu	Alan (Ha)	Alan (%)
Çok Riskli Alanlar	4969,67	36,4
Riskli Alanlar	5281,57	38,6
Az Riskli Alanlar	3420,20	25,0

4.3 Görünürlük Analizi

Çalışma alanına ait görünürlük analizi sonuçlarına göre mevcut yangın kulelerinin görüş alanına giren alanlar Şekil 4.17'te görülmektedir. Çizelge 4.13 kulelerden görülebilen orman alanları ile ilgili bilgileri içermektedir. Buna göre, toplam alanın %79 kadarı kuleler tarafından görülebilmektedir. Ormanlık alanın ise %81'i kulelerin görüş alanına girmektedir.

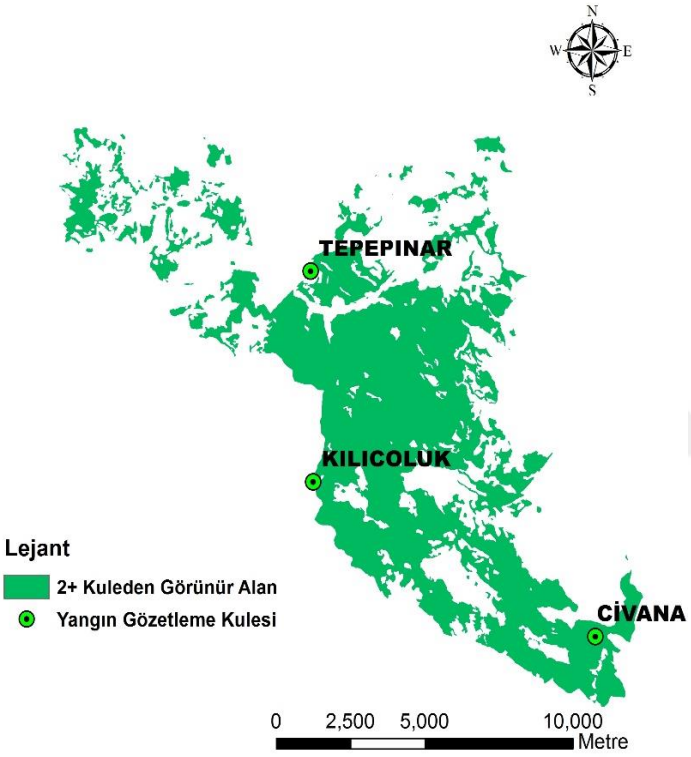


Şekil 4.17 : Yangın gözetleme kulelerinin görüş alanına giren bölgeler

Çizelge 4.13 : Yangın gözetleme kuleleri tarafından görülebilen orman alanları

Gören Kule Sayısı	Kuleler	Alan (ha)	Alan (%)
-	Hiç Görünmeyen	2576,47	18,85
1	Tepepınar	2194,43	16,06
1	Civana	305,40	2,23
1	Kılıçoluk	781,03	5,72
2	Tepepınar- Civana	2768,48	20,26
2	Tepepınar- Kılıçoluk	1123,87	8,22
2	Civana- Kılıçoluk	1020,31	7,47
3	Bütün Kuleler	2894,87	21,18

Sonuçlar ormanlık alanların yaklaşık %57'sinin iki veya daha fazla yangın gözetleme kulesi tarafından görülebildiğini göstermiştir (Şekil 4.18). Alandaki ormanlık alanların yaklaşık %21'i ise bütün kulelerden görülebilmektedir. Diğer taraftan ormanlık alanların %24'nün sadece bir kule tarafından görülebildiği belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada Akay ve ark. (2011), Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Andırın Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer alan Andırın, Akifiye ve Yeşilova Orman İşletme Şeflikleri sınırlarındaki dört yangın kulesi Görünürlük Analizi kullanılarak değerlendirmiştir. Sonuçlar ormanlık alanların yaklaşık %37'sinin yangın gözetleme kuleleri tarafından görülebildiğini göstermiştir.

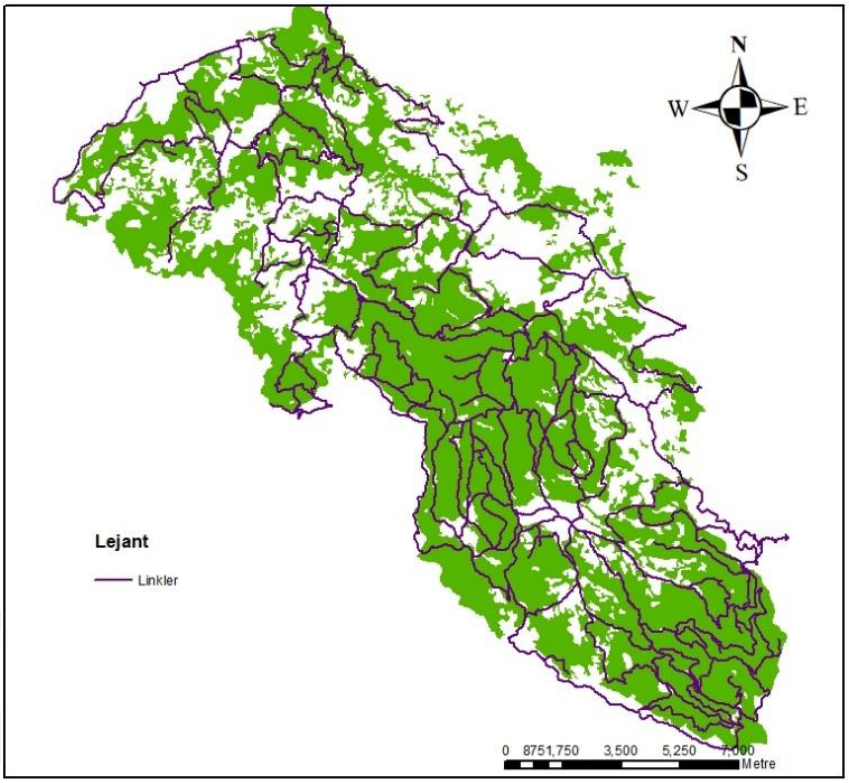


Şekil 4.18 : İki veya daha fazla kulenin görüş alanına giren bölgeler

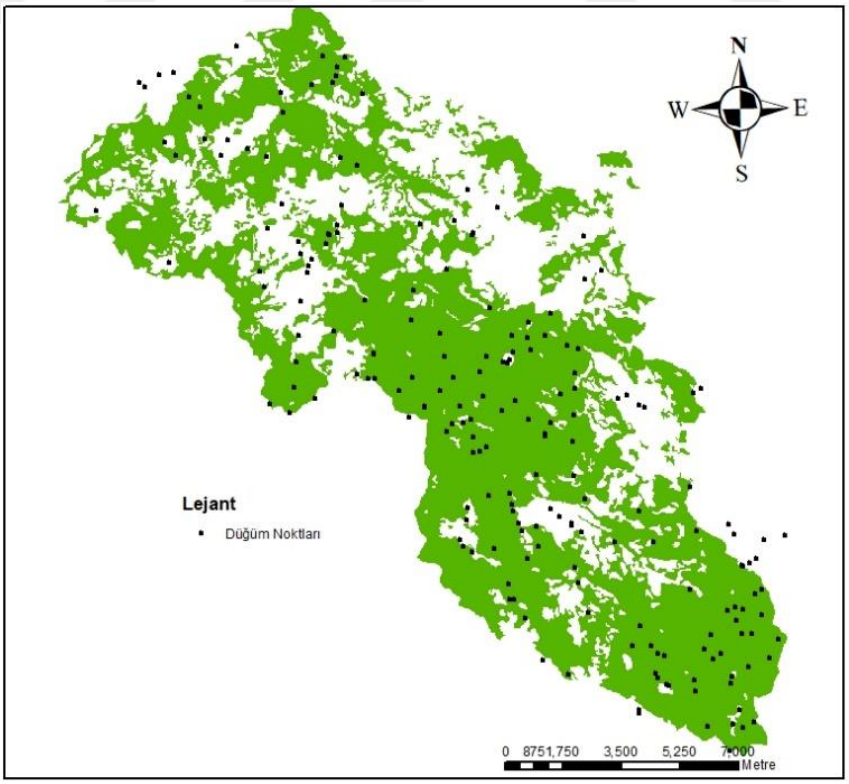
4.4 Ağ Analizi

4.4.1 Veri katmanı

Ağ Analizi uygulaması Ağ Verisetinde üretilen iki temel veri katmanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu veri katmanları; yol ağında yer alan yol seksiyonlarını, ulaşım sürelerini dikkate alarak, temsil eden link veri katmanı ve bu linklerin kesiştiği noktaları temsil eden düğüm noktası veri katmanıdır (Şekil 4.19 ve 4.20).



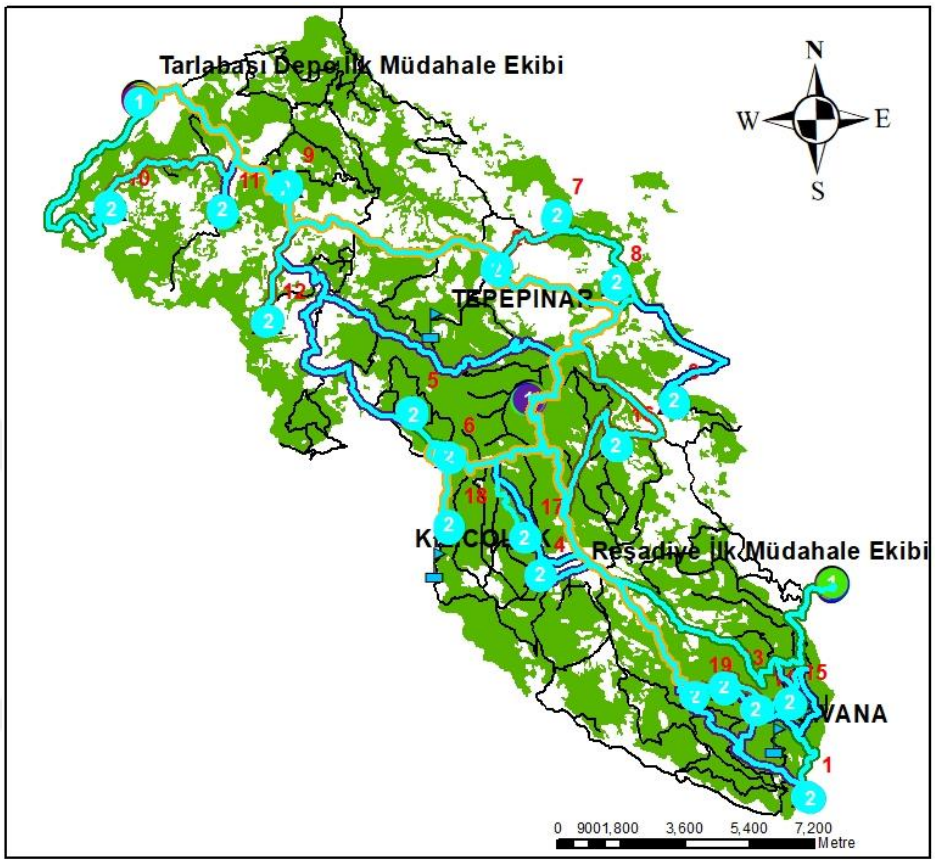
Şekil 4.19 : Ağ Verisetinde yer alan link veri katmanı



Şekil 4.20 : Ağ Verisetinde yer alan düğüm noktaları veri katmanı

4.4.2 Yeni en yakın kullanım bulguları

Yeni En Yakın Kullanım yöntemi ile ilk olarak potansiyel yangın alanlarına ilk müdahale ekiplerinin ulaşım süreleri belirlenmiştir. Şekil 4.21'de her bir yangın alanına en kısa sürede ulaşımı sağlayan optimum güzergahlar görülmektedir.



Şekil 4.21 : Yangın noktasına ulaşım sağlayan optimum güzergahlar

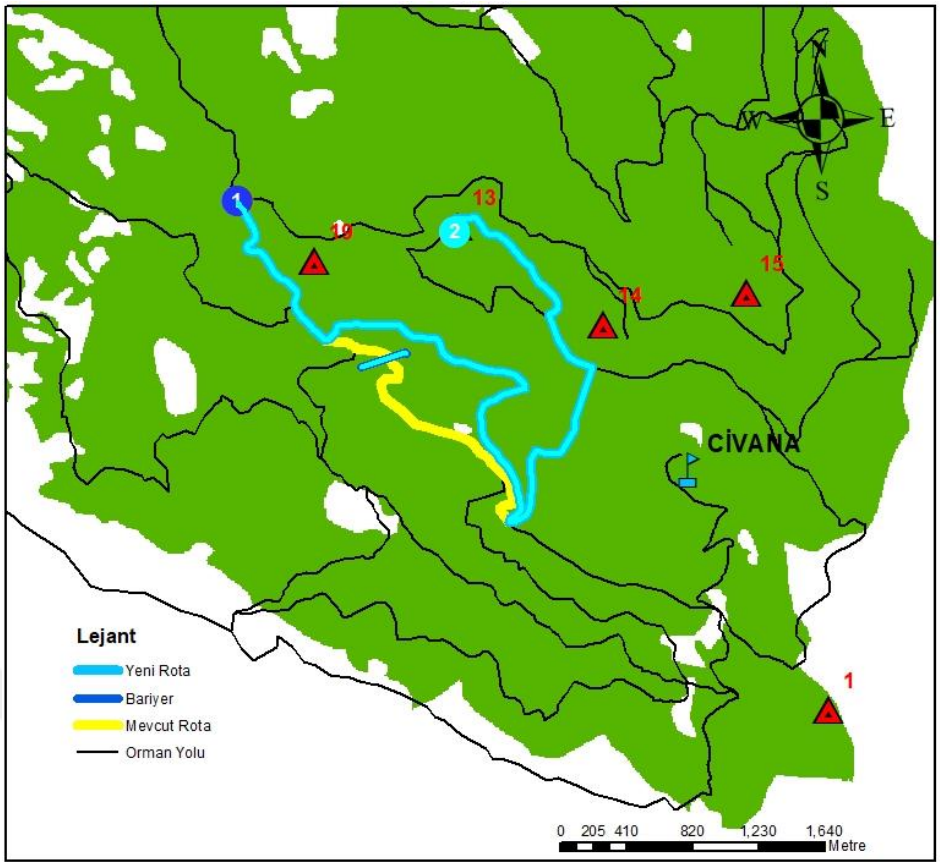
Ağ analizi kapsamında yapılan yeni en yakın kullanımı ile potansiyel yangın alanlarına ilk müdahale ekiplerinin ulaşım süreleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.14'de görüldüğü gibi belirlenen 19 potansiyel yangın noktasının 11 tanesine Yayla İlk Müdahale Ekibi kritik müdahale süresi olan 20 dakika ve daha az sürede ulaşabilmiştir. Kalan 8 adet yangın noktasının 4 tanesine Tarlabaşı Depo İlk Müdahale Ekibi, 1 tanesine ise Reşadiye İlk Müdahale Ekibi kritik müdahale süresi içinde ulaşabilmektedir. Böylece mevcut ilk müdahale ekipleriyle belirlenen 19 potansiyel yangın alanın sadece 3 tanesine kritik müdahale süresinde ulaşılamamıştır. Kritik müdahale süresi içinde ulaşılamayan 1, 13 ve 14 numaralı yangın noktalarına en kısa sürede ulaşan Yayla İlk Müdahale Ekibi bu noktalara sırasıyla 21,25 ve 21 dakikalık süreler içinde ulaşabilmiştir.

Çizelge 4.14 : İlk Müdahale Ekiplerinin yangın noktalarına ulaşım süreleri

Yangın noktası	İlk Müdahale Ekibi Ulaşım Süresi (dk)		
	Yayla	Tarlabaşı Depo	Reşadiye
1	21	54	29
2	12	22	39
3	20	39	47
4	12	45	27
5	8	38	33
6	9	40	33
7	17	27	45
8	8	28	35
9	22	14	49
10	39	12	66
11	25	13	53
12	21	19	48
13	25	58	30
14	21	55	23
15	21	55	18
16	14	39	37
17	10	46	29
18	15	48	39
19	14	48	28

4.4.3 Yeni rota kullanım bulguları

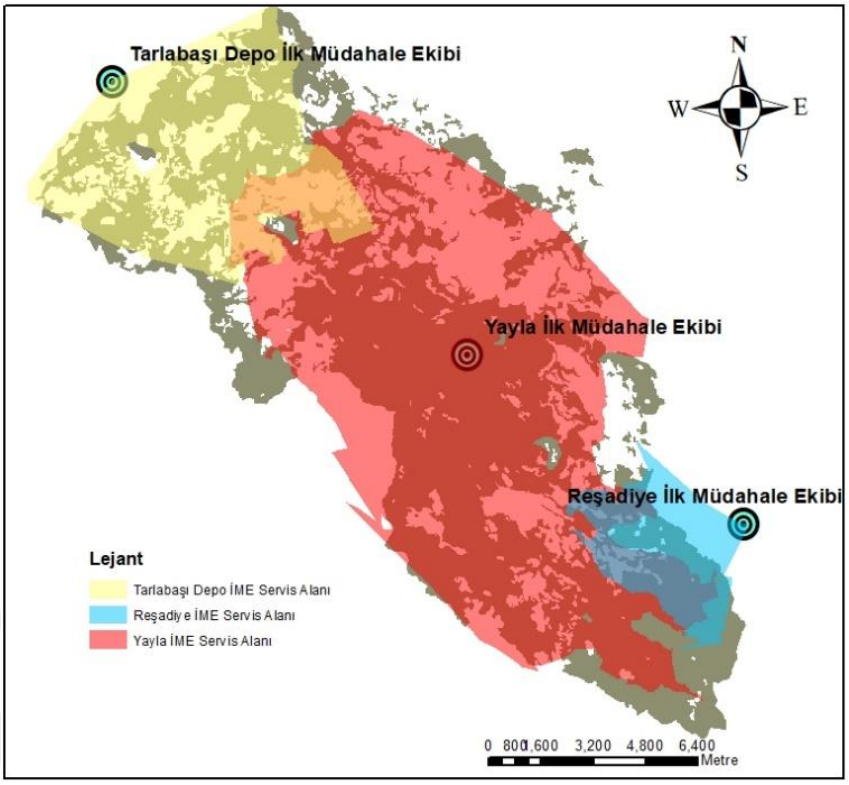
Ağ Analizi yöntemlerinden Yeni Rota kullanılarak hareket halindeki bir ilk müdahale ekibi ile çalışma alanından seçilen herhangi bir yangın alanı arasında optimum güzergah gerçek zamanlı olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yol ağı üzerinde Engel yerleştirilerek yöntem yeniden uygulanmıştır. Şekil 4.22'de, her iki uygulama sonucunda üretilen optimum güzergahlar görülmektedir. Yangının yayılması veya başka nedenlerle trafik akışının aksaması gibi bir senaryoyu örneklemek için kullanılan bariyer yöntemi, ilk müdahale ekibinin ikinci durumda gerçek zamanlı olarak alternatif bir güzergâh üretilerek güvenli bir şekilde farklı bir güzergaha yönlendirilmesini sağlamıştır. İlk durumda yangın alanına ulaşım süresi 11,98 dakika, Engel yerleştirilmesi durumunda ise 13,98 dakika olarak hesaplanmıştır.



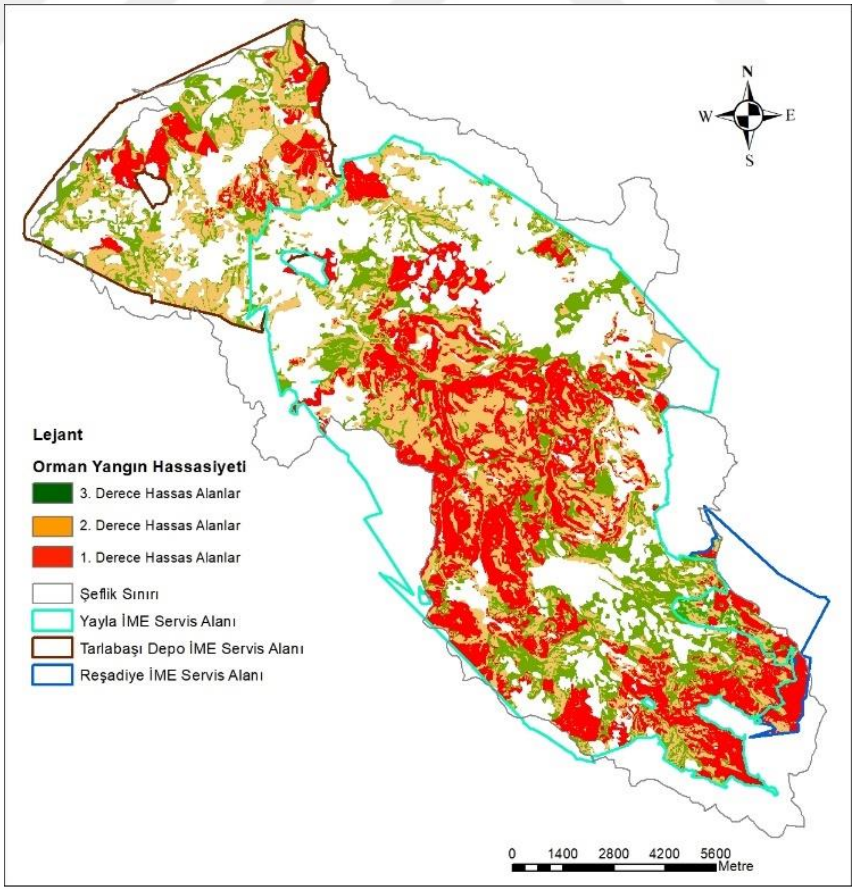
Şekil 4.22 : Hareketli bir ilk müdahale ekibi için optimum güzergahlar ve engeller

4.4.4 Yeni servis alanı kullanım bulguları

Yeni Servis Alanı yöntemi ile ilk müdahale ekiplerinin konumları merkez alınarak, kritik müdahale süresi içinde çalışma alanında ulaşılabilen orman alanları belirlenmiştir. İlk olarak, ilk müdahale ekiplerinin 20 dakikalık süre içinde yol ağı üzerinde ulaşılabilecekleri alanlar belirlenmiştir (Şekil 4.23). Daha sonra bu çalışmada AHY yaklaşımı ile geliştirilen yangın risk haritası ile ilk müdahale ekiplerinin servis alanları çakıştırılmak suretiyle ekiplerin kritik müdahale süresi içinde ulaşabildikleri ormanlık alanların yangın hassasiyetlerine göre dağılımını gösteren veri katmanı üretilmiştir (Şekil 4.24). Bu veri katmanıyla aynı zamanda ilk müdahale ekiplerinin kritik müdahale süresi içinde ulaşamadıkları ormanlık alanlarda belirlenmiştir (Çizelge 4.15).



Şekil 4.23 : İlk müdahale ekiplerinin kritik müdahale süresinde ulaştıkları alanlar



Şekil 4.24 : İlk müdahale ekiplerinin kritik müdahale süresinde ulaştıkları alanlar

Çizelge 4.15 : İlk Müdahale Ekiplerine göre kritik sürede ulaşabilen ormanlık alanlar

İlk Müdahale Ekibi	Toplam Ormanlık Alan (ha)	Yangın Hassiyetine Göre (ha)		
		I.Derece Hassas	II.Derece Hassas	III.Derece Hassas
Yayla İME	8572,70	3419,98	2993,20	2159,52
Tarlabaşı Depo İME	2342,49	493,25	1176,65	672,59
Reşadiye İME	431,20	227,80	121,33	82,07

Yapılan çalışma neticesinde Yayla Orman İşletme şefliği sorumluk sahasında bulunan ormanlık alanların %83'üne tekabül eden 11346,39 hektarlık alana mevcut ilk müdahale ekipleriyle kritik müdahale süresinde ulaşılabildiği tespit edilmiştir. Yayla İlk Müdahale ekibi bu alanların %63'üne tek başına ulaşabiliyorken Tarlabaşı Depo İlk Müdahale ekibi %17'sine, Reşadiye İlk Müdahale Ekibi ise %3'üne ulaşabilmektedir. Ayrıca çalışma alanında bulunan ormanlık sahaların %17'sine denk gelen 2325,05 hektarlık alana ilk müdahale ekiplerinden hiçbiri kritik süre olan 20 dakika içinde erişememiştir (Çizelge 4.16). Erişilemeyen bu alanın %17'sinin yangına I. derecede hassas ormanlardan oluştuğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 : Kritik müdahale süresinde ulaşabilen ormanlık alanlar

Ormanlık Alanların Durumu	Toplam Ormanlık Alan		Yangın Hassiyetine Göre					
			I.Derece		II.Derece		III.Derece	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Ulaşabilen	11346,39	83	4141,03	83	4291,18	81	2914,18	85
Ulaşılamayan	2325,05	17	828,64	17	990,39	19	506,02	15

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, orman yangınlarıyla mücadele organizasyonu ve planlamasının optimum düzeyde gerçekleştirilebilmesi için modern yöntemlerle CBS tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Orman Genel Müdürlüğünün en küçük idari birimi olan orman işletme şefliği temel alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada uygulama alanı olarak Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde bulunan Yayla Orman İşletme Şefliği seçilmiştir. Çalışma kapsamında öncelikle ormanlık alanlara ait AHY yaklaşımıyla yangın risk analizi yapılmış ve bu alanlar yangın duyarlılıklarına göre 3 sınıfa ayrılarak yangın riski haritası oluşturulmuştur. Çalışma alanında bulunan yol ağı sayısal olarak CBS ortamına aktarılarak yol tipi ve yol durumuna göre sınıflandırılmıştır. Son 50 yılda çalışma alanı içinde çıkan orman yangınları baz alınarak potansiyel yangın noktaları belirlenmiştir. Çalışma alanında mevcut ilk müdahale ekiplerinin bu noktalara ulaşım süreleri hesaplanarak sistemin uygulandığı bölge bulunan ilk müdahale ekiplerinin sayılarının ve konumlarının yeterliliği incelenmiştir. Son olarak çalışma alanında bulunan yangın gözetleme kulelerinin konumları belirlenerek her bir kulenin görüş alanı içinde bulunan ormanlık alanlar hesaplanmıştır. Böylece yangın gözetleme kulelerinin sayıları ve yeterlilikleri ortaya konmuştur. Çalışma alanında elde edilen önemli sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

Çalışmada yapılan arazi kullanım sınıfları analizine göre alanın %62'si ormanlarla kaplıdır. Yangın risk analizi sonrası elde edilen verilere göre bu ormanların %36'sının yangına I. derecede hassas, %39'unun II. derece hassas, %25'inin ise yangına III. derecede alanlardan oluştuğu belirlenmiştir. AHY yaklaşımı ile yapılan yangın risk analizi verilerine göre yangın riski açısından en önemli faktörün ağaç türü olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma alanında bulunan ormanlık alanların %4'ü yangına en hassas tür olarak karşımıza çıkan kızılçama ait saf meşcerelerden oluşmaktadır. Bölgede en çok yayılış gösteren tür ise karaçam olarak belirlenmiştir. Çalışma sahasının %47'si saf karaçam meşcerelerinden oluşmaktadır. Meşcere gelişim çağları ise ağaç türünün ardından ikinci önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma alanının %51 gibi büyük bir çoğunluğu C çağında ki meşcerelerden meydana gelmektedir. Yangına en

hassas gelişim çağı olarak belirlenen AB ve B çağındaki meşcereler ise alanın %13'ünü oluşturmaktadır. Genç meşcerelerde özellikle yangına hassas alanlarda bakım çalışmalarının düzenli bir şekilde yapılması, yanıcı madde miktarının kontrol altına alınması ve yangın müdahale çalışmalarının etkinliğinin arttırılması açısından önem taşımaktadır.

Bölgede son 50 yılda gerçekleşen orman yangınlarının %53'ü yangına I. dereceden hassas alanlarda meydana gelmiştir. Çalışma alanının önemli bir kısmını oluşturan I. dereceden hassas alanlarda toplam yangınların yarıdan fazlasının meydana gelmiş olması bölgede yangın öncesinde, yangın esnasında ve yangın sonrasında alınması gereken koruyucu, önleyici ve engelleyici tedbirlerin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Ağ analizi yöntemiyle mevcut ilk müdahale ekiplerinin durumları incelendiğinde belirlenen 19 potansiyel yangın noktasından 3 tanesine 20 dakikalık kritik müdahale süresine ulaşamadıkları belirlenmiştir. Ulaşılamayan bu noktalara ait ulaşım yollarının sadece standardı yükseltilerek kritik müdahale süresinde ulaşılabileceği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre mevcut ilk müdahale ekiplerinin sayı ve konum olarak çalışma alanı için yeterli olduğu görülse de orman yangınlarıyla mücadele açısından orman yollarının standardının yükseltilmesi ve mevcut yolların özellikle yangın sezonu başında gerekli tamir ve bakım işlemlerinin yapılmasının son derece önemli olduğunu göstermiştir.

Geliştirilen karar destek sisteminin, hareket halinde bulunan ilk müdahale ekiplerinin yangın noktasına sevk edilmesi esnasında optimum güzergahın gerçek zamanlı olarak belirlenebilmesinde oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu güzergâh üzerinde yangın, kaza, araç yoğunluğu vb. sebeplerle aksamalar olabileceği göz önüne alınarak engel konulmak suretiyle alternatif rotalar üretilmiştir. Böylece yangın alanına sadece en hızlı değil aynı zamanda en güvenli güzergahın gerçek zamanlı olarak belirlenmesi hedeflenmiştir.

Çalışma alanındaki 3 adet yangın gözetleme kulesinden (Tepepınar, Civana, Kılıçoluk) elde edilen görünürlük analizinden yararlanarak, kulelerin görebildikleri orman alanları, kulelerin birlikte görebildikleri orman alanları ve hiçbir kulenin göremediği orman alanları belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanı sınırlarında ki ormanlık alanların yaklaşık %57'sinin iki veya daha fazla yangın gözetleme kulesi

tarafından görülebildiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan ormanlık alanların yaklaşık %19'unun hiçbir kule tarafından gözlemlenemediği ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, ülkemizde ki mevcut durum dikkate alındığında çalışma alanında yer alan yangın gözetleme kulelerinin yeterli olduğu ve kule lokasyonlarının da orman yangınlarının etkin biçimde takip edilebilmesi bakımından uygun olduğu belirlenmiştir.

Yenilenebilir doğal kaynakların başında gelen ormanlarımızın bugünün ve gelecek kuşakların ihtiyacını karşılayabilmesi ve aynı zamanda etkin bir şekilde korunabilmesi için modern yöntemlerle sürdürülebilir ve optimum verimliliği sağlayacak şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Orman alanlarımızın sayısal veri tabanının geliştirilmesi ve özellikle mevcut yol ağlarının tamamının sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılması durumunda, bu çalışmada sunulan ve modern yöntemlere bir örnek teşkil eden karar destek sistemi, Türkiye genelinde uygulanabilecek ve böylece orman yangınlarına karşı daha hızlı ve etkili müdahale imkânı sağlanacaktır. Çalışmada uygulanan yangın risk analizinde değerlendirilen faktörlere ek olarak sisteme günlük ve anlık değişebilen faktörler de (meteorolojik vb) entegre edildiğinde gerçek zamanlı yangın risk haritaları oluşturulabilecek ve yangınla mücadele unsurlarının organizasyonu optimum düzeyde sağlanabilecektir. Bu çalışmanın bir devamı olarak bilgisayar yazılımları ile CBS programlarından bağımsız bir programın geliştirilmesi sistemin başarısını artıracaktır. Geliştirilecek bu program ile araç hızlarının sadece yol tipine ve yol durumuna göre değil aynı zamanda araçların spesifikasyonları da dikkate alınarak hesaplanması mümkün olabilecektir.

6. KAYNAKLAR

Akay, A.E., Erdaş, O., Karaş, İ.R. (2006). Sediment Üretimini En Aza İndiren Orman Yolu Güzergahının Seçiminde CBS ve Optimizasyon Tekniklerinin Kullanılması. *1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştayı,* İstanbul : İ.T.Ü, 27-29 Kasım.

Akay, A.E., Yenilmez, N. (2007). Orman Yangınları ile Mücadelede Çalışan İşçilerin Sağlık ve İş Güvenliği Sorunlarının İncelenmesi: Alanya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *13. Ulusal Ergonomi Kongresi.* Kayseri : 6-8 Aralık.

Akay, A.E., Serin, H., Yenilmez. N. (2008a). Yangın Helikopterlerinde Görev Yapan Hava Destek ve İlk Müdahale Ekibinin Sosyal Durumlarının ve Çalışma Koşullarının İncelenmesi. *II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi*, Isparta : 19-21 Şubat.

Akay, A.E., Acar, H.H., Sessions, J. (2008b). An Analysis of Utilizing Helicopter Logging in Turkish Forestry, *Journal of Applied Sciences*, 8 (21), 3910-3916.

Akay, A.E., Serin, H., Yenilmez. N. (2008c). Orman Yangınları ile Mücadele Kullanılan Helikopterlerde Görev Yapan Pilotların ve Diğer Personelin Sağlık ve İş Güvenliği Sorunlarının İncelenmesi. *14. Ulusal Ergonomi Kongresi.* Trabzon: 30 Ekim-1 Kasım.

Akay, A.E., Şakar, D. (2009). Yangın Sahasına En Kısa Sürede Ulaşımı Sağlayan Optimum Güzergâhın Belirlenmesinde CBS Tabanlı Karar Destekleme Sisteminin Kullanılması. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, İzmir.

Akay, A. E., Sivrikaya, F., Yenilmez, N., Taylan, H. (2011). Yangın Gözetleme Kulelerinin Lokasyonlarının CBS Ortamında Görünürlük Analizi ile Değerlendirilmesi. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 24-26.

Akay, A. E., Gesoğlu, T., Gülci, N. (2014). Orman Yangınları ile Mücadelede Optimum Yol Güzergâhının Network 2001 Programı ile Belirlenmesi. *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Isparta.

Avcı, M., Korkmaz, M., Alkan, H. (2009). Türkiye'de Orman Yangınlarının Nedenleri Üzerine Bir Değerlendirme. *1. Orman Yangınları Sempozyumu*, Antalya: 7-10 Ocak.

Asri, İ., Çorumluoğlu, Ö., Özdemir, E. (2015). CBS Destekli Orman Yangını Risk Dağılım Analizi; Antalya Örneği. *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.

Başaran, M. A., Sarıbaşak, H., Çamalan, İ. (2007). Yangın Risk ve Tehlike Sınıflarının Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniğinin Kullanılması. *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu*, 17-19.

Bilici, E. (2009). Orman Yangın Emniyet Yolları ve Şeritleri ile Orman Yol Şebekelerinin Entegrasyonu, Planlamaları ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma (Gelibolu Milli Parkı Örneği), *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59(2), 85-101.

Bingöl, B. (2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Burdur İli Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi, *Turkish Journal Of Forest Science*, 1 (2), 169-182.

Çanakçıoğlu, H. (1993). *Orman Koruma*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Erdaş, O. (1983). Orman Yol Yapımında Bazı Teknik ve Yönetsel Sorunlar. *KTÜ Orman Fakültesi Dergisi*. 6,1, 102-147.

Erdaş, O. (1986). Türkiye'de Orman Yol Yapım Çalışmalarında Kaydedilen Aşamalar ve Bugünkü Durum. *Orman Mühendisliği Dergisi*. 1:18-22.

Erdaş, O. (1997). Orman Yolları. Cilt I-II. K.T.Ü. Basımevi. Yayın No:187. Trabzon. 744s.

Eroğlu, E. (2009). Orman Yangınları Konusunda Bilinçlendirme Faaliyetleri. 1. Orman Yangınları Sempozyumu, 7-10 Ocak, Antalya. (2009).

Erten, E., Kurgun, V., Musaoğlu, N. (2005). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sistemleri Kurulması. *TMMO Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,* Ankara : 28 Mart-1 Nisan.

Ertuğrul, M. (2005).Orman Yangınlarının Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu. *ZKÜ Bartın Ormn Fakültesi Dergisi.* 7,7, 43-50.

Hasdemir, M., Demir, M. (2001). Türkiye'de Orman Yollarını Karayollarından Ayıran Özellikler ve Bu Yolların Sınıflandırılması. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 50, 2, 85-96.

Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., Kızılelma, Y. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *6*(24), 171-179.

Karaca, M., Deniz, A., Tayanç, M. (2000). Cyclone Track Variability Over Turkey in Association with Regional Climate, *International Journal Climatology*, 20, 1225-1236.

Korkmaz, M. (2004). Küme Örtüleme Modeli Kullanılarak Optimum Yangın Gözetleme Noktalarının Belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry, 1*, 37-49.

Köse, O. (2012). *CBS Teknikleri Kullanılarak Orman Yollarının Yangın Koruma Amaçlı Değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Küçük, Ö., Ünal, S. (2005). Yangın Hassasiyet Derecesinin Belirlenmesi: Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi,* 6 (1-2), 28-34.

Küçük, Ö., Bilgili, E. (2006). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yangın Davranışının Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu Örneği. Gazi Üniversitesi. *Kastamonu Orman Fakültesi dergisi,* 6, 2, 262-273.

Mol, T. (1994). Türkiye'de Orman İşletmelerinin Yangına Hassaslık Sıralaması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* Seri A. 44, 2, 17-33.

OGM. (1984). 202 Sayılı Tebliğ, Orman Yol Ağı Planlarının Düzenlenmesi Ait Yönetmelik, TOKB Orman Genel Müdürlüğü İnşaat Daire Başkanlığı, Ankara.

OGM. (1995). Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları. Orman Genel Müdürlüğü. Tebliğ no: 285, Ankara. (1995) 133 s.

OGM. (2010). 2009 Yılı Faaliyet Raporu. Orman Genel Müdürlüğü. Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı. Ankara. 112 s.

OGM Resmi İstatistikler. Erişim: 15 Şubat 2019, https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Istatistikler/Ormancılık İstatistikleri/Ormancılık İstatistikleri 2016.rar

Ozulu, İ.M., Tombuş, F.E., Coşar, M. (2012). Görünürlük Analizinin Arkeolojik Alanlara Uygulanması. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (Uzal-CBS 2012),* Zonguldak: 16-19 Ekim.

Özelkan, E. (2008). *Uydu Görüntüleri Kullanarak Yangın Riski Değerlendirilmesi Kaş Örneği* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul.

Öztopal, A. (2017). Türkiye'nin Yıldırım ve Şimşek Gözlemlerinin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, *19*(56).

Potocnic, I. (1996). The Multiple Use of Forest Roads and their Classification, Biotechinical Faculty, Department of Forestry, Ljubljna. Slovenia. pp: 103-108.

Seçkin, Ö.B. (1984). Türkiye'de Orman Yol ve Şebeke Planlarının Düzenlenmesi ve Etüt Aplikasyonu. İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi.* Seri B. 1:112-125.

Sivrikaya, F., Akay, A.E., Oğuz, H., Yenilmez, N. (2011). Mapping Forest Fire Danger Zones Using GIS: A Case Study from Kahramanmaraş. 6th International Symposium on Ecology and Environmental Problems. 17-20 November, Antalya.

Şahin, K., Gümüşay, M.Ü. (2007). İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Orman Yangınlarında Kullanılması, *Harita Dergisi*, 138, 69-83.

Şakar, D. (2010). *CBS Tabanlı Karar Destek Sistemi Kullanılarak Yangın Sahasına En Kısa Sürede Ulaşımı Sağlayacak Optimum Güzergâhın Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Şişman, A. (2015). Yangın Risk Haritasının Üretilmesi ve İstasyonların Konumlarının Uygun Yer Analizi ile İrdelenmesi. *3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Valencia*: Universidad Politecnica de Valencia, June 3-5.

Taştan, H., Bank, E. (1994), Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Bağlı Analizler, *1.Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu,* (ss.33-52). Trabzon : K.T.Ü.

Ün, C. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanımı. 1. Orman Yangınları Sempozyumu, (ss.72-82), Antalya : 7-10 Ocak.

Yıldırım, V., Yomralıoğlu, T. (2002). Adres Bilgi Sistemi Tasarımı ve Ağ Analizi Uygulamaları. *Türkiye Sekizinci Esri ve Erdas Kullanıcıları Grubu Toplantısı,* 6-7 Haziran 2002, ODTÜ, Ankara.

Yıldızlı, E.S. (2013). *Orman Yangınlarında Organizasyon ve Karar Destek Sistemleri* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Yılmaz, B. (2017). *Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin CBS Tabanlı Karar Destek Sistemi Kullanılarak Planlanması* (Yüksek lisans tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Yücel, M. (1998). Orman Bölgelerinin Yangın Hassaslık Derecelerinin Hesaplanması. *Orman Mühendisliği Dergisi*. 7, 22-25.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad **: Abdullah ERDOĞAN**

Doğum Tarihi ve Yeri **: 05/07/1986 Germencik**

E-posta **:** abdullaher@yandex.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:** 2012, İÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** **:**

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- ……..
- ……..

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- ……
- ……..
- ……

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- ……
- ……..