

**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI KARAÇAM MEŞCERELERİNDE MEŞCERE**  
**ÖZELLİKLERİNE BAĞLI OLARAK YANICI MADDE MİKTARININ**  
**BELİRLENMESİ**

**Uğur Tamer ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Yrd. Doç. Dr. Bülent SAĞLAM**

**OCAK - 2008**  
**ARTVİN**

**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI KARAÇAM MEŞCERELERİNDE MEŞCERE**  
**ÖZELLİKLERİNE BAĞLI OLARAK YANICI MADDE MİKTARININ**  
**BELİRLENMESİ**

**Uğur Tamer ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Yrd. Doç. Dr. Bülent SAĞLAM**

**OCAK - 2008**  
**ARTVİN**

T. C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Uğur Tamer ÇELİK'in Yrd. Doç. Dr. Bülent SAĞLAM'ın danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “ Farklı Karaçam Meşcerelerinde Meşcere Özelliklerine Bağlı Olarak Yanıcı Madde Miktarının Belirlenmesi” adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek ..... ile kabul edilmiştir.

.... / .... / 2008

	Adı ve Soyadı	İmza
Başkan:	Yrd. Doç. Dr. Bülent SAĞLAM	.....
Üye :	Doç. Dr. Sami İMAMOĞLU	.....
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Turan SÖNMEZ	.....

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .... / .... / 200... gün ve .... / ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....  
Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu çalışma karaçamda tepe yanıcı madde miktarının belirlenebilmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada 15, 28 ve 60 yaşlarındaki meşcerelerde çalışılmıştır. Toplam 9 adet deneme alanındaki 34 adet ağacın farklı yanıcı madde kısımlarına ait yanıcı madde miktarları belirlenmiştir. Tepe yanıcı maddeleri canlı ve ölü olarak, boyutlarına göre gruplandırılarak, yanıcı madde miktarının belirlenmesi için regresyon eşitlikleri geliştirilmiştir. Ölçülen yanıcı madde miktarları ile ağaç yaşı ve boyu, tepe boyu ve çapı, göğüs yüksekliği çapı ( $d_{1,30}$ ), rölatif gövde yüksekliği çapı ( $d_{0,1}$ ) bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkiler doğrusal regresyon analizi kullanılarak ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar, ibre, dal, tüketilebilir ve toplam yanıcı madde miktarlarının kolaylıkla ölçülebilen veya tahmin edilebilen ağaç özelliklerine bağlı olarak tahmin edilebileceğini göstermiştir. Bu çalışmada geliştirilen eşitlikler bu çalışmanın sınırları dikkate alınmak kaydıyla, ibre ve tepe biokütlesini araştıran ormancılar, orman ekolojistleri ve diğer bitkilerle ilgilenen kişilerce güvenle kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Karaçam, yangın, biokütle, yanıcı madde özellikleri.

## ABSTRACT

This study was carried out to estimate crown fuel loading for Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold). Stand ages 15, 28 and 60 years were chosen for the fuel loading study. Thirty four trees were sampled at nine sample plots and their crown fuels were weighed separately for each fuel category. Crown fuel components, both live and dead, were separated into size classes and regression equations that estimate crown fuel load by diameter class were derived. Observed crown fuel loads were examined using linear regression model, using tree age and height, crown height and diameter, diameter at breast height ( $d_{1.30}$ ), diameter in relative stem height ( $d_{0.1}$ ) as independent variables. Results indicated that foliage, branch, available and total fuel loading could be accurately predicted based on readily predictable tree characteristics. The allometric equation derived and validated in this study may be used with confidence by foresters, forest ecologist, and other plant scientists seeking estimates of foliar or crown fuel biomass in natural and planted Anatolian black pine within the range of this study.

**Keywords:** Anatolian Black Pine, fire, biomass, fuel characteristics.

## ÖNSÖZ

Farklı karaçam meşcerelerinde meşcere özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde miktarının belirlenmesi konulu yüksek lisans tezinin arazi çalışmaları Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Kargı Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Akkaya ve Erenlerkös bölgelerinde seçilen farklı deneme alanlarında yapılmıştır. Bu deneme alanlarından alınan örneklerle dayalı olarak çeşitli ölçümler yapılmıştır. Örneklerin kurutulması ve kuru ağırlıklarının tespiti işlemleri ise Kastamonu İl Kontrol laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın planlanmasında, deneme alanlarının seçiminde, örneklerin alınmasında, örneklerin arazideki ve laboratuvardaki ölçüm, tartım, kurutma işlemlerinde ve tezin yazım sürecinde kaynak ve bilgilerini açarak yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Bülent SAĞLAM'a içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince fikir ve bilgilerinden yararlandığım ve bu süreçte her aşamada yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ömer KÜÇÜK'e, sonsuz teşekkür ederim. Bu süreç boyunca değişik konularda fikirlerinden yararlandığım değerli arkadaşım Arş. Gör. Aşkın GÖKTÜRK'e, arazi çalışmaları boyunca yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Orm. Müh. Şeref ÖZGÜR ve Orm. Müh. Muammer KARDİL'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmasını yapmamda yardımcı olan Kastamonu İl Kontrol Laboratuvarı çalışanlarına da teşekkür ederim.

Artvin, 2008

Uğur Tamer ÇELİK

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>ÖZET</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>x</b>
<b>1. GENEL BİLGİLER</b>	<b>1</b>
1.1 Giriş	1
1.2 Literatür Araştırması	7
1.2.1 Orman Yanıcı Maddeleri ve Özellikleri	7
1.2.2 Kanada Sisteminde Yanıcı madde Tipleri	19
1.2.3 Amerikan Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri	22
<b>2. YAPILAN ÇALIŞMALAR</b>	<b>27</b>
2.1. Materyal	27
2.1.1. Araştırma Alanı Özellikleri	27
2.2. Yöntem	28
<b>3. BULGULAR</b>	<b>31</b>
3.1. Ağaçlara Ait Yanıcı Madde Bulguları	31
<b>4. SONUÇLAR</b>	<b>48</b>
<b>5. KAYNAKLAR</b>	<b>52</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>57</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

%	yüzde
°C	derece santigrat
cm	santimetre
d	çap
d <sub>0,1</sub>	rölatif gövde yüksekliği çapı (ağaç boyunun 1/10'ununa denk gelen çap)
d <sub>1,30</sub>	göğüs yüksekliği çapı
ha	hektar
kg	kilo gram
km	kilo metre
g	gram
m	metre
mm	milimetre
m <sup>2</sup>	metrekare

### 2. Kısaltmalar

a	ağaç
by	boy
ÇRP	çarpım (tepe boyu×ağaç boyu)
ççkd	canlı çok kalın dal 25 mm den büyük dallar
cib	canlı ibre
cicd	canlı İnce dal 10 mm den küçük
cibid	canlı ibre ve incedal 6 mm den küçük
cid	canlı İnce dal 6 mm den küçük
ckd	canlı Kalın dal 11 mm ile 25 mm arası dallar
ckld	canlı Kalın dal 10 mm den büyük
cod	canlı Orta Dal 6 mm ile 10 mm arası dallar
cT	canlı toplam yanıcı madde
GT	genel toplam
K	Kapalılık



KDS	Karar Destek Sistemleri
max	maksimum
min	minimum
ORN	oran (tepe boyu/ağaç boyu)
ort	ortalama
öçkd	ölü çok kalın dal 25 mm den büyük dallar
öib	ölü ibre
öicd	ölü ince dal 10 mm den küçük
öid	ölü ince dal 6 mm den küçük dallar
ökd	ölü kalın dal 11 mm ile 25 mm arası
öklđ	ölü kalın dal 10 mm den Büyük
ööđ	ölü orta dal 6mm ile 10 mm arası dallar
öt	ölü toplam yanıcı madde
S.H.	standart hata
S.S.	standart sapma
Ticđ	toplam ince dal 10 mm den küçük
Tkld	toplam kalın dal 10 mm den büyük
tym	tüketilebilir yanıcı madde
tby	tepe boyu
tçp	tepe çapı
yş	yaş
YDTS	Yangın Davranışı Tahmin Sistemi
YTOS	Yangın Tehlike Oranları Sistemi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1 Canlı ibre ağırlığının ölçülen ve 3 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	37
Şekil 3.2 11 mm den küçük canlı yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 17 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	38
Şekil 3.3 Toplam canlı yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 9 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	39
Şekil 3.4 Toplam ölü yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 13 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	40
Şekil 3.5 Genel toplam yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 15 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	41
Şekil 3.6 Tüketilebilir yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 16 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	42
Şekil 3.7 11 mm den küçük toplam yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 19 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	43
Şekil 3.8 10 mm den büyük toplam yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 22 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı	44
Şekil 3.9 Çka3, Çkb3 ve Çkc3 meşcerelerinde ibre, ince dal, orta dal, kalın dal, çok kalın dal miktarlarının toplam yanıcı madde miktarı içerisindeki oranları	47

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1	Kanada sisteminde yanıcı madde tipleri	20
Çizelge 1.2	Amerikan sisteminde yanıcı madde tipleri	24
Çizelge 3.1	Deneme alanlarından kesilen ağaçlara ait özellikler, yanıcı madde miktarları	32
Çizelge 3.2	Yanıcı madde özellikleri ile canlı yanıcı madde miktarları arasındaki korelasyon	33
Çizelge 3.3	Yanıcı madde özellikleri ile ölü yanıcı madde miktarları arasındaki korelasyon	34
Çizelge 3.4	Yanıcı madde özellikleri ile toplam yanıcı madde miktarı arasındaki korelasyon	35
Çizelge 3.5	Ağaçlarda yanıcı madde ağırlıklarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak oluşturulan modeller	36
Çizelge 3.6	Deneme alanlarında ölçümler sonucu hesaplanan yanıcı madde miktarları	45
Çizelge 3.7	Deneme alanlarında ölçümler sonucu hesaplanan ağaçlar üzerindeki canlı ve ölü yanıcı madde miktarları	46

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1 Giriş

Doğal dengenin bir parçası olan ormanlar, sürdürülebilir kaynakların en önemlilerinden biri olmakla beraber, açıkta bulunmaları sebebiyle açmalar, işgaller, usulsüz kesimler, zararlı böceklerin arız olması ve yangınlar gibi canlı cansız birçok tehlikeyle karşı karşıyadırlar. Ormanlar, odun ve odun ürünlerine olan talebin artması nedeniyle yapılan bilinçsiz ve aşırı kullanımın yanı sıra ekosistem dinamiklerini en çok etkileyen faktörlerden biri olan yangınlar [1,2] sonucu zarar görmektedir. Orman yangınları yangına bağlı ekosistemlerin bir parçası olmasına rağmen zaman zaman yangınlar; kısa bir sürede büyük orman alanlarının kaybolmasına neden olmakta, orman alanı içerisindeki flora ve faunaya da zarar vermektedirler.

Ormanlarımızın değeri son yıllarda gittikçe artan çevre bilinciyle birlikte daha iyi anlaşılmaya başlamıştır. Ormanlar, sadece odun üreten kaynaklar olarak görülmeğe çıkarak, bunun dışındaki birçok işlevleriyle planlamalara konu olmaktadır. Bütün bu işlevlerin yerine getirilebilmesi ve planlanan sürdürülebilir ormancılık hedeflerine ulaşabilmek için birçok alanda çalışmalar yürütülmektedir. Ormanların bu şekilde hedeflenen devamlılığına zarar veren faktörlerin başında Dünya'nın büyük bir kısmında olduğu gibi Türkiye'de de orman yangınları gelmektedir. Orman yangınları bir taraftan her yıl binlerce hektar verimli orman alanının yanıp kül olmasına ve milyarlarca liralık yangınla savaş giderlerine neden olurken, diğer taraftan su üretim, toprak koruma, iklim düzenleme, toplum sağlığı, tabiatı koruma, milli savunma, estetik, rekreasyon, bilim ve araştırma gibi bir çok değerin [3, 4] kaybolmasına yol açmaktadır. Neticede ormanlar ve orman alanlarının sürekliliği de tehlikeye girmektedir [5]. Bununla birlikte, orman yangınları, ormanların sürekliliği ve ekolojik dengenin sağlanmasında en önemli öğelerden birini oluşturmaktadır [6]. Dolayısıyla, orman yangınlarının iyi bir şekilde incelenerek analiz edilmesi, ekonomik ve ekolojik etkilerinin ortaya konulması, yapılacak planlama ve düzenlemelerin başarısı üzerinde önemli roller oynayacaktır [7].

Türkiye orman varlığı 21,2 milyon hektar civarında olup, bu ormanlık alanların yaklaşık % 35'i birinci derece, % 23'ü ikinci derece, % 24'ü üçüncü derece, % 14'ü dördüncü

derece ve % 4'ü ise beşinci derecede yangına hassas bölgelerde yer almaktadır. Özellikle, yazları sıcak ve kurak geçen bir iklime sahip olan Ege ve Akdeniz bölgesi, yangına birinci derecede hassas alanların en fazla olduğu bölgelerdir. Kahramanmaraş'tan başlayıp Akdeniz ve Ege'yi takiben İstanbul'a kadar uzanan 1 700 km lik sahil bandının 160 km derinliğindeki bölümünde yayılış gösteren 12 milyon hektarlık ormanlık alan, yangına birinci derecede hassastır. Başka bir ifadeyle, ormanlarımızın yaklaşık % 58'i yangınlar açısından riskli bölgelerdedir. 1937 yılından bu yana tutulmaya başlayan yangın istatistiklerine bakıldığında 2006 yılı sonuna kadar geçen 70 yıllık sürede 80 012 adet yangın meydana gelmiş, toplamda 1 571 609 hektar ve yıllık olarak da ortalama 22 451 hektar ormanlık alan yanmıştır. Bu tarihler içerisindeki yıllık ortalama yangın sayısı 1 143 adet olup, bir yangın başına düşen yanan alan miktarı 19,64 hektar olmuştur [8].

1996-2006 yılları arasındaki 11 yıllık sürede çıkan orman yangınlarında 98 170 hektar ormanlık alan yanmıştır. Yıllık ortalama yanan alan miktarı 8 924 hektar olup, yangın başına düşen alan ise 4,64 hektar olmuştur [8].

Sadece 2006 yılı içerisinde meydana gelen yangınlar neticesinde; 455 850 m<sup>3</sup> ve 69 973 ster dikili gövde hacminde ağaç yanmıştır. Tamamen yanan emval miktarı 17 908 m<sup>3</sup> ve 9 189 ster olurken, 277 818 m<sup>3</sup> ve 61 925 ster orman emvali de çeşitli ölçülerde değer kaybına uğramıştır. Bu suretle emval konusunda uğranan zarar miktarı 4 milyon YTL olarak hesaplanmış, yangın sonrası ağaçlandırılması gereken sahalar için hesaplanan ağaçlandırma ve gençleştirme giderleri ise 25 milyon 81 bin YTL olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan sabit organizasyon giderleri dışında sadece yangın çıkmış olması sebebi ile yapılan mükellef iâşe masrafı, akaryakıt masrafları, kırılan ve kaybolan aletlerin yenilenme masraflarının oluşturduğu diğer giderler tutarı ise 11 milyon 485 bin YTL olmuştur. Böylece 2006 yılında orman yangınları sonucu maruz kalınan toplam maddi zarar 40,9 milyon YTL'sini bulmuştur [8].

Orman yangınları yönünden yeterli bilgi ve araştırma düzeyine sahip olmayan ülkeler yangınlar neticesinde büyük maddi ve manevi kayıplarla karşı karşıyadırlar. İstatistiklere bakıldığında ülkemizde ki yangınların büyük bir kısmında insan faktörü

görülmektedir. Ülkemiz nüfusunun yaklaşık %12'si orman içi ve orman bitişiği köylerde yaşamaktadırlar [8]. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda kayıpları azaltmak için, yapılan araştırmalar ile beraber, sadece teknik personeller değil orman köylüsü başta olmak üzere toplum bilgilendirilmelidir.

Ülkemizde yangına hassas alanların belirlenmesinde kullanılan mevcut sistem son 20 yılda meydana gelen yangınların ortalama yıllık yangın adedi ve yanan alan değerlerini dikkate almaktadır [9]. Genel yangın politikasının belirlenmesinde yeterli olan mevcut yangın hassasiyet sınıflandırma sistemi, yanıcı madde özelliklerini ve değişen iklim koşullarını dikkate almadığı için daha detaylı çalışmalarda ihtiyacı karşılayamamaktadır. Bu sınıflandırmaya göre yangına hassas olarak görülmeyen, ancak yanıcı madde özellikleri açısından çok büyük yangın potansiyeli taşıyan alanlar fazladır. 5 Nisan 2000'de, yangın sezonu dışında ve ekstrem hava koşulları altında birbiri ardına çıkan ve 7 127,65 ha orman alanının yanmasına neden olan 98 adet orman yangını bunu destekler niteliktedir [10].

Orman yangını, meydana geldiği alanların çevresi açık olması nedeni ile serbest yayılma eğiliminde olan ve ormandaki yanıcı maddeleri yakan bir yangındır [11]. Orman yangınları hava hallerinden, yanıcı maddelerden ve topografyadan etkilenmekte olup, bunlara bağlı olarak bir davranış sergilemektedir. Dolayısıyla, yangın davranışının doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi bu faktörler hakkında detaylı bilgilerin olmasını gerektirir. Bunun için de yangın davranışı üzerinde oldukça etkili olan yanıcı madde planlamasına ağırlık verilmesi gerekir [12]. Yanıcı maddeler zamanda ve mekanda değişiklik göstermesi ve kontrol edilebilir olmaları nedeniyle, üzerlerinde herhangi bir kontrolün söz konusu olmadığı meteorolojik ve topografik faktörlerden ayrılırlar. Bundan dolayı yangınların kontrol altına alınabilmeleri ve davranışlarının başarılı bir şekilde tahmin edilebilmesi büyük oranda yanıcı madde özelliklerine bağlıdır. Bu sebeple yanıcı madde tiplerinin tanımlanması ve yangın davranış modellerine entegrasyonu konusunda çok yoğun araştırmalar yapılarak yanıcı madde modelleri oluşturulmuştur [13, 14, 15].

Yanıcı maddelerin sınıflandırması ile ilgili olarak yaklaşık bir asırdır Kanada, Amerika ve Avustralya'da önemli çalışmalar yapılmaktadır. ABD'de yanıcı madde tiplerinin düzenlenmesine bağlı olarak 13 tane yanıcı madde modeli geliştirilmiştir [16]. Bu sistemde yanıcı maddeler; çayır, çalı/maki, ağaçlar ve kesim artıkları olarak dört gruba ayrılmıştır. Yanıcı maddeler, kendi grupları içerisinde çeşitli yanıcı madde tipleri olarak sınıflandırılmıştır. Yangın davranışı tahmininde, yanıcı madde modellerine yanıcı maddelerdeki değişimlerde dahil edilmiştir [17]. Yanıcı maddenin; ağırlığı, derinliği, yoğunluğu, nem içeriği, ve kimyasal bileşimi yanıcı madde gruplarının farklı özellikler göstermesine neden olmakta ve bu durum yangın davranışlarında farklılıklar meydana getirmektedir [18].

ABD sisteminde yangın davranışı yanıcı madde nemi, sıcaklık değişimleri, meteorolojik parametreler ve farklı yanıcı maddelerin etkilerinin ölçüldüğü laboratuvar denemelerine dayanmaktadır [18].

Kanada sistemi Amerikan sisteminin tersine, Avustralya sisteminde olduğu gibi farklı arazi ölçümlerine dayalı verilerin analizlerinden meydana gelmektedir. Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Yanıcı madde tipleri nitelik bakımından ziyade, nicelik olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma meşcere yapısı, örtü ve üst tabaka yanıcıları ile orman yüzeyini kaplayan yanıcı maddelere göre yapılmıştır [19].

Yangın davranışı tahmini, meşcerelerdeki deneysel yaklaşımlarla birlikte, çok güvenilir teorik analizlere veya laboratuvar ve arazi şartlarında gerçekleştirilen deneysel yangınlara ve farklı arazi bilgilerinin istatistikî analizlerine dayanmaktadır [20]. Oluşturulan sistem deneysel olarak seçilmiş bölgelerde birçok sezonda toplanmış orman yangın davranış bilgileri, yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametreler birlikte kullanılarak oluşturulmuştur [21]. Farklı yanıcı madde tiplerindeki yangın davranış farklılıkları yanıcı madde tiplerine bağlıdır [22].

Avustralya sistemi Kanada sisteminde olduğu gibi, yanıcı madde tipleri hem deneysel hem de teorik yaklaşımlar kullanarak oluşturulmuştur [21]. Daha sonra ise ABD sistemi

ile kombine edilerek geliştirilmiştir [17]. Avustralya sisteminde yanıcı madde tipleri Amerika ve Kanada sisteminde olduğu gibi çeşitli vejetasyon sınıfları içerisinde sınıflandırılmıştır. Her bir vejetasyon tipi için standart bir yanıcı madde numarası oluşturularak değişik yanıcı madde tipleri, yanıcı madde modeli olarak yangın davranışı tahmini sistemi içinde yer almıştır. Avustralya sisteminde yanıcı maddeler, Kanada sisteminden farklı olarak ince materyal ile birikmiş yaprak tabakasındaki yanıcı maddelerin çürüme ve bozulma oranları hesaplanmış ve meşcere gelişiminin bir fonksiyonu olarak izah edilmiştir [17].

Sağlıklı yangın amenajmanı planları ve karar destek sistemlerinin oluşturulmasında yanıcı madde özelliklerinin doğru ve kapsamlı bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Yanıcı maddeler, sadece yangınlar açısından değil ekolojik açıdan da hava kalitesi ve karbon döngüsü modellerinde artan bir şekilde önemli hale gelmektedirler [23].

Geçmiş yıllar incelendiğinde yangın kontrolünün, kısıtlı imkanlar ve yeterli çalışmanın olmaması sebebiyle el yardımıyla derlenen, çok az bir bilgi ile başarılmaya çalışılan bir süreç olduğu görülmektedir. Bilgi ve kaynakların kontrol merkezi yoktu ve genellikle kaynaklar yangın başladıktan sonra tahsis ediliyordu. Günümüzde ise, gelişen teknoloji, bilgisayarlar ve uygun donanımlar yardımıyla, yangını önceden tahmin etmek, kaynakları en uygun şekilde dağıtmak ve yangın kontrolü için gerekli olan çok sayıda karmaşık verileri yönetmek mümkündür. Orman yangınlarının büyük kayıplara yol açtığı ülkelerde uzun zamandan beri sistem halinde yangın tehlike oranları kullanılmaktadır. Ancak ülkemizde, yangınlarla mücadele çalışmaları kapsamında yapılan planlamalarda kullanılacak gerek yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi, haritalanması ve gerekse yangın davranışının belirlenmesine yönelik çalışmalar çok az sayıda [22, 24, 25] ve yeterli düzeyde değildir. Ülkemizde de bir an önce bu konuda çalışmaların artması ve yangın tahmin sisteminin geliştirilmesi sağlanmalıdır. Bunun için yanıcı madde tiplerine uygun yanıcı madde modelleri geliştirilip yangın davranış tahmini sisteminde kullanılmalıdır [22]. Her ne kadar yangının çıkması engellenemese bile, yangın neticesinde meydana gelen kayıplar ve yangınla mücadele giderleri asgari seviyelere indirilebilir.



Her hangi bir ormanlık alanda çıkan yangının davranışını kestirebilmek, yangına yapılacak müdahalenin ne ile, ne çeşit ve nasıl olacağına karar vermek için, yangının meydana geldiği saha ile ilgili, iklim verileri, topografya ve özellikle söz konusu alandaki yanıcı maddeyi iyi tanımak gerekir. Yangın davranışının sağlıklı bir şekilde tahmin edilebilmesinde yangının meydana geldiği alandaki yanıcı maddenin özelliklerinin ve miktarının doğru bir şekilde biliniyor olması gerekir. Yanıcı madde miktarı ve yanıcı madde özellikleri yangın davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bunlar hep birlikte yangın potansiyelini belirleyen önemli faktörlerdendir. Yangın amenajman planlarının sağlıklı bir şekilde oluşturulabilmeleri için topografya ve iklim verilerinin yanında yanıcı maddeler ile ilgili de çok detaylı ve doğru bilgilere ihtiyaç vardır. Toparlanan bu bilgilerin ve araştırmalar sonucu elde edilen verilerin tamamının birbirleri ile olan bağlantıları bir bütün halinde ortaya konulmalı, gerektiğinde yangın yöneticilerinin sağlıklı bir sonuca tek bir sistem halinde ulaşmaları sağlanmalıdır.

Yangın potansiyelinin bilinmesinin, kaynakların etkin ve ekonomik kullanılması üzerinde önemli etkileri vardır. Yangın yöneticileri yangınlarla etkili bir şekilde mücadele edebilmek ve yapacakları planlamalara katkı sağlamak için her türlü kaynak, bilgi ve programdan faydalanmak durumundadırlar. Geleceğe dönük yangın potansiyelini belirlemek için geliştirilen Yangın Tehlike Oranları Sistemi (YTOS) yangın organizasyonların ihtiyaç duyduğu verileri sağlayarak karar verme aşamasında yardımcı olmaktadır. Oluşturulan yangın organizasyonlarının başarı derecesi, yararlanılan karar destek sistemleri (KDS)'nin gelişmişliğine ve Yangın Tehlike Oranları Sistemi'nin başarılı bir şekilde uygulamasına bağlıdır [7, 26, 27]. Karar Destek Sistemleri ve Yangın Tehlike Oranları Sistemi'nden faydalanmak, yangın organizasyonlarda yanlış alınacak kararları azaltarak, etkili kararlar alınmasını sağladığı gibi, yangınla mücadelede elde edilecek başarıyı, giderleri ve maliyeti düşürerek başarıyı artıracaktır.

Yangın yöneticileri, yanıcı madde özelliklerine ait her türlü bilgi ve veriye sahip oldukları vakit yangın potansiyelini rahatlıkla belirleyebilirler. Yangın potansiyeli hesaplanmadan önce yanıcı madde tipleri, yangın davranışı ve yangın etkileri

haritalanabilmektedir. Ülkemizde yangın riskinin yüksek olmasına karşılık bu çalışmalar henüz çok yetersiz durumdadır. Ülkemizde yangın davranış modelleri henüz uygulanmaya başlanmadığı gibi bu konuda maki yanıcı madde tipinde yangın davranışına ait modellerin oluşturulması [25] dışında yeterli ve kapsamlı bir araştırma da yapılmamıştır.

Yangınlar neticesinde ortaya çıkan kayıpların telafisi zordur ve zaman almaktadır. Yangın riskinin yüksek olduğu ülkemizde, yangınlarla mücadelenin planlanması, yangın tehlike oranları sisteminin kurulması, yangın risk haritalarının oluşturulması ve karar destek sistemlerine yardımcı olacak her türlü verinin bir araya getirilerek, bağlantılarının ortaya konulması gerekmektedir. Bu araştırmada yanıcı maddelerin, yangın davranışı tahmini sistemindeki öneminin, yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak ortaya konmasına çalışılmıştır. Farklı çağlardaki karaçam meşcerelerinde yanıcı madde miktarının belirlenmesi ve yanıcı madde özelliklerine bağlı yanıcı madde modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır, yangın riskinin yüksek olduğu ülkemizde yangın tehlike oranları sisteminin oluşturulmasında, yanıcı madde ağırlığının tespiti ile ilgili olarak veri teşkil etmesi açısından faydalı olacağı kanaatiyle çalışılmıştır.

## **1.2 Literatür Araştırması**

### **1.2.1 Orman Yanıcı Maddeleri ve Özellikleri**

Hangi tipte olursa olsun, yangının çıkabilmesi yanıcı madde, oksijen, tutuşma sıcaklığı üçlüsünün varlığını ve bunların uygun bir ortamda bulunmasını gerektirir [28]. Yangın Davranışı Tahmin Sistemi (YDTS) içine yanıcı madde özelliklerinin doğru ve eş zamanlı bir şekilde dahil edilmesi, yangın davranışında büyük önem taşımaktadır. Yanıcı maddelerin sınıflandırılmasında, yangın davranışına etki eden yanıcı madde ağırlığı, boyutları, dağılımı ve nem içeriği gibi elde edilebilen ve üzerinde ölçümler yapılabilen yanıcı madde özellikleri esas olmaktadır [29]. Yanıcı maddeler toprakta, toprak üstünde ve daha yüksekte bulunabilen ve tutuşup yanabilen herhangi bir madde veya karışım olarak tanımlanmıştır [30]. Odunsu yapıdaki ve diğer bitkisel materyallerden oluşan tüm yanıcı maddeler ormanlık alanların gelişiminden

oluşmaktadır. Otlar, çayırlar, alçak boylu otsu ve odunsu vejetasyonlar ve yüksek boylu türler, ormandaki yanıcı maddeleri oluşturmaktadırlar. Orman alanlarında meydana gelen toplam yanıcı madde miktarları; türlerin çeşitliliğine, dağılımlarına ve yetiştirme muhiti koşullarına göre değişebilmektedir. Yanıcı maddeler sınıflandırılırken yanıcı madde sürekliliği, düzeni ve miktarı göz önünde bulundurulur. Orman alanlarının yanıcı madde tiplerine göre sınıflandırılması yangın söndürmede etkin ve çabuk bir müdahalenin temelini teşkil eder [31].

Yanıcı maddeler, yangının ana elemanlarından biridir. Yangının başlamasında ve seyirinde önemli rol oynarlar. Bu sebeple, yanıcı madde özelliklerinin belirlenmesi ve yangın davranışı tahmini sistemine dahil edilmesi, yangın öncesi planlarda ve yangınla mücadele çalışmalarında önem arz etmektedir. Genel olarak yangın davranışına etki eden yanıcı madde özellikleri; yanıcı madde miktarı, yanıcı madde boyutu, yanıcı madde düzeni ve sürekliliği, yanıcı madde tipi, dağılımı ve yanıcı maddenin içerdiği nem miktarıdır.

Yanıcı madde miktarının belirlenmesi, saha üzerinde tehlikeyi azaltma önlemlerinin gerekli olup olmadığına karar vermede ve ileride çıkabilecek olası yangınlara karşı alınacak önlemlerin planlanmasında gerekli olmaktadır. Yangın davranışı ile doğrudan ilişkili olan yanıcı madde miktarı [16], yangının yatay ve düşey yayılışını ve açığa çıkan enerji miktarını belirler [32].

Yanıcı madde miktarının tahmin edilmesinde, canlı yeşil olan vejetatif kısımlar; 0,5 cm den aşağı, 0,5-1 cm, 1-2,5 cm, 2,5-5 cm, 5-10 cm ve 10 cm den daha yukarı gibi çap sınıflarına ayrılırlar [33]. Bu şekilde mevcut yanma koşullarında ne kadar yanıcı madde miktarının yanabileceği sağlıklı ve etkili bir biçimde hesaplanmış olur. Dolayısı ile yangın yayılma oranı, yangın şiddeti ve yangın riskinin belirlenmesi için gerekli olan girdilerden birisi elde edilmiş olur.

Yanıcı madde boyutu yangın davranışını etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Yanıcı madde boyutu yanıcı maddelerin yanma hızını belirler. Yanıcı madde boyutuna bağlı olarak yanma hızında değişiklikler ortaya çıkmaktadır. İnce ve kaba yanıcı maddeler

olmak üzere iki genel grupta incelenir. İnce yanıcı madde yanma hızı, kaba yanıcı madde yanma hızından fazladır. Yangınlarda çapı 1 cm den küçük olan materyalin tamamı yanmaktadır. Yaprak, ince dal, ibre ve çayır gibi ince (hafif) yanıcı maddeler çok hızlı nem alma ve verme özelliğine sahiptirler. Bu nedenle kolay bir şekilde tutuşabilmektedirler. Kalın (ağır, kaba) yanıcı maddeler ise ince yanıcı maddelere oranla daha büyük ebatlara sahip kök, kalın çaplı kesim artıkları ve devrilmiş gövdelerden oluşmaktadır. Kaba yanıcı maddeler boyutlarından dolayı nemi daha yavaş alır ve daha geç bırakırlar. Bu sebeple de tutuşma için ince yanıcı maddelere nazaran daha fazla ısıya ihtiyaç duyarlar ve yanmaları için daha fazla zaman geçmesi gerekir. Bu nedenle bu tip maddelerin yangının başlaması ve yayılması üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Fakat uzun süre kor halinde kalabilmeleri sebebiyle yangının bulunduğu alanın sınırlarını aşip yanmamış alanlara geçerek tekrar başlamasına sebep olabileceklerinden dolayı, soğutma çalışmalarında bu tip yanıcı maddelerin iyice söndürüldüğünden emin olunmalıdır [12].

Yanıcı madde boyutu, potansiyel yanıcı madde ağırlığının tahmin edilmesinde yeterli olmaktadır. Bununla birlikte tüketilebilir yanıcı madde miktarını tahmin etmek için, bazen hem canlı hem ölü materyallerin dağılımının büyüklükleri ve hacimleri bilinmelidir. 10-20 mm den daha kalın çaplara sahip olan ölü yanıcı maddeler yangının yayılmasında hemen hemen hiçbir etkiye sahip olmamalarına rağmen, oransal olarak hem reaksiyon şiddetine hem de konvektif şiddetine katkıda bulunurlar. 20-50 mm çapından daha büyük olan canlı yanıcı maddeler nadir olarak tamamen yanarlar. Ancak açığa çıkardıkları ısı ve enerji ile yangının yayılması yönünde artırıcı etki yaparlar [33].

Yanıcı madde sürekliliği tüm yanıcı maddelerin yatay ve düşey konumdaki sürekliliğini ifade eder. Yanıcı madde düzeni ise yanıcı maddelerin yatay ve düşey konumdaki dizilimleri ile ilgilidir. Yanıcı madde düzeni yanmayı, yangın şiddetini, yayılma oranını, havalanmayı ve yanıcı madde nem kaybı miktarını büyük ölçüde etkiler. Çok sıkışık veya çok seyrek olarak dizilmiş yanıcı madde parçacıklarının oluşturduğu bir zeminde yangın çok hızlı ilerleyemez. Yanıcı maddenin çok sıkışık olduğu durumda, yanıcı madde yoğunluğunun çok fazla ve gözenekliliğin az olmasından dolayı yanıcı maddenin nem içeriği fazla olacaktır. Bu yüzden kuruma daha uzun bir sürede gerçekleşecektir.

Yanıcı maddenin seyrek olduğu durumlarda ise yanıcı madde parçacıkları bir birine yeterince yakın olmadığından dolayı yanan parçacıkların oluşturduğu enerji henüz yanmaya başlamamış parçacıkları tutuşturacak güçte olmadığından yangının ilerlemesi sağlanamayacaktır. İbre boyu küçük olan saf iğne yapraklı meşcerelerde (ör: göknar. Ladin) ibre gözenekliliğinin az oluşu üstelik sıkışık bir ölü örtü oluşturmaları nedeni ile örtü yangınları çok yavaş ilerler ya da hiç ilerlemez. Yapraklı meşcerelerde (özellikle meşe) yeni dökülmüş yaprakların oluşturduğu ölü örtüde yangın hızlı ilerleyebilir. Çünkü yapraklar kıvrılarak havalanır ve iyi bir örtü oluştururlar. Örtü yangınları özellikle çam meşcerelerinde oldukça hızlı yayılmaktadırlar. Bunun nedeni uzun çam ibrelerinin derin ve havalanması iyi bir ölü örtü tabakası oluşturmasıdır. [12].

Hem yatay hem de dikey yanıcı madde sürekliliği yangın davranışı açısından son derece önemli yanıcı madde özelliklerindedir. Yangın genellikle ölü örtü tabakasından başlar ve gelişir. Yangının ilerleyebilmesi, yangının ilerlediği yöndeki yanıcı madde devamlılığı ile doğrudan ilişkilidir. Ölü örtü tabakasındaki herhangi bir kesinti yangının ileriye geçişini zorlaştıracak veya engelleyecektir. Aynı şekilde, örtü yangınının tepe yangını haline dönüşebilmesi için örtü yangını ile oluşan enerjinin tepedeki yanıcı maddeleri tutuşturacak derecede ve tepesinde bu enerjiden etkilenebilecek yükseklikte olması gerekir. Bu yükseklik örtü yangını alevinin 1,5 katı bir yüksekliktir [33].

Yanıcı madde sürekliliğinin fonksiyonlarından biriside meşcere kapalılığıdır. Tam kapalı ve normal kapalı meşcerelerde yanıcı maddeler, kapalılığı bozuk olan meşcerelere nispeten daha fazla süreklilik arz ederler. Hava fotoğraflarından yararlanarak meşcerelerin bu özelliklerinin tespiti ile tahmini olarak yanıcı madde miktarı tespit edilebilmektedir [22].

Bilgili (1995) yanıcı madde özellikleri ve silvikültürel müdahalelerin yangın davranışına etkisini incelediği çalışmada meşcere karakteristiklerinin yangın davranışı açısından ne derece önemli olduğunu ortaya koymuştur. Yapmış olduğu çalışmada meşcere gelişimine bağlı olarak yangın yayılma oranında ve yangın şiddetinde bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Bu artışın meşcere yapısının yangın açısından en uygun durumunu aldığı 10-20 yaşları arasında en yüksek seviyelere

çıkıldığını ve daha sonra meşcere taç kısmının doğal budanma sonucunda yerden yükselmesi ile beraber azaldığını tespit etmiştir. Müdahale görmüş meşcerelerde, müdahale zamanına kadar, müdahale görmemiş meşcerelerde olduğu gibi bir durum seyrederken, müdahale ile beraber yangın yayılma oranında bir artış göze çarpmaktadır. Bu durumun sebebi ise müdahale sonrasında kesimlerle beraber ölü örtü tabakasının zenginleşmiş olması ve meşceresinde kısmen açılmış olması sebebiyle rüzgarın içeriye daha rahat girerek körükleyici etki yapmasıdır [15].

Nem doğrudan doğruya yanıcı maddenin tutuşma ve yayılma ihtimalini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Yanıcı maddenin ihtiva ettiği nem miktarı ile tutuşabilirlik, yayılma ve yangın çıkma ihtimali birbiri ile ters orantılıdır. Yanıcı maddenin ihtiva ettiği nem miktarı arttıkça tutuşma ve yayılma için gerekli enerji artmakta ve dolayısı ile tutuşma ve yayılma zorlaşmakta, yanabilirlik azalmaktadır, yanıcı maddenin nem içeriği azaldıkça tutuşma ve yayılma için gerekli olan enerji ihtiyacı azalmakta ve dolayısı ile tutuşma ve yayılma kolaylaşmakta, yanabilirlik artmaktadır. Bu sebeple nem yanıcı maddenin yangın davranışını etkileyen özelliklerden birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Ormandaki yanıcı maddelerin kuruluşu yağışın azlığına, hava sıcaklığının yüksekliğine, buharlaşmaya ve bağıl nem miktarının düşük olmasına bağlıdır. Yanıcı maddenin nem içeriği %5'in altına düştüğünde ince ve kalın yanıcı maddelerde yangın aynı oranda yayılma eğilimindedir. Yanıcı madde nemi %5-10 arasında iken ince yanıcı maddelerdeki yangınlar, kaba yanıcı maddelerdekenden daha hızlı yayılır. Nem oranı %10'un üzerine çıktığında ince ve kaba yanıcı maddelerde yayılma oranları tekrar eşitlenme eğilimi gösterirler. Ancak; nem içeriği %15'in üzerine çıkınca ince yanıcı maddeler kendi kendilerine sönerlerken, kaba ve kalın yanıcı maddeler yanmaya devam edeceklerdir. Belirli bir yanıcı madde tipinde yanıcı madde nem içeriğindeki değişikliklerle yayılma oranı veya alev yüksekliğindeki değişikliklerin eşit kabul edilmesi için basit bir kural yoktur [33].

Yangının yayılışının büyük ölçüde tepeye doğru olduğu yanıcı madde tiplerinde, canlı yanıcı maddelerdeki nem yangın davranışını etkileyen temel bir etmendir [34]. Van Wagner (1968), Kanada'da her biri yaklaşık 4000 m<sup>2</sup>'lik iki adet *Pinus resinosa* plantasyonunda deneysel tepe yangını gerçekleştirmiştir. Benzer hava koşullarında,

yaprak nemi konsantrasyonu %100 olduğu ilk yangında yayılma hızı 17 m/sn, alev yüksekliği 20 m olmuştur. Nem konsantrasyonun %95 olduğu ikinci yangında ise yayılma hızı 27 m/sn ve alev yüksekliği 30 m olmuştur [35].

Yanıcı madde tipi genel olarak benzer özelliklere sahip vejetasyon tiplerine ifade eder. Her bir yanıcı madde tipi yangın davranışı açısından farklılıklar gösterir. Yanıcı maddelerin yanabilirliği; düzenine, bünyesinde barındırdığı nem miktarına, yaşa, genel olarak ağaç gövdesine ve türlerin bileşimine bağlıdır. Benzer topografik yapılarda ve hava halleri koşullarında yangın bazı yanıcı madde tiplerinde yavaş ilerlerken, bazı yanıcı madde tiplerinde ise çok hızlı ilerleyebilir. Aynı şekilde bazılarında yüksek şiddetle yangın oluşurken (örneğin, maki ve genç plantasyonlar), diğerlerinde düşük şiddette yangın görülür (örneğin, yaşlı meşcereler). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda yanıcı madde tiplerinin arazi üzerinde birbirine göre buldukları konumları yangın davranışını önemli ölçüde etkileyeceği anlaşılmaktadır [12].

Yanıcı madde yoğunluğu da yangın davranışı üzerinde etkilidir. Alev yüksekliği ve yanma oranını etkilemektedir. Yanıcı madde yoğunluğu hem tek tek yanan parçacıklara hava sağlamayı hem de tutuşmanın meydana geldiği yerin daha ilerisindeki yanıcı madde parçacıklarına da ısı iletmede kolaylık sağlama yönünde etki eder [22].

Yangın yüksekliği ve yayılma oranı aynı tip yanıcı maddeler içerisinde yanıcı madde yükü ile doğrusal ilişki içerisinde. Yanıcı madde yükü iki kat arttığında alev yüksekliği de iki kat artacaktır ve yayılma oranı da yükselecektir. Otlar ve diğer yanıcı maddelerde yayılma oranı ağırlıktan daha süratlidir. Örneğin yanıcı madde yükü otsu materyallerde iki kat arttığı zaman yayılma oranı üç kat artar [33].

Yangınların yayılma oranı, yangın hattı boyunca yüzeydeki ince yanıcı maddeler tarafından belirlenmektedir. İnce çaplı materyaller tamamen yanmaları sebebiyle yangının yayılma hızında esas etkendirler. Yangın yayılışında kalın çaplı materyallerin etkileri çok azdır. Bu durum kalın çaplı materyalin tamamen yanmadığı, kısmen yandığı yangın sahalarında gözlemlenmiştir [22]. Hava halleri, topografik yapı ve yanıcı madde özelliklerinin etkileşiminin ortak bir sonucu olan yangın davranışı; ağaç türlerinin

yapısal özelliklerinden kaynaklanan sebeplerden ötürü de etkilemektedirler. Çam türleri fazla reçine ihtiva etmesi, ışık ağacı olması, kurak yetiştirme muhitlerinde saf ve büyük meşcereler oluşturması sebebiyle orman yangınları bakımından çok fazla tehlikeyle karşı karşıyadırlar. Geniş yapraklı ağaçlar yangını ilerletmezken genel olarak ibrelilerdeki yanabilen yanıcı tabaka değişime uğrayarak yangının ilerlemesini gerçekleştirmektedir [36].

Bu durum gösteriyor ki; ormanı oluşturan vejetasyon ve tür kompozisyonunun yangın davranışı üzerinde önemli etkileri söz konusudur. Yanıcı maddelerin özellikleri ormanı oluşturan vejetasyonu ve tür kompozisyonuna bağlıdır. Yapraklı türlerde yaprak dökümü yaz sonu ve sonbaharda meydana gelmektedir. Dökülen yapraklar gelecek yaz mevsimine kadar ayrışmaktadır ve kolay tutuşabilen maddeler içermemektedirler. Bu durum yapraklı türlerle kaplı alanlarda yüksek potansiyelde bir yangın tehlikesini ortadan kaldırırken, özellikle kurak dönemlerde hızlanmakla beraber, yıl boyunca yaprak dökümünün meydana geldiği iğne yapraklı türlerle kaplı alanlarda yangın potansiyeli yüksektir. Çünkü iğne yapraklı türlerle kaplı alanlarda ormanın zemininde nem oranı düşük, henüz ayrışmadığı için de yanıcı madde oranı yüksek bir organik kütle oluşturur [37].

Değişik yanıcı madde tiplerinde özellikle ölü örtü tabakasını oluşturan ince yanıcı materyalin değişime uğramaları nem şartlarına, toprak ısısına ve havayla olan teması gibi değişik faktörlere bağlı olup, bu faktörlerin etkisi de zamana ve koşullara bağlıdır [38].

Orman alanında, mineral toprak üzerinde bulunan ölü ve canlı bitki materyali, orman alanındaki toplam yanıcı madde miktarını oluşturur. Sahalardaki potansiyel yanıcı madde miktarı ise belirli bir alanda gelişebileceği tahmin edilen en yoğun tüketilebilecek yanıcı madde miktarıdır. Yangının belirli şartlar altında tüketebileceği yanıcı madde miktarı ise tüketilebilir yanıcı madde miktarını ifade eder [12]. Herhangi bir meşceredeki potansiyel yanıcı madde miktarı her zaman için maksimum değerdedir. Tüketilebilir yanıcı madde miktarı ise potansiyel yanıcı madde miktarından azdır.



Çünkü tüketilebilir yanıcı madde miktarı, yangının ancak belirli hava koşullarında tüketebileceği miktara bağlıdır [22].

Yanıcı maddeler ormanda buldukları yere ve sahip oldukları özelliklere göre yanma durumlarında farklılıklar göstermektedirler. Orman yanıcı maddeleri dikey yayılışları ve genel özellikleri dikkate alınarak iki grup halinde toplanmıştır. Bu gruplandırma oluşturulurken yanıcı maddelerin düzeni, boyutu, nemi ve miktarı dikkate alınır. Buna göre yanıcı maddeler; yüzey yanıcı maddeleri ve yüksek boylu yanıcı maddeler olarak iki grupta toplanırlar.

Yüzey yanıcı maddeleri kendi içerisinde; toprak içi yanıcı maddeler ve toprak üstü yanıcı maddeler olarak gruplandırılırlar. Toprak içi yanıcı maddeleri üst topraktaki tüm yanıcı maddelerin nemleri %20'den aşağıya düştüğünde yanabilirler. Bu yanıcılar normal bir nem miktarına sahip olduklarından yangının yayılmasını nadiren etkilerler. Humus ve kökler bu grupta yer alırlar. Humusun üst kısmı örtü yangınının ilerlemesini kolaylaştırır. Köklerde ise yangın çok yavaş ilerler. Çünkü köklerde hava çok kısıtlıdır ve hızlı tutuşmayı engeller. Mineral toprağın üzerinde yanabilen tüm ölü veya canlı materyaller yüzey yanıcı maddelerini oluştururlar. Örtü yangınlarının yayılmasının asıl sebebi yüzey tabakasındaki ölü materyalin, otsuların ve ibrelerin önemli oranda yanabilir bir tabaka teşkil etmesidir. Bunların tutuşması fiziksel özelliklerine ve düzenlerine bağlıdır. İğne yapraklı türlerde özellikle çam türlerinde dökülen ibreler uzun süre bozulmadan birikmiş halde kalabilirler, iyi bir havalanmaya sahip olmaları ve bünyelerinde barındırdıkları nemi kısa sürede kaybetmeleri sebebiyle de çam ibrelerinin oluşturduğu ibre yığınları yangının hızı ve yayılması açısından çok tehlikelidir. Geniş yapraklı türlerde dökülen yapraklar düzensiz. Sıkışık ve keçeleşmiş bir yığılma gösterdikleri gibi dökülme sonucu oluşan yaprak birikintilerindeki hava sirkülasyonunun zor olması yaprakların içerdikleri nem oranının uzun sürede kaybolmasına neden olur. Çok nadir olarak bir yıldan uzun süre yanabilirlik özelliklerini devam ettirirler. Yapraklı türler içerisinde meşe yaprakları keçeleşmemiş, gevşek ve düzenli bir yığılma gösterdiklerinden iyi yanıcı özelliktedirler.

Yaprak, ince yanıcı maddeler, ot, çayır, fide, fidan, alçak boylu çalılar ve boyları 2 metreden daha kısa olan küçük ağaççıklar, ince dallar ve diğer ölü materyal, büyük dallar, devrik gövdeler ve kütükler gibi birçok materyal yüzey yanıcı maddeleri grubunun, toprak üstü yanıcı maddeler sınıfı içerisinde yer alırlar. Bunlar farklı ortamlarda değişik şekil ve miktarlarda birbirleri ile karışmış durumdadırlar ve bu karışımın içeriği, hava ve topografya ile birlikte yangının yayılma hızını artırır veya azaltır. Yüzeyi örten bazı çalılar özellikle kurak geçen dönemlerle birlikte yüksek yanabilme kabiliyetine gelmekte ve yangınların süratle yayılmasına sebep olmaktadır.

Sık meşcerelerde toprak yüzeyinde bulunan alt vejetasyon ışık yetersizliğinden dolayı iyi gelişmemiş durumdadır. Bu tip meşcerelerde yangının yayılması ve ilerlemesi meşcere içerisindeki ara tabaka ve kalın yanıcılarla sağlanır. Bunlar; otlar, çayırlar, devrikler ve dikili kurulardır. Bu tür meşcerelerin yanabilirliği meşcere içerisindeki otsu ve ince odunsu vejetasyonun yanabilirliğinden çok meşcerenin kendi içindeki kuruma koşullarına ve yangın sezonunun uzunluğuna bağlıdır. Sık meşcere içerisinde oluşan kalın yanıcılar; büyük dallardan, yaşlı ağaçlardan ve küçük gövdelerden meydana gelir. Bunlar yüksek tutuşma kabiliyetine gelmeden önce çok uzun kurak hava periyotlarının olması gerekir. Kalın yanıcılar kuru hale gelip yandıklarında söndürülmeleri çok zordur [22].

Yüksek boylu yanıcı maddeler; orman çatısı içerisinde bulunan genellikle 2 metreden daha yüksekte yer alan materyalleri kapsar. Ağaç, dal, yaprak, ağaççıklar, çalılar, dikili kurular, yosun, liken ve sarılcı bitkiler önemlileridir. Alçak boylu ağaçlar, yüksek boylu çalılar yangının dikey yöndeki hareketini kolaylaştırmaktadırlar. Özellikle iğne yapraklı ağaçların canlı taç tabakası yüksek yanabilme özelliğine sahiptir. İğne yaprakların dallardaki dizilişleri havanın serbest hareketine yardımcı olduğundan dolayı tepe yangınının çok süratli ilerlemesini desteklemektedir. Ayrıca ağaçların tepe dallarının fazla güneş ışığı almaları yanmalarını kolaylaştırıcı bir etmendir [39].

Yaşlı iğne yapraklı meşcerelerde, ağaçların alt kesimlerinde bulunan kurumuş dallar yangının dikey yöndeki hareketine destek olarak, örtü yangınının tepe yangınına dönüşmesine destek olurlar. Dikili kurular ve devriklerde yanarken çok tehlikeli

olmaktadırlar. Özellikle tepeleri kırılmış ve odun kalitesi bozulmuş olan dikili kurular kolayca tutuşmakta ve yangının yayılma hızını artırmaktadır [22].

Yanıcı maddeler her zaman orman yangınlarında yangın davranışını etkileyen önemli bir etken olmuşlardır. Yanıcı maddelerin özellikleri potansiyel yangın davranışını etkilediği gibi, yangının kontrol altına alınmasındaki mevcut iş ve işlemleri de etkiler. Yanıcı maddelerin yangın davranışı üzerindeki fonksiyonlarının daha net ortaya konulması için biomasla ilgili yoğun çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bütün bu çalışmalarda basit olarak ölçülebilen bitki parametreleri kullanılmıştır. Çap, boy, tepe boyu, tepe çapı, kök boğazı çapı gibi parametreler çalışmanın amacına ve isteğine bağlı olarak kullanılmıştır. Araştırmalar sonucu yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak oluşturulan çeşitli modeller (tipler); basit linear regresyon analizlerinden elde edilen fonksiyonlar biçiminde oluşturulmuşlardır.

Geliştirilen bu yanıcı madde modellerinin etkinliğinin artırılması için, yanıcı madde sınıflandırmasının daha geniş ve kapsamlı bir şekilde yapılması, konumsal farklılıkların ve karmaşık yapıların ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir [40].

Yanıcı madde miktarının tespiti ile ilgili olarak farklı bilim adamları çeşitli araştırmalar yapmışlar ve yanıcı madde miktarının hesaplanması için değişik eşitlikler ortaya koymuşlardır. Bu hesaplamalarda; çap, boy, tepe çapı, tepe boyu gibi değişkenler kullanılmıştır. Bu eşitliklerden bazıları aşağıda verilmiştir.

Storey ve arkadaşları tarafından çoğunluğu genç ve iyi gelişmiş on bir değişik ibreli ağaç türünün tepe ağırlığının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada tepe ağırlığı ile dal odunları, yaprak, ana gövde çapı ve tepe boyu arasında yüksek bir ilişki bulmuşlardır. Bu ilişkiyi aşağıdaki eşitlikte göstermişlerdir [41].

$$W=a.D_s^b /L$$

a ve b : Katsayılar

$D_s$  : Ana gövde çapı

W :Tepe ağırlığı

L : Tepe boyu

Tepe ağırlığının hesaplanması için kullanılan eşitlikte gövdelerin çapları ve tepe boyları ölçülmüştür. Burada tepenin kuru ağırlığının belirlenmesinde çıkan önemli farklılıkların, regresyon katsayıları arasındaki farklardan, türler ve yetişme muhitleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Olson ve Fahnestock (1995), Kuzey Amerika'da ki dağlık bölgelerdeki ibreli türler üzerinde tepe ağırlığının belirlenmesi ile ilgili olarak yaptıkları araştırma sonucunda, tepe kuru ağırlığının, göğüs yüzeyi çapı ve canlı tepe boyu parametreleri kullanılarak küçük kayıplar dahilinde doğrudan hesaplanabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu araştırmanın analiz sonuçları 96 ağaca ve 8 farklı türe dayanılarak verilmiştir. Bu çalışmada kullandıkları eşitlik aşağıda verilmiştir [42].

$$W=a.(L.d_{1,30})^b$$

a ve b : Katsayılar

$d_{1,30}$  : Kabuklu göğüs yüksekliği çapı

W : Tepe ağırlığı

L : Tepe yüksekliği

Stiell (1962), dikimle oluşturulmuş *Pinus resinosa* üzerinde yanıcı madde miktarının tespiti için yapmış olduğu çalışmada, deneme alanındaki tüm bireylerin göğüs yüksekliği çapı, tepe boyu ve çeşitli yükseklik kademelerindeki dalların çaplarını ölçmüştür. Her bir ağaç için kuru yanıcı madde ağırlığının hesaplanmasında tepe boyutlarının hesaba katıldığı aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır [43].

$$W=a(CW \times CL) + b$$

a ve b : Hesaplanan katsayılar

W : Tepe ağırlığı

CW : Tepe çapı

CL : Tepe boyu

Bu hesaplardan başka, çap ile tepe ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki olduğundan seçilen bölgelerdeki deneme alanlarındaki bireylerin göğüs yüksekliği çapı ölçülerek,

çap ölçümlerine karşılık gelen çap sınıfları değerleri kullanılarak yapraklı ağırlıklar tespit edilmiştir.

Stiell (1966), dikimle oluşturulmuş *Pinus resinosa* türünde yanıcı madde miktarının belirlenmesi üzerinde yapmış olduğu çalışmasında yirmi yıl boyunca yanıcı madde ağırlıklarındaki değişimleri tespit etmiştir. Tüm deneme alanlarındaki ağaçların boyları, tepe boyları ve tepe çapları ölçülmüştür. Yıllara bağlı olarak hacim artışı ile yaprak ağırlığı arasında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Yine tepe boyunun uzaması sonucunda hektardaki hacim ile ortalama ağırlık oranı/(ortalama alan)<sup>1/3</sup> arasında kuvvetli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir [44].

Stiell ve Berry (1977) ile Stocks (1989), yanıcı madde miktarının tespiti için tepe boyutlarını dikkate alarak aşağıda verilen eşitliği kullanmışlardır [45,46].

$$FOL = c(CW \times CL)$$

c : İlişki katsayısı

FOL : Yapraklı tepe ağırlığı

CW : Tepe çapı

CL : Tepe Boyu

Bu eşitlikte, tepe boyu ve tepe çapına (tepe boyutları) bağlı olarak yanıcı madde ağırlığındaki değişimler ortaya konulmuştur. Yanıcı madde miktarında değişimler tepe boyutlarına ve eşitlikte bulunan regresyon katsayılarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Alexsander ve arkadaşlarının kuzeydoğu Alberta bölgesinde likenlerle kaplı *Picea mariana* ve yine likenli *Pinus banksiana* türlerinde aldıkları deneme alanlarındaki bireylerin göğüs yüksekliği çaplarını ölçerek bunları çap sınıflarına ayırmışlar ve regresyon analizleri ile yanıcı madde ağırlıklarını tespit etmişlerdir. Yanıcı madde ağırlığının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikleri kullanmışlardır [47].

$$W = e^{(a + bl nD)}$$

a ve b : Katsayılar

W : Yanıcı madde miktarı

D : Göğüs yüksekliği çapı

Genel olarak ağaçların yanıcı madde miktarlarının tespit edilmesinde göğüs yüksekliği çapı, yaşı ve ağaç boyu arasındaki ilişkiler kullanılmıştır. Araştırmalar sonucunda genellikle ağacın çapı ile yanıcı madde miktarı arasında doğrusal bir ilişki çıkmıştır. Birçok çalışmada tepe çapları ve boyları dikkate alınarak yanıcı madde miktarı hesaplanmıştır. Çapa bağlı olarak yanıcı madde miktarının hesaplanmasında, çap kademeleri sınıflandırılmıştır. Çap ölçümlerinin kolay oluşu, bu şekilde yanıcı madde miktarının tespit edilmesinin bir nedenidir [48].

Özellikle orman yangınları dikkate alındığında çok geniş alanlarda yanıcı madde özelliklerinin ortaya konması gerekmektedir. Arazide tepe boyu ve tepe çapı ölçülerek yanıcı madde miktarının tespit edilmesinin yanında uzaktan algılama, hava fotoğraflarından ve uydu verilerinden kapalılığın ve meşcere ortalama boyunun ve dolayısı ile yanıcı madde miktarının tahmin edilebileceği belirtilmiştir [49].

Değişik tipteki yanıcı maddelerin miktarları meşcere gelişimi ve büyümesine, kapalılığına, orman yüzeyinin dinamik yapısına ve silvikültürel müdahalelere bağlı olarak değişim göstermektedir. Silvikültürel müdahalelerin her biri meşcere yapısını ve gelişimini etkileyecektir. Bu değişime bağlı olarak taç tabakası için meşcere karakteristiklerini dikkate alan dinamik bir yanıcı madde modeli oluşturulmuştur. Bu modelde yangın davranışında büyük öneme sahip yanıcı madde karakteristiklerinden; tepe ağırlığı, tepe çapı, tepe boyu ve kapalılık oldukça önemlidir. Silvikültürel müdahaleler sonucu yanıcı madde miktarındaki değişiklik ortaya konulmuştur [50].

### **1.2.2 Kanada Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri**

Kanada'da yangın davranış tahmini sistemi; 5 grupta, 16 tane yanıcı madde tipiyle oluşturulmuştur. Yanıcı madde grupları; iğne yapraklılar, karışık ormanlar, yapraklılar, kesim artıkları ve açık alanlardır. Kanada yangın davranış tahmini sistemindeki yanıcı madde tipleri Çizelge 1.1'de verilmiştir [51].

Çizelge 1.1 Kanada sisteminde yanıcı madde tipleri [51].

Genel Sınıf	Yanıcı Madde Tipleri
<b>İğne Yapraklılar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Likenli ladin ormanları</li> <li>2. Kuzey bölgelerde yetişen ladin ormanları</li> <li>3. Kesim çağına gelmiş çam ormanı (<i>Pinus contorta</i>)</li> <li>4. Kesim çağına gelmemiş çam ormanı</li> <li>5. <i>Pinus resinosa</i></li> <li>6. Yapay yolla oluşturulmuş iğne yapraklı meşcereler</li> <li>7. <i>Pinus ponderosa</i> çamı ile <i>Pseudotsuga menziesii</i> karışık meşceresi</li> </ol>
<b>Yapraklılar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yapraksız titrek kavak meşceresi</li> </ol>
<b>Karışık Ormanlar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Karışık yapraklarını döken meşcere (%25 ibreli, %75 yapraklı)</li> <li>2. Karışık yeşil yapraklı meşcere (%25 ibreli, %75 yapraklı)</li> <li>2. Ölü <i>Abies balsamea</i> ile karışık yapraklı meşcere (%60 ölü <i>Abies balsamea</i>, %40 yapraklarını döken karışık meşcere)</li> <li>4. Ölü ve dikili kuru <i>Abies balsamea</i> ile karışık yeşil Yapraklı meşcere (%60 ölü <i>Abies balsamea</i> ile %40 yapraklı)</li> </ol>
<b>Kesilmiş ve açılmış alanlardaki kesim artıkları</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kesilmiş ve açılmış <i>Pinus contorta</i> ormanları</li> <li>2. <i>Abies balsamea</i> ve <i>Picea</i> (kesim artıkları)</li> <li>3. <i>Tsuga</i>, <i>Pseudotsuga menziesii</i> ve <i>Abies</i> artıkları</li> </ol>
<b>Açık alanlar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1a. Yere yatmış, birbirini örmüş, keçeleşmiş, otsu yanıcı maddeler</li> <li>1b. Dik ve canlı halde duran otsu yanıcı maddeler</li> </ol>

İbreliler kendi grubu içerisindeki farklı meşcere yapılarına sahip farklı yanıcı madde tiplerine ayrılmışlardır. Genellikle ibrelilerden oluşan yanıcı madde tiplerinin bulunduğu kısımda toprak yüzeyi, iğne yaprak tabakası, ince yanıcı materyal, kısmen de liken ve yosun tabakası ile kaplıdır. Bunlardan başka orman yüzeyi tabakasının üzerinde otsu materyal ve çalılarda mevcuttur. Dikimle oluşturulmuş iğne yapraklı ormanlarda otsu ve çalı materyaller ya çok az bulunmakta ya da hiç bulunmamaktadır. Kesim çağına gelmiş çam ormanlarında (ör. *Pinus contorta*) yüzeydeki yanıcı maddelerin

üzerinde boylu çalı tabakası yoktur. Ancak saf ve sık olan, kesim çağına gelmiş *Pinus contorta* ve *Pinus banksiana* ormanlarında boylu yanıcı maddeler yatay ve dikey olarak süreklilik arz etmektedir. Dikimle oluşturulmuş olan iğne yapraklı meşcerelerde, özellikle genç fertlerde tepe kısmı yere yakın olduğundan yangın potansiyeli bakımından büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Ölü ve devrik yanıcı maddeler saf, sık olmayan ve kesim çağına gelmemiş iğne yapraklı ormanlarda fazla miktarda bulunmaktadır.

Karışık meşcerelerde (%25 ibreli, %75 yapraklı), yapraklı türlerin olduğu kısımda ölü örtüdeki yaprak tabakası sürekli olup ibreli türlerde ise ibre tabakasında süreklilik yoktur. Karışık türlerin oluşturduğu meşcere altlarında biriken organik yanıcı madde tabakasının bir kısmı ayrılmış, bir kısmı ise ayrılmamıştır. Bu tür meşcerelerde çalı formundaki yanıcı maddeler seyrek, ölü ve devrik materyaller ise az bulunmaktadır.

Karışık meşcerelerden ölmüş *Abies balsamea* (%60 ölü *Abies balsamea*) ile karışım yapmış (%40 yapraklı meşcere) meşcerelerde ve ölü dikili kuru *Abies balsamea* (%60 ölü *Abies balsamea*) ile karışık yeşil yapraklı (%40 yapraklı) meşcerelerde yanıcı madde miktarı mevsimler itibarıyla çeşitlilik gösterir. Bu tip ormanlarda yüzeyde yoğun organik yanıcı madde birikimi görülür. Orman yüzeyi sık, kalın otsu yanıcı materyallerle kaplıdır. Başlangıçta düşük oranlarda görülen *Abies balsamea* ölümleri daha sonraları böcek zararlarının, mantar hastalıklarının, rüzgarın, fırtınanın ve kar kırmalarının etkisi ile artmakta ve bu şekilde yoğun miktarlarda ölü ve devrik materyaller oluşmaktadır.

Kanada'da saf titrek kavak meşcereleri ayrı bir yanıcı madde tipi olarak sınıflandırılmıştır. Bu yanıcı madde tipinde, toprak yüzeyinde sürekli olarak yaprak tabakası bulunmaktadır. Meşcere altındaki otsu tabaka seyrek olarak bulunmakta olup, çalı formundaki ince yanıcı materyaller iyi gelişmiş durumdadır.

*Pinus banksiana* ve *Pinus contorta* meşcerelerinden kesilmiş ve açılmış ormanlık alanlarda yanıcı organik madde miktarı çok yoğundur. Kesilerek açılmış ormanlık alanların yüzeyi, kesim artıklarından başka seyrek ve dağınık halde bulunan otsular ve



çalılarla kaplıdır. Yeni kesilmiş (1-2 yıl önce) ibreli türlerin kesim artıklarının üzerinde ibrelerin %50'sinden fazlası bulunabilmektedir. Bu ibreler ayrılmamış durumda olup yanma özelliklerini korumakta ve yangının yayılmasında çok tehlikeli olabilmektedirler. Kesim çağına gelmiş veya kesim çağını geçmiş *Pseudotsuga menziesi* ve *Coastal cedar* meşcerelerinden yeni kesilmiş olan kesim artıkları miktarı önemlidir. Bu tür meşcerelerde de organik tabaka oldukça yoğundur.

Diğer bir yanıcı madde tipi olan otsular, Kanada sisteminde iki gruba ayrılmışlardır. Bunlar birbirini örmüş, yerde yatılı durumda keçeleşmiş otsularla, çalılıklar ve dik durumda bulunan otlardır. Otsu tabakanın bulunduğu yerde ölü halde birikmiş organik yanıcı madde yok denecek kadar azdır. Otsu ve çalılık materyallerin hektardaki ağırlıkları bu sınıflandırma sistemine göre 0,3 kg/m<sup>2</sup>'dir. Ancak bu miktar değişebilmektedir [51].

### **1.2.3 Amerikan Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri**

Birçok yerde yanıcı madde ağırlıklarının tespiti üzerine yapılan çalışmaların yanında yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılması içinde yoğun çalışmalar yapılmıştır. Mevcut yangın tehlike oranları sistemi henüz geliştirilmeden öncede yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılması üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Fakat esas olarak yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılması, yangın tehlike oranları sisteminin kullanılması ile oluşturulmuştur.

Ormandaki yanıcı maddeler sahip oldukları özelliklere göre çeşitli sınıflara ayrılmışlardır. Hornby (1936), Kuzey Amerika'nın Rocky dağlarında yaptığı çalışmalarında yanıcı maddeleri, yayılma oranına ve yangının kontrol edilebilme güçlüğüne göre sınıflandırmıştır. Yayılma oranına göre yanıcı maddelerin sınıflandırılması, ince yanıcı maddelerin durumu, eğim durumu ve meşcere sıklığı göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Yangının kontrol edilebilme güçlüğüne göre yapılan sınıflandırmada; yanıcı maddeler, toprak koşulları ve eğim durumu dikkate alınmıştır. Yayılma oranı ve yangının kontrol edilebilme güçlüğüne göre yapılan sınıflandırmada

her bir yanıcı madde tipi için yaz ve ilkbahardaki yanma koşulları arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir [52].

Jemison ve Koetch (1942), aynı sınıflandırma sistemini Amerika'nın doğu bölgesindeki dağlarda ve sahil kesimlerinde deneyerek 14 yanıcı madde tipi tanımladılar. Bu çalışma 1930-1941 yılları arasında 3200 adet yangın üzerinde yangının yayılma oranları ve kontrol güçlüğü dikkate alınarak yapılmıştır [53].

Barrows (1951), Amerika'da Kuzey Rocky Dağlarında yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılması ile ilgili olarak yaptığı çalışma sonucunda yayılma oranı ile türlerin boyutları arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, yanıcı madde tiplerini yedi ana gruba ayırmıştır [54]. Bu gruplar;

1. Otlar ve yayılma alanları
2. Çalılar ve alçak ağaçlar
3. Sık iğne yapraklı ormanlar
4. Bozuk kapalıdaki iğne yapraklı ormanlar
5. Subalpin ve ladin ormanları
6. Ormanda kesilmiş alanlar
7. Kesim düzeni ve kesim artıkları

Bu sınıflandırmada her bir grup için yanıcı madde sürekliliği; ince yanıcı maddeler, devrikler, dikili kurular, toprak üstü yanıcı maddeleri, kesilmiş alanların özellikleri, meşceredeki ölü örtünün ayrışma koşulları, meşcere sıklığı gibi yanıcı madde oluşumunda etkili olan faktörler ile yangın yayılma oranları arasındaki ilişki dikkate alınarak Birleşik Amerika Ormancılık Servisi tarafından 1936-1944 yılları arasında bir bölgede çıkan 2 955 adet yangına dayanılarak sınıflandırma yapılmıştır [39].

Çeşitli ülkelerde yanıcı madde tipleri değişik sınıflara ayrılmış ve bu yanıcı madde tiplerine göre yanıcı madde modelleri oluşturulmuştur. Yangın tehlike oranları sisteminin geliştirilmesi ile Amerika'da orman yangınları için tanımlanan yanıcı madde modelleri yangın davranış tahmini sisteminde kullanılmaya başlanmıştır. Daha öncede

bahsedildiği gibi Amerika’da yangın davranışı tahmini sisteminde, yanıcı maddeler dört ana vejetasyon sınıfına ayrılmış ve bunlar 13 tane yanıcı madde modeli ile temsil edilmiştir. Amerikan sisteminde yanıcı madde modelleri Çizelge 1.2’de verilmiştir. Bu sınıflandırmadan başka yangın tehlike oranları sisteminde kullanılmak üzere yanıcı maddeler 16 model ile sistem içerisindeki yerini almıştır. Sınıflandırmada farklı yanıcı maddelerin yangın yayılma oranları dikkate alınmıştır. Bu sınıflandırmada yanıcı madde tiplerinde gerçekleşen yangının büyüklüğü, yanıcı madde düzenine ve yanıcı madde sürekliliğine bağlıdır [14] .

Çizelge 1.2 Amerikan sisteminde yanıcı madde tipleri [13,18].

<b>Genel Sınıf</b>	<b>Yanıcı Madde Tipleri</b>
<b>Otsular</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Küçük otsu materyaller (30 cm)</li> <li>2. Yüzeydeki otsu materyaller</li> <li>3. Boylu otsu yanıcı materyaller (70 cm)</li> </ol>
<b>Çalılar, bodur ağaçlar ve fundalıklar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gür çalılıklar ( 2 m)</li> <li>2. Çalılar ( 60 cm)</li> <li>3. Yere yatmış durumdaki çalılıklar</li> <li>4. Kaba yanıcı maddeler</li> </ol>
<b>Ağaçlar ve döküntüler</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sıkışmış haldeki ölü örtü yığıntıları</li> <li>2. Yapraklı tür döküntüleri</li> <li>3. Toprak yüzeyinde birikmiş döküntüler</li> </ol>
<b>Kesim artıkları</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. İnce ve hafif gövde artıkları</li> <li>2. Orta büyüklükteki gövde artıkları</li> <li>3. Kalın gövde kesim artıkları</li> </ol>

Bunlardan yangının başlamasında ve yayılmasında etkili olan otsular, ince yapıya sahip olup genellikle birikmiş ölü örtü tabakası üzerinde yer alırlar. Otlar yangın taşıyıcılarıdır. Yangının yayılma hızı, ince otsu materyaller tarafından belirlenir. Otlar ile birbirine bağlantılı olan ince materyallerde yangın çok hızlı bir şekilde yayılır. Otsu tabaka içinde yer alan boylu otlar, bu yanıcı madde tipinde yangının en şiddetli şekilde gerçekleşmesine neden olmaktadır. Buna rüzgarın etkisi de eklenince yangının yayılma hızı daha da şiddetlenmektedir. Ölü örtü tabakası üzerinde ki devriklerin bulunduğu yerdeki otlar, örtü yangının şiddetlenmesinde etkili olmaktadır. Bu tabakanın

üzerinde bulunan çalı ve bodur ağaçlar yangının dikey yönde hareketini etkileyerek tepe yangınına dönüşmesine ve tepe yangınının şiddetlenmesine yardımcı olmaktadır.

Çalı, bodur ağaçlar ve fundalık alanlar örtü tabakası ile tepe arasındaki ara tabakayı oluştururlar. Bu yanıcı madde tipindeki bireylerin boyları yaklaşık 70-200 cm yüksekliğindedir. Bu tabakada yangınlar, canlı çalı tabakasının belirli oranda neme sahip olması nedeniyle genellikle bodur ağaçlarda ve dikili kurullarda meydana gelmektedir. Seyrek çalılık alanlarda yangının ilerlemesinde orta şiddetli rüzgara gereksinim vardır. Kapalılığı bozuk olan meşcere altlarında yere yatmış durumdaki çalılık alanlarda yangın örtü yangını şeklinde seyreder. Bu tabakada canlı yanıcı maddelerin sahip olduğu nem yangın davranışını önemli derecede etkilemekte ve yangının ilerlemesi hafif ve ince yapılı çalıların miktarına bağlı olmaktadır. Ara tabakadaki türlerden oluşan yanıcı madde miktarı, ara tabakada bulunan türlerin yoğunluğuna, gür çalılıklara ve çalı formundaki meşelerin durumuna bağlıdır. Yangının şiddeti ve yayılma hızı ise bu ara tabakada bulunan yanıcı maddelerin devamlılığına ayrıca canlı ve ölü iyi yanıcı özelliğe sahip odun materyaline ve yapraklara bağlıdır. Boylu sık çalılıklar ve fundalıklar yangının şiddetlenmesinde etkili olan önemli materyallerdendir.

Odunsu materyallerden dökülen ve toprak yüzeyinde biriken yanıcı maddeler ölü materyallerdir. Bunlardan yeşil ve yapraklı olarak yaygın halde bulunanlar yangın davranışında yeterince önemli değildirler. Bu yanıcı maddeler yüzeyde biriktiklerinden yanmaları yavaş olup alev yükseklikleri düşüktür. Yapraklı türlerden dökülen ve biriken ölü örtüde gerçekleşen yangının yayılma hızı, düşük olmaktadır. Çünkü yaprakların yüzeylerinin geniş olmaları ve farklı şekillerde dizilişleri, havanın serbest olarak geçişini engellemektedir. Sadece bazı hava koşulları altında; yüksek sıcaklıklarda, düşük nem miktarlarında, yüksek rüzgarlarda bu tip yanıcı maddeler tehlikeli yangınlara neden olmaktadır. Sıkışık halde birikmiş yaprak ve ince materyallerden oluşan organik tabakanın yanması zordur. Gevşek ve seyrek olarak biriken ibreli ve yapraklılar daha kolay yanmaktadır. Bu şekilde oluşmuş yanıcı madde tabakasında yangın daha hızlı ilerler. Gevşek ve düzenli yapıda yanıcı madde oluşumu yapraklı ve ibreli karışık meşcerelerle, yapraklılarda özellikle çalı formundaki meşe ağırlıklı meşcerelerde

tipiktir. Ağaçların üzerlerinde bulunan yosunlar, sarılıcı bitkiler çok çabuk tutuşma özelliğine sahip ince yanıcı maddeler olup, örtü yangınlarını ağaçların tepelerine taşıyıp tepe yangınlarına neden olmaktadır [39].

Yangınların meydana geldiği diğer bir yanıcı madde tipide kesim artıklarıdır. Kesim artıkları genellikle yüzeyi kaplarlar ve yanıcı madde ağırlıkları fazladır. Otsu materyallerle karışmış kesim artıklarında yangın oldukça aktif hareket etmektedir. Otsu materyallerle karışım oluşturmuş kesim artıklarının bulunduğu alanlarda küçük otların miktarı veya mevcut çalılarının varlığı yangının ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Fakat burada birinci derece yangın taşıyıcılar kesim artıklarıdır. Özellikle ibreli türlerden meydana gelen kesim artıkları içerdikleri kimyasal maddelerden dolayı çok tehlikeli olmaktadır. Çok kalın olmayan kesim artıklarında yangın yüksek yoğunluktaki alevli odun parçalarıyla hızlı bir şekilde yayılır bu alanlarda gerçekleşen yangınlarda genellikle yanıcı maddelerde, yangının etkisiyle kırılma ve dökülme gibi değişiklikler meydana gelmekte ve bu durum yangının yayılmasına destek olmaktadır.

Yangınlar genellikle birikmiş ölü örtü tabakası ve otsu yanıcılarla başlar ve ara tabakanın devamlılığı ile tepeye taşınır. Geniş yüzeyli kaba yanıcı maddelerde yangın yavaş gelişirken, yoğun olarak bulunan ince materyallerde yangın çok hızlı yayılır. Yanan alevli dalların boyutları ve yanma süreleri alev yüksekliğini etkilemektedir [16].

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Bu tez içerisinde yapılan çalışmalar, arazi ve laboratuvar aşamalarından oluşmaktadır.

### **2.1 Materyal**

Bu çalışmada materyal olarak, Türkiye’de doğal olarak yetişen çam türlerinden olan karaçam kullanılmıştır. Üzerinde çalışılmak üzere karaçam ağacının seçilmesinin nedeni, Türkiye’de kızılçamdan sonra en fazla yayılma alanına sahip ağaç türü olması ve kızılçamdan sonra yangın risk sahalarında yayılış göstermesidir. Ülkemizde bozuk ve koru ormanı niteliğinde toplam 4,2 milyon hektar civarında bir alan karaçamlı kaplı bulunmaktadır. Karaçam ağacı; saf ve karışık meşcerelerde iğne yapraklıların kapladığı toplam alan içerisinde, saf ve karışık olmak üzere toplamda yaklaşık %30’luk bir paya sahiptir ve ibreliler içerisinde kızılçamdan sonra ikinci sırada yer alır [8]. Arazi çalışmalarında doğal olarak yetişmiş a, b ve c çağlarında ve normal kapalı karaçam meşcerelerinde gereken ölçümler yapılmıştır.

#### **2.1.1 Araştırma Alanı Özellikleri**

Araştırmanın arazi çalışmaları, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Kargı Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Akkaya ve Erenlerkös bölgelerinde yapılmıştır. Deneme alanları doğal olarak yetişmiş farklı yaş gruplarındaki normal kapalı saf karaçam meşcerelerinden seçilmiştir.

Çka3, Çkb3 ve Çkc3 meşcere tiplerinden her birinden 3 adet olmak üzere toplam 9 adet deneme alanı alınmıştır. Çka3 Meşcere tipine ait deneme alanı Erenlerkös bölgesinde 1290-1310 metre yükseltileri arasında, Çkb3 ve Çkc3 meşcere tiplerine ait deneme alanları ise Akkaya bölgesinde 1240-1260 metre yükseltiler arasında alınmıştır. Çka3 meşceresi KASTAMONU F32 c3 paftasında 59° 54’ D ve 40° 13’ K koordinatlarında kalmaktadır. Çkb3 ve Çkc3 meşcereleri SİNOP F33 d2 memleket haritasında sırası ile

59° 13' D ve 54° 49' K, koordinatları etrafında yer almaktadır. Deneme alanları 10m×10m büyüklüğündedir.

Doğal olarak yetişmiş ve saf Çka3, Çkb3 ve Çkc3 meşcerelerini oluşturan fertlerin yaşları kendi grupları içerisinde bir birine çok yakın ve ağırlığı aynı yaştadır. Çka3 meşceresinin ortalama yaşı 15, Çkb3 meşceresinin 28, Çkc3 meşceresinin 60 olarak tespit edilmiştir.

Deneme alanlarının alındığı bölgede yıllık ortalama yağış miktarı 447,3 mm, ortalama sıcaklık 8,5 °C olup yıllık ortalama bağıl nem %67'dir.

Deneme alanlarında yapılan ölçümlerde çaplar cm hassasiyetinde kompas (çap ölçer) ile ağırlıklar ise normal ve gramın 1/100'ü hassasiyetinde ki teraziler ile yapılmıştır. Ağaç boylarının ölçümü ise şerit metre ve Blume Leiss (boy ölçer) aleti ile yapılmıştır. Araziden alınan örneklerin tartılıp, kurutulması ve laboratuvar çalışmaları Kastamonu İl Kontrol Laboratuvarında yapılmıştır.

## 2.2 Yöntem

Kare şeklinde ve 10m×10m metre büyüklüğünde alınan her deneme alanından 3 ve 6 numaralı deneme alanlarından 3 diğer deneme alanlarından 4 adet olmak üzere toplamda 34 adet karaçam ağacı ölçülmüş ve değerler kayda alınmıştır.

Ölçümler esnasında, deneme alanı içerisine giren bütün ağaçlara numara verilmiştir. Deneme alanı içerisindeki her bir ağacın; ağaç boyları, tepe boyları şerit metre ve boy ölçer ile ölçülmüş; tepe çapları şerit metre ile  $d_{0,1}$  ve  $d_{1,30}$  çapları çap ölçer (Kompas) ile ölçülmüş; yaşlar ise yaşlı ağaçlarda artım burgusu ile fidanlarda yıllık halka sayarak tespit edilmiş ve kayda alınmıştır.

Çap ölçümü ve tepe çapı ölçümü birbirine dik iki yatay ölçümün ortalaması alınarak tespit edilmiştir. Deneme alanlarındaki birey sayıları yaşa ve meşcerenin kapalılığına göre değişim göstermiştir. Birey sayısının; genç meşcerelerde yaşlı meşcerelere kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde tam kapalı meşcerelerde kapalılığın

düşük olduğu meşcerelerden daha fazla birey olduğu tespit edilmiştir. Deneme alanları alınırken meşcere özelliklerinin iyi bir şekilde temsil edilmesine çalışılmıştır.

3 ve 6 numaralı deneme alanından 3 diğer deneme alanlarından 4 adet meşcereyi temsil eden karaçam ağacı tespit edilmiş ve işaretlenmiştir. Toplam 9 deneme alanından 34 karaçam ağacı tespit edilmiş ve kesilmeden önce; göğüs yüksekliği çapları, ağaç boyları, tepe boyları, tepe çapları ve ağaç kökünden boylarının 1/10'una denk gelen kısımlarından  $d_{0,1}$  çapları ölçülerek kaydedilmiştir. Kesilen ağaçların en alttan itibaren ilk yeşil dalından tepe sonuna kadar olan uzunluğu ölçülmüş ve tepe boyu olarak kaydedilmiştir. Ağaçların bütün dalları motorlu testere vasıtasıyla gövde ile birleşim yerlerinden kesilip alınmıştır. Ağaçlardaki bütün ibreler toplanmış, torbalara konulmuştur. Aynı şekilde ağaçlara ait bütün dallarda önce kuru ve yaş olarak 2 gruba ayrılmış, ardından 6 mm den küçük, 6 mm – 10 mm arası, 11 mm – 25 mm arası ve 25 mm den kalın çaplar şeklinde sınıflandırılarak torbalara doldurulmuştur. Torbalara; içerisindeki materyalin özelliğini, hangi ağaca ve hangi deneme alanına ait olduğunu belirten etiketler yapıştırılmıştır. Daha sonra her bir torbadaki ibre ve dal materyali elektronik terazide tartılarak, torba daraları düşülüp yaş ağırlıkları tespit edilmiştir. Ayrıca her bir deneme alanında ağaçların tepe çaplarının izdüşümleri alınarak kapladıkları alan hesaplanmıştır. Bulunan bu alanlar ile deneme alanı büyüklükleri oranlanıp, her bir deneme alanı için kapalılıklar bulunmuştur. Deneme alanlarında kesilen ağaçlara ait özellikler ve yanıcı madde miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Bu işlemler bittikten sonra, yaş ağırlıkları bulunmuş olan ibre ve dal örnekleri laboratuvar ortamına getirilerek, örnekler birbirlerine karıştırılmadan, kurutma fırınlarında 24 saat süreyle 105 °C de fırın kurusu haline getirilmişlerdir. Kurutulan bu örnekler, gramın 1/100 hassasiyetinde olan hassas terazilerle ayrı ayrı tartılmış ve kap daraları düşülerek net ağırlıkları kayıt altına alınmıştır.

Ayrıca bu deneme alanlarının değişik yerlerinden 50cm×50cm ebadında alanlardan ölü örtü örnekleri alınmış ve yaş haldeyken elektronik terazide tartılarak net ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra 24 saat süreyle 105°C de fırında kurutulmuşlar ardından da 1/100 hassasiyetindeki terazide tartılarak fırın kurusu ağırlıkları tespit edilmiştir. Tespit



edilen bu ağırlıklardan kap daraları düşülerek net ağırlıklar kayıt altına alınmıştır. Böylelikle 50cm×50cm ebadındaki kuru ölü örtü miktarı, deneme alanı büyüklüğüne oranlanarak deneme alanlarındaki fırın kurusu ölü örtü ağırlığı da hesaplanmıştır. Bu şekilde ağaçların ibre, dal ve ölü örtü örneklerinin fırın kurusu ağırlıkları toplanarak deneme alanındaki toplam yanıcı madde miktarı tespit edilmiştir.

Bütün bu çalışmalar sonucunda elde edilmiş olan veriler istatistik analizlerinin yapılması için bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ağaçlarda yanıcı madde miktarının değişimini etkileyen ağaç boyu, tepe boyu,  $d_{1,30}$  çapı,  $d_{0,1}$  çapı, tepe çapı, kapalılık ve tepe boyu×ağaç boyu (çarpım) ile tepe boyu / ağaç boyu (oran) arasındaki ilişkiler, bilgisayar ortamında, istatistik analiz programı aracılığıyla yapılan çoklu regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. Yapılan bu analizler sonucunda kullanılan değişkenlere bağlı olarak yanıcı madde özelliklerinin tahmin edilmesinde kullanılacak modeller geliştirilmiştir. Oluşturulan bu modeller Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

### 3. BULGULAR

Bu bölümde, ağaçlar ve ölü örtü tabaksına ait veriler ele alınarak incelenmiştir.

#### 3.1 Ağaçlara Ait Yanıcı Madde Bulguları

Ağaçlarda yanıcı madde miktarlarının tespit edilmesi işleminde ibre, 6 mm den ince çaptaki (id) dallar, 6–10 mm arası çapa sahip (od) dallar, 11–25 mm arası çapa sahip (kd) dallar, 25 mm den büyük çapa sahip (çkd) dallar, tüketilebilir yanıcı madde miktarı (ibre ve 6 mm den daha ince çapa sahip dalların toplamı), toplam yanıcı madde miktarı ile beraber 11 mm den ince çapa sahip dallar (icd) ile 10 mm den kalın çapa sahip dallar (kld) ayrıca sınıflandırılarak regresyon analizlerinde bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Bunlarla beraber, ağaç boyu (by), tepe boyu (tby),  $d_{1,30}$  (göğüs yüksekliği çapı),  $d_{0,1}$  (ağaç boyunun 1/10'unun kökten itibaren yukarı doğru denk gelen kısımdaki çapı), tepe çapı (tçp), çarpım, oran ve meşcere kapalılığı (K) bağımsız değişken olarak regresyon analizlerinde kullanılmıştır. Analizlerde bağımlı değişkenler içerisinde; 25 mm den büyük canlı ve ölü yanıcı madde miktarları ile 6-10 mm arası ölü yanıcı madde miktarlarına ait verilerin, bağımsız değişkenler içerisinde ise; meşcere yaşına ve kapalılığına ait verilerin dağılımları normal çıkmamıştır. Bu sebeple bu beş değişkene ait verilerin logaritmik dönüşümleri yapılarak, doğal logaritmaları alınmıştır. Bunların dışında kalan değişkenler normal dağılım göstermişlerdir. Değişkenlere ait veri sayısının 30'un üzerinde olması, regresyon analizlerinde anlamlı ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Zira regresyon analizleri sonucunda anlamlı ilişkilerin çıkabilmesi en az 30 verinin olmasına bağlıdır [55]. Değişkenlere ait miktarlar, ortalamaları, maksimum, minimum değerleri, standart hata ve standart sapmaları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Yapılan korelasyon analizi sonucunda canlı ibre miktarı ile  $d_{0,1}$ , yaş, boy ve  $d_{1,30}$  arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır ( $r=0,939$ ,  $r=0,942$ ,  $r=0,954$ ,  $r=0,960$ ,  $P<0,01$ ). Toplam canlı yanıcı madde miktarı ile tepe boyu,  $d_{0,1}$ , yaş, boy ve  $d_{1,30}$  arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır ( $r=0,911$ ,  $r=0,926$ ,  $r=0,945$ ,  $r=0,954$ ,  $r=0,956$ ,  $P<0,01$ ). Toplam ölü yanıcı madde miktarı ile tepe boyu ve tepe çapı arasında

kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır ( $r=0,800$ ,  $r=0,843$ ,  $P<0,01$ ). Tüketilebilir yanıcı madde miktarı ile boy,  $d_{1,30}$ , ve çarpım arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır ( $r=0,944$ ,  $r=0,950$ ,  $r=0,971$ ,  $P<0,01$ ). Toplam yanıcı madde miktarı ile  $d_{0,1}$ , boy,  $d_{1,30}$  ve çarpım arasında kuvvetli bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. ( $r=0,931$ ,  $r=0,942$ ,  $r=0,949$ ,  $r=0,975$ ,  $P<0,01$ ). Bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait ilişkiler Çizelge 3.2 - 3.3 - 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme alanlarından kesilen ağaçlara ait özellikler ve yanıcı madde miktarları

Ağaç No	yş	by (m)	tby (m)	tçp (m)	$d_{0,1}$ (m)	$d_{1,30}$ (m)	CANLI					ÖLÜ					GT (kg)	
							cib (kg)	cid (kg)	cod (kg)	ckd (kg)	ççkd (kg)	cT (kg)	öid (kg)	öod (kg)	ökd (kg)	öçkd (kg)		öt (kg)
1	26	9,15	5,15	2,60	0,15	0,14	1,655	2,008	0,536	2,434	0,128	6,761	0,325	0,165	1,044	0,065	1,600	8,362
2	28	8,95	3,89	2,35	0,12	0,11	1,314	0,986	0,605	1,099	0	4,004	0,230	0,200	0,463	0,044	0,937	4,941
3	28	9,68	4,98	3,15	0,15	0,14	2,398	1,479	0,664	1,947	0,145	6,633	0,630	0,600	0,963	0	2,192	8,825
4	27	8,47	4,10	2,76	0,13	0,12	1,477	1,071	0,687	1,199	0	4,433	0,261	0,339	0,345	0	0,946	5,379
5	28	8,93	5,02	2,15	0,14	0,13	1,732	1,431	0,716	1,638	0,405	5,921	0,875	0,179	0,872	0,069	1,996	7,917
6	28	8,23	3,43	1,80	0,12	0,10	1,042	0,564	0,333	0,518	0,000	2,456	0,334	0,242	0,053	0	0,629	3,086
7	28	9,88	6,04	3,02	0,18	0,16	2,637	1,360	0,906	3,053	0,819	8,775	0,538	0,247	1,149	0	1,935	10,710
8	27	8,60	4,20	1,98	0,15	0,14	1,885	1,013	0,629	0,994	0	4,520	0,421	0,281	0,907	0	1,609	6,130
9	29	8,93	4,84	2,35	0,12	0,11	1,258	0,962	0,471	1,219	0	3,910	0,382	0,194	0,440	0	1,017	4,927
10	27	8,90	4,39	2,10	0,14	0,12	1,572	1,269	0,567	2,282	0,123	5,814	0,457	0,419	0,634	0	1,511	7,324
11	28	8,78	4,76	2,25	0,13	0,12	1,583	1,302	0,476	1,932	0	5,294	0,486	0,379	0	0	0,866	6,160
12	61	16,04	6,32	3,85	0,20	0,22	3,964	3,513	0,916	5,678	1,838	15,910	0,665	0,489	1,229	0,980	3,362	19,272
13	60	14,98	5,11	2,43	0,20	0,21	2,736	1,947	0,543	4,428	0,707	10,361	0,031	0,041	0,770	0	0,841	11,202
14	61	15,53	5,67	2,87	0,19	0,21	3,344	3,238	1,024	6,312	0,562	14,480	0,346	0,022	2,428	0	2,795	17,275
15	60	15,27	5,51	2,79	0,18	0,21	2,798	2,408	0,628	4,877	0,664	11,374	0,199	0,040	1,046	0	1,285	12,660
16	60	15,34	5,66	2,63	0,19	0,22	2,998	2,356	0,644	4,858	0,637	11,493	0,031	0,038	0,870	0	0,940	12,433
17	60	15,90	5,12	2,49	0,19	0,21	2,957	2,320	0,561	3,929	0,563	10,330	0,024	0,036	0,593	0	0,652	10,982
18	61	16,20	5,72	2,78	0,19	0,21	3,335	2,528	0,836	4,858	0,730	12,287	0,047	0,035	0,816	0,087	0,984	13,272
19	60	14,80	4,90	2,32	0,18	0,20	2,908	2,050	0,510	4,037	0,383	9,888	0,200	0,272	0,075	0	0,547	10,435
20	60	15,70	5,75	2,55	0,19	0,21	3,264	3,800	0,631	4,580	0,794	13,069	0,038	0,037	0,870	0	0,945	14,013
21	60	15,46	6,18	2,85	0,18	0,21	3,272	2,517	0,812	6,729	0,559	13,890	0,263	0,015	2,158	0	2,436	16,326
22	60	15,10	5,40	2,43	0,18	0,21	2,874	2,188	0,578	4,730	0,695	11,066	0,133	0,025	0,985	0	1,143	12,210
23	15	3,60	2,68	1,26	0,06	0,05	0,650	0,330	0,128	0,012	0	1,120	0,080	0,013	0	0	0,093	1,212
24	12	3,23	3,11	1,40	0,06	0,04	0,870	0,471	0,147	0,055	0	1,543	0,003	0	0	0	0,003	1,545
25	15	3,41	3,16	1,39	0,06	0,04	0,882	0,465	0,144	0,030	0	1,522	0	0	0	0	0	1,522
26	15	3,53	3,40	1,44	0,06	0,05	0,901	0,480	0,152	0,049	0	1,583	0	0	0	0	0	1,583
27	15	3,80	3,10	1,85	0,07	0,05	0,693	0,688	0,357	0,128	0	1,866	0	0	0	0	0	1,866
28	15	3,05	2,06	0,92	0,06	0,04	0,567	0,438	0,131	0,000	0	1,136	0,160	0	0	0	0,160	1,296
29	15	3,27	3,19	1,43	0,06	0,04	0,892	0,475	0,148	0,048	0	1,563	0	0	0	0	0	1,563
30	15	3,49	3,09	1,65	0,06	0,05	0,680	0,670	0,342	0,113	0	1,805	0	0	0	0	0	1,805
31	15	2,50	2,45	1,29	0,05	0,03	0,689	0,404	0,118	0,079	0	1,290	0	0	0	0	0	1,290
32	15	2,28	2,22	1,10	0,05	0,03	0,907	0,663	0,210	0,067	0	1,847	0	0	0	0	0	1,847
33	15	2,32	2,29	1,19	0,05	0,03	0,849	0,649	0,198	0,040	0	1,737	0	0	0	0	0	1,737
34	15	2,23	2,16	1,01	0,05	0,03	0,839	0,640	0,200	0,039	0	1,719	0	0	0	0	0	1,719
Min.	12	2,23	2,06	0,92	0,05	0,03	0,57	0,33	0,12	0	0	1,12	0	0	0	0	0	1,21
Max.	61	16,20	6,32	3,85	0,20	0,22	3,96	3,80	1,02	6,73	1,84	15,91	0,88	0,60	2,43	0,98	3,36	19,27
Ort.	33,7	8,99	4,27	2,13	0,13	0,12	1,84	1,43	0,49	2,18	0,29	6,22	0,21	0,13	0,55	0,04	0,92	7,14
S.H.	3,3	0,89	0,23	0,12	0,01	0,01	0,18	0,17	0,05	0,38	0,07	0,81	0,04	0,03	0,11	0,03	0,16	0,93
S.S.	19,5	5,20	1,32	0,71	0,06	0,07	1,04	0,97	0,26	2,19	0,41	4,70	0,23	0,17	0,62	0,17	0,91	5,41

Çizelge 3.2 Yanıcı madde özellikleri ile canlı yanıcı madde miktarları arasındaki korelasyon

	<i>lnyş</i>	<i>by</i>	<i>lnK</i>	<i>tby</i>	<i>tcp</i>	<i>d<sub>0,1</sub></i>	<i>d<sub>1,30</sub></i>	<i>cib</i>	<i>cid</i>	<i>cod</i>	<i>ckd</i>	<i>lnççkd</i>	<i>cT</i>	<i>ORN</i>	<i>ÇRP</i>	<i>cicd</i>	<i>ckld</i>
<i>lnyş</i>	1																
<i>by</i>	,993**	1															
<i>lnK</i>	-0,211	-0,183	1														
<i>tby</i>	,882**	,917**	0,005	1													
<i>tcp</i>	,805**	,843**	0,030	,927**	1												
<i>d<sub>0,1</sub></i>	,956**	,973**	-0,033	,945**	,885**	1											
<i>d<sub>1,30</sub></i>	,982**	,993**	-0,157	,935**	,859**	,987**	1										
<i>cib</i>	,942**	,954**	-0,284	,912**	,852**	,939**	,960**	1									
<i>cid</i>	,900**	,910**	-,349*	,858**	,797**	,872**	,905**	,939**	1								
<i>cod</i>	,797**	,825**	0,082	,893**	,914**	,881**	,849**	,844**	,789**	1							
<i>ckd</i>	,945**	,949**	-,345*	,892**	,804**	,909**	,947**	,961**	,933**	,812**	1						
<i>lnççkd</i>	,704**	,727**	-,644**	,762**	0,443	,838**	,783**	,818**	,607*	0,459	,674**	1					
<i>cT</i>	,945**	,954**	-0,326	,911**	,843**	,926**	,956**	,985**	,966**	,844**	,987**	,791**	1				
<i>ORN</i>	-,916**	-,922**	-0,070	-,819**	-,789**	-,927**	-,916**	-,806**	-,759**	-,791**	-,801**	-0,481	-,803**	1			
<i>ÇRP</i>	,977**	,987**	-0,239	,938**	,859**	,960**	,985**	,978**	,940**	,841**	,975**	,815**	,984**	-,868**	1		
<i>cicd</i>	,936**	,950**	-0,278	,915**	,863**	,933**	,953**	,987**	,978**	,866**	,962**	,758**	,991**	-,809**	,976**	1	
<i>ckld</i>	,939**	,944**	-,362*	,894**	,814**	,908**	,944**	,970**	,941**	,813**	,996**	,778**	,993**	-,787**	,977**	,969**	1

\*\* 0,01 güven düzeyinde anlamlı

\* 0,05 güven düzeyinde anlamlı

Çizelge 3.3 Yanıcı madde özellikleri ile ölü yanıcı madde miktarları arasındaki korelasyon

	<i>lnyş</i>	<i>by</i>	<i>lnK</i>	<i>tby</i>	<i>tcp</i>	<i>d<sub>0,1</sub></i>	<i>d<sub>1,30</sub></i>	<i>öid</i>	<i>lnöod</i>	<i>ökd</i>	<i>lnöçkd</i>	ORN	ÇRP	<i>öicd</i>	<i>ökld</i>
<i>lnyş</i>	1														
<i>by</i>	,993**	1													
<i>lnK</i>	-0,211	-0,183	1												
<i>tby</i>	,882**	,917**	0,005	1											
<i>tcp</i>	,805**	,843**	0,030	,927**	1										
<i>d<sub>0,1</sub></i>	,956**	,973**	-0,033	,945**	,885**	1									
<i>d<sub>1,30</sub></i>	,982**	,993**	-0,157	,935**	,859**	,987**	1								
<i>öid</i>	0,263	0,294	,578**	,492**	,556**	,426*	0,333	1							
<i>lnöod</i>	-,442*	-,429*	,693**	-0,176	0,159	-0,228	-0,399	,682**	1						
<i>ökd</i>	,714**	,735**	-0,160	,797**	,748**	,759**	,760**	,447**	-0,365	1					
<i>lnöçkd</i>	0,706	0,702	-0,841	0,809	,950*	0,782	0,768	0,381	0,535	0,759	1				
ORN	-,916**	-,922**	-0,070	-,819**	-,789**	-,927**	-,916**	-,424*	0,265	-,641**	-0,412	1			
ÇRP	,977**	,987**	-0,239	,938**	,859**	,960**	,985**	0,298	-,434*	,780**	0,789	-,868**	1		
<i>öicd</i>	0,256	0,288	,614**	,466**	,585**	,425*	0,324	,963**	,850**	,350*	0,595	-,438**	0,277	1	
<i>ökld</i>	,716**	,739**	-0,197	,807**	,798**	,760**	,761**	,502**	-0,247	,970**	,969**	-,631**	,796**	,420*	1

\*\* 0,01 güven düzeyinde anlamlı

\* 0,05 güven düzeyinde anlamlı

Çizelge 3.4 Yanıcı madde özellikleri ile toplam yanıcı madde miktarı arasındaki korelasyon

	<i>lnyş</i>	<i>by</i>	<i>lnK</i>	<i>tby</i>	<i>tcp</i>	<i>d<sub>0,1</sub></i>	<i>d<sub>1,30</sub></i>	<i>cT</i>	<i>öt</i>	<i>GT</i>	<i>ORN</i>	<i>ÇRP</i>	<i>tym</i>	<i>Ticd</i>	<i>Tkld</i>
<i>lnyş</i>	1														
<i>by</i>	,993**	1													
<i>lnK</i>	-0,211	-0,183	1												
<i>tby</i>	,882**	,917**	0,005	1											
<i>tcp</i>	,805**	,843**	0,030	,927**	1										
<i>d<sub>0,1</sub></i>	,956**	,973**	-0,033	,945**	,885**	1									
<i>d<sub>1,30</sub></i>	,982**	,993**	-0,157	,935**	,859**	,987**	1								
<i>cT</i>	,945**	,954**	-0,326	,911**	,843**	,926**	,956(**)	1							
<i>öt</i>	,643**	,674**	0,110	,800**	,843**	,747**	,706(**)	,742**	1						
<i>GT</i>	,929**	,942**	-0,265	,926**	,874**	,931**	,949**	,994**	,813**	1					
<i>ORN</i>	-,916**	-,922**	-0,070	-,819**	-,789**	-,927**	-,916**	-,803**	-,656**	-,808**	1				
<i>ÇRP</i>	,977**	,987**	-0,239	,938**	,859**	,960**	,985**	,984**	,712**	,975**	-,868**	1			
<i>tym</i>	,930**	,944**	-0,242	,921**	,870**	,934**	,950**	,986**	,786**	,989**	-,813**	,971**	1		
<i>Ticd</i>	,920**	,937**	-0,162	,934**	,904**	,944**	,947**	,972**	,829**	,984**	-,830**	,961**	,995**	1	
<i>Tkld</i>	,917**	,926**	-0,336	,900**	,833**	,901**	,931**	,989**	,783**	,991**	-,775**	,965**	,964**	,951**	1

\*\* 0,01 güven düzeyinde anlamlı

\* 0,05 güven düzeyinde anlamlı

Yanıcı madde miktarı  $d_{0,1}$ ,  $d_{1,30}$ , ağaç boyu, tepe boyu ve tepe çapı gibi kolay elde edilebilir veriler ışığında tespit edilebilir. Yapılan bu analizler neticesinde elde edilen modeller, standart hata ve belirtme katsayılarına bağlı olarak incelenmiş ve Çizelge 3.5'te verilmiştir. Ağaçlarda yanıcı madde miktarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak kullanılan eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\text{Model} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

a : Hesaplanan sabit sayı

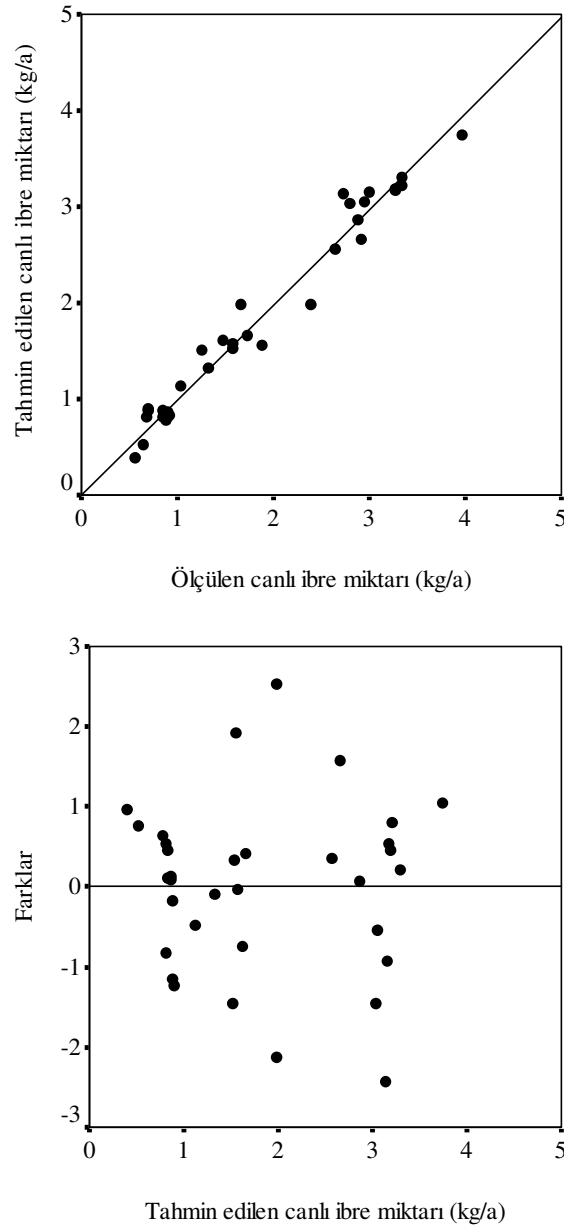
$X_1, X_2, X_3$  : Değişkenler

$b_1, b_2, b_3$  : Değişkenlere bağlı olarak hesaplanan regresyon katsayıları

Çizelge 3.5 Ağaçlarda yanıcı madde ağırlıklarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak oluşturulan modeller

No	Model	R <sup>2</sup>	S. H.
1	cib = -1,146 + 0,028×ÇRP + 1,385×ORN + 7,322× $d_{0,1}$	0,971	0,187
2	cib = -1,236 + 0,030×ÇRP + 1,824×ORN + 12,609× $d_{0,1}$ - 0,224×tby	0,977	0,169
3	cib = -1,313 + 0,031×ÇRP + 1,941×ORN + 12,593× $d_{0,1}$ - 0,366×tby + 0,262×tçp	0,981	0,156
4	cid = 3,290 + 0,027×ÇRP - 0,645×lnK	0,900	0,317
5	cod = -0,196 + 0,229×tçp + 1,547× $d_{0,1}$	0,860	0,101
6	ckd = 5,588 + 0,062×ÇRP - 1,313×lnK	0,964	0,426
7	lncçkd = -7,539 + 21,668× $d_{0,1}$ + 0,551×tby	0,793	0,360
8	cT = 8,415 + 0,217×ÇRP - 0,515×by - 1,530×lnK	0,984	0,622
9	cT = 13,653 + 0,201×ÇRP - 0,709×by - 2,848×lnK + 27,118× $d_{0,1}$	0,987	0,569
10	öid = -3,290 + 0,663×lnK + 0,177×tçp	0,624	0,148
11	lnöod = -23,454 + 4,125×lnK + 2,088×tçp - 0,729×tby	0,766	0,646
12	ökd = -1,053 + 0,376×tby	0,636	0,382
13	öt = -1,353 + 1,069×tçp	0,710	0,496
14	GT = 1,856 + 0,288×ÇRP - 0,839×by	0,966	1,024
15	GT = 0,994 + 0,291×ÇRP - 1,151×by + 28,304× $d_{0,1}$	0,971	0,966
16	tym = 1,297 + 0,096×ÇRP - 0,234×by	0,952	0,467
17	cicd = 1,388 + 0,102×ÇRP - 0,242×by	0,961	0,450
18	öicd = -5,665 + 1,139×lnK + 0,301×tçp	0,698	0,215
19	Ticd = -0,217 + 0,050×ÇRP + 0,985×tçp	0,946	0,561
20	ckld = 6,092 + 0,117×ÇRP - 1,327×lnK - 0,289×by	0,980	0,380
21	ökld = -1,182 + 0,415×tby	0,651	0,408
22	Tkld = 0,357 + 0,189×ÇRP - 0,637×by	0,959	0,653
23	cibid = -0,777 + 0,069×ÇRP + 1,649×ORN	0,960	0,409

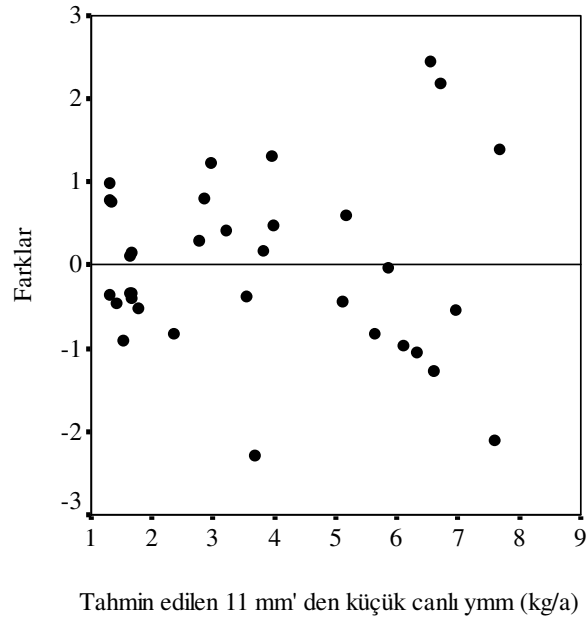
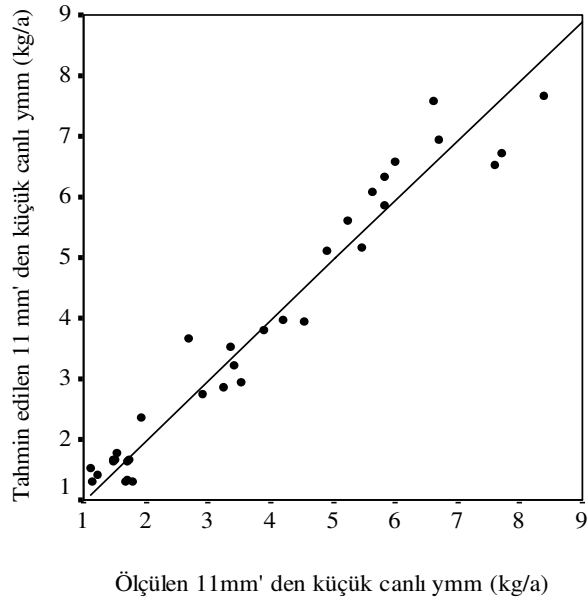
Canlı ibre miktarı ağırlığı, çarpım, oran,  $d_{0,1}$ , tepe boyu ve tepe çapı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda canlı ibre ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; %96'sı çarpım ile açıklanmakta, %96'sı çarpım ve oran ile %97'si çarpım, oran,  $d_{0,1}$ , tepe boyu ile %98'i çarpım, oran,  $d_{0,1}$ , tepe boyu ve tepe çapı ile açıklanmaktadır. Şekil 3.1'de toplam canlı ibre miktarının ölçülen değerleriyle çarpım, oran,  $d_{0,1}$ , tepe boyu, tepe çapına bağlı olarak tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Canlı ibre ağırlığının ölçülen ve 3 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

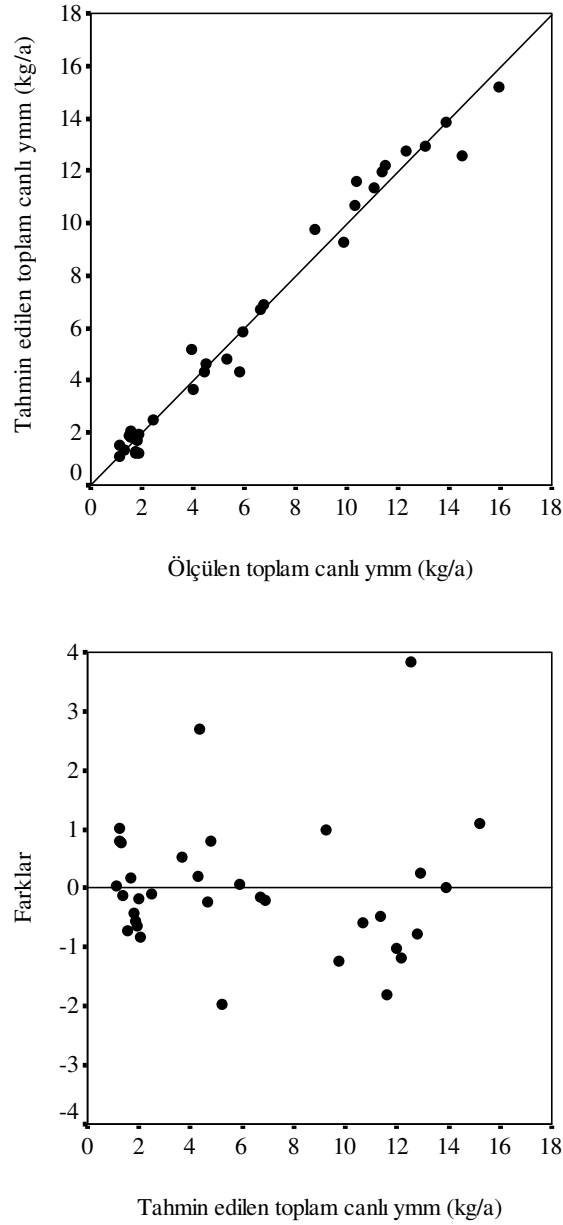


Tepe yanıcı maddelerinden 11 mm den küçük canlı yanıcı madde ağırlığı, çarpım ve ağaç boyu arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda 11 mm den küçük canlı yanıcı madde ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; %95'i çarpım ile açıklanmakta, %96'sı çarpım ve ağaç boyu ile açıklanmaktadır. Şekil 3.2'de 11 mm den küçük canlı yanıcı madde ağırlığı miktarının ölçülen değerleriyle, çarpım ve ağaç boyuna bağlı olarak tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı gösterilmiştir.



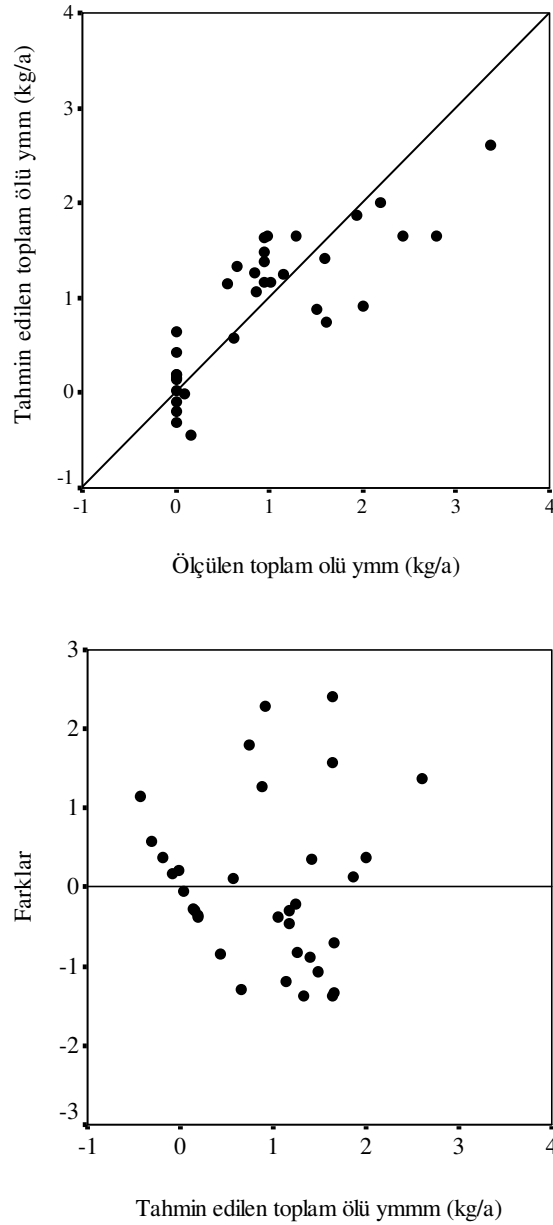
Şekil 3.2 11 mm den küçük canlı yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 17 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

Toplam canlı yanıcı madde ağırlığı, çarpım, ağaç boyu, kapalılık ve  $d_{0,1}$  arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Bu analizler sonucunda toplam canlı yanıcı madde ağırlığındaki değişkenliğin; %97'si çarpım ile %98'i çarpım ve ağaç boyu ile yine %98'i çarpım, ağaç boyu ve kapalılık ile %99'u da çarpım, ağaç boyu, kapalılık ve  $d_{0,1}$  ile açıklanmaktadır. Şekil 3.3'de toplam canlı yanıcı madde ağırlığı miktarının ölçülen değerleriyle, çarpım, ağaç boyu, kapalılık ve  $d_{0,1}$ 'e bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı verilmiştir.



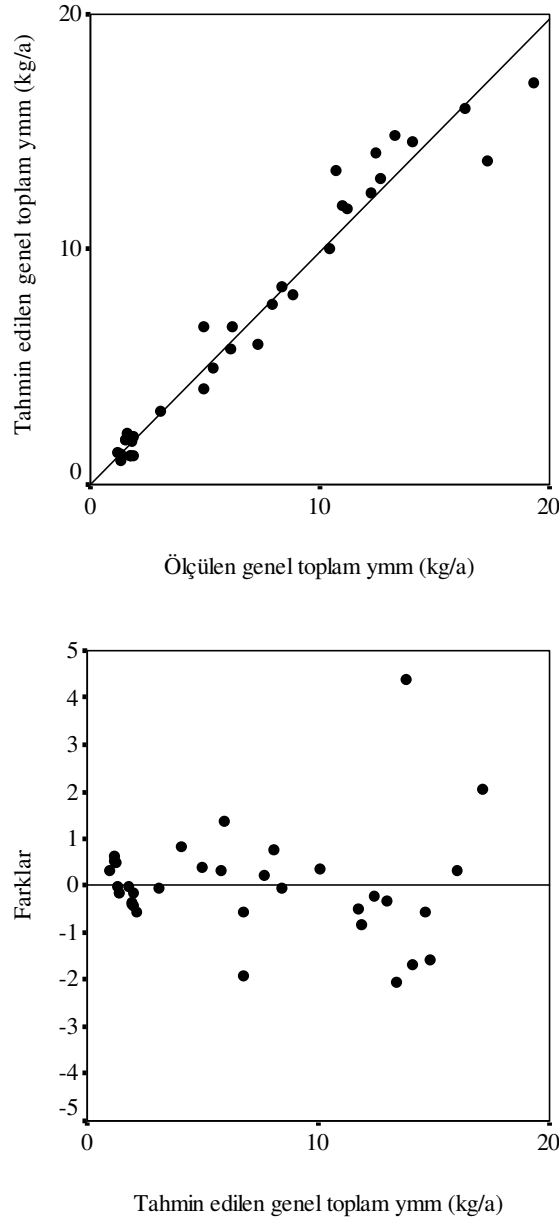
Şekil 3.3 Toplam canlı yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 9 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

Toplam ölü yanıcı madde ağırlığı ile tepe çapı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda toplam ölü yanıcı madde ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; %71'inin tepe çapı ile açıklandığı görülmüştür. Şekil 3.4'te toplam ölü yanıcı madde ağırlığı miktarının ölçülen değerleriyle, tepe çapına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı verilmiştir.



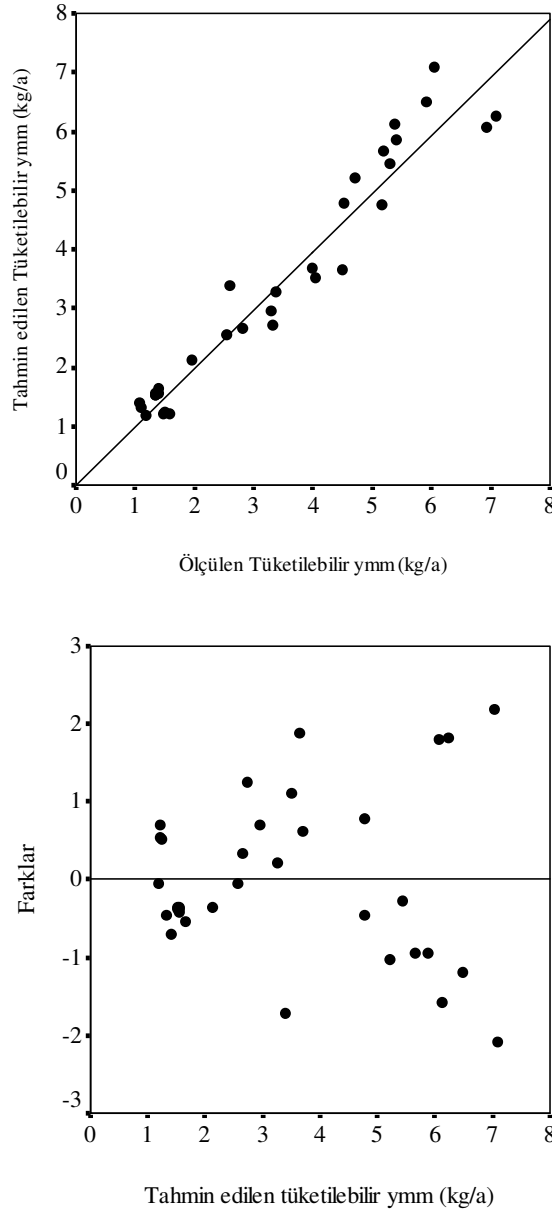
Şekil 3.4 Toplam ölü yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 13 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

Genel toplam yanıcı madde ağırlığı ile çarpım, ağaç boyu ve  $d_{0,1}$  arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda genel toplam yanıcı madde ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; %95'i çarpım, %96'sı çarpım ve ağaç boyu ve %97'si de çarpım, ağaç boyu ve  $d_{0,1}$  ile açıklanmaktadır. Şekil 3.5'te genel toplam yanıcı madde ağırlığı miktarının ölçülen değerleriyle, çarpım, ağaç boyu ve  $d_{0,1}$ 'e bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı verilmiştir.



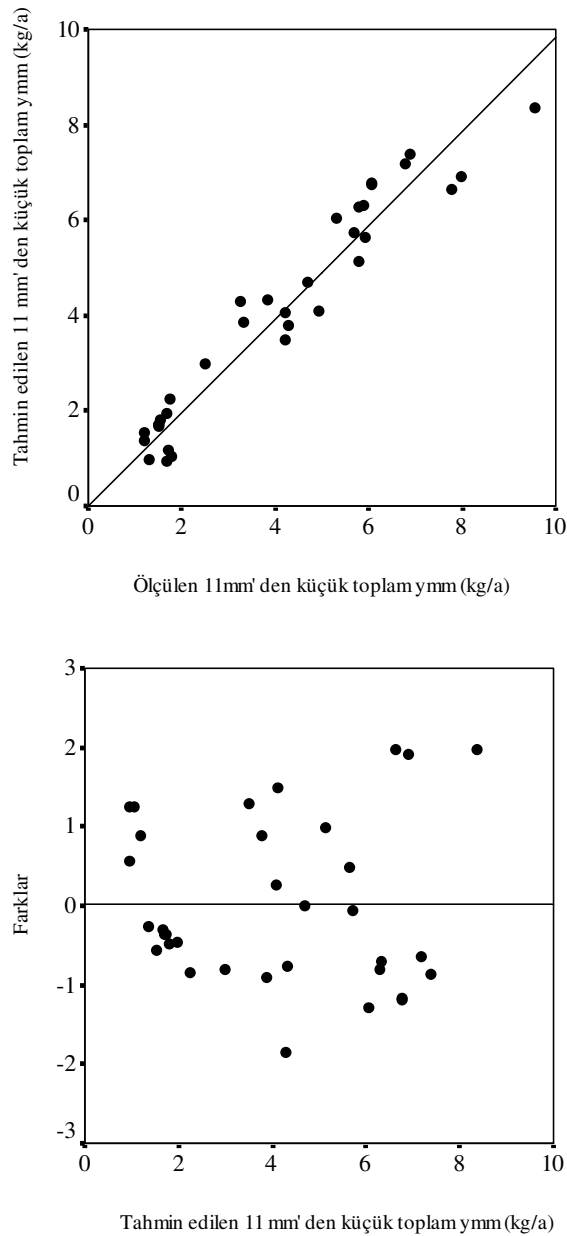
Şekil 3.5 Genel toplam yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 15 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

İbre ve 6 mm den ince çaptaki dallar, tüketilebilir yanıcı maddeler olarak nitelendirilmektedirler. Tüketilebilir yanıcı madde ağırlığı, çarpım ve ağaç boyu arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda tüketilebilir yanıcı madde ağırlığındaki değişkenliğin; %94'ü çarpım ile %95'i ise çarpım ve ağaç boyu tarafından açıklanmaktadır. Şekil 3.6'te tüketilebilir yanıcı madde ağırlığı miktarının ölçülen değerleriyle, çarpım ve ağaç boyuna bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı verilmiştir.



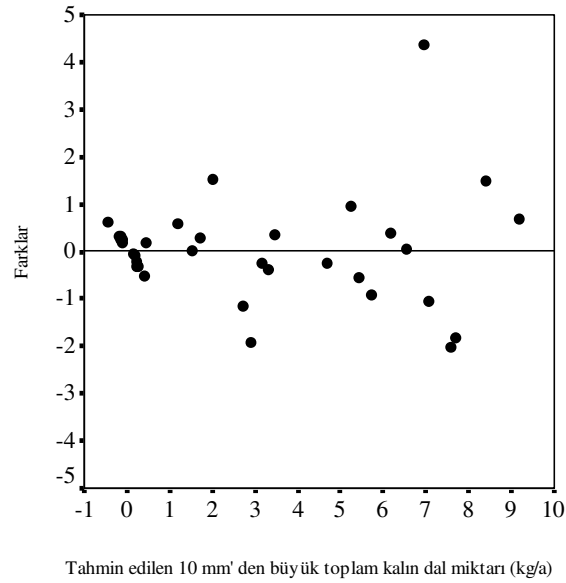
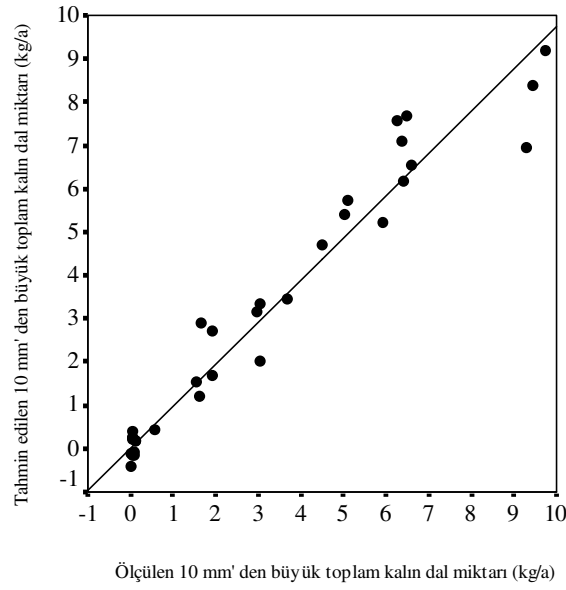
Şekil 3.6 Tüketilebilir yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 16 no.'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

Tepe yanıcı maddelerinden 11 mm den küçük toplam yanıcı madde ağırlığı, çarpım ve tepe çapı arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda 11 mm den küçük toplam yanıcı madde ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; %92'si çarpım ile %95'i çarpım ve tepe çapı tarafından açıklanmaktadır. Şekil 3.7'de 11 mm den küçük toplam yanıcı madde miktarının ölçülen değerleriyle çarpım ve tepe çapına bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.7 11 mm den küçük toplam yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 19 no'lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

Tepe yanıcı maddelerinden 10 mm den büyük toplam yanıcı madde ağırlığı, çarpım ve ağaç boyu arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda 10 mm den büyük toplam yanıcı madde ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; %93'ü çarpım, %96'sı çarpım ve ağaç boyu değişkenleri tarafından açıklanmaktadır. Şekil 3.8'de 10mm den büyük toplam yanıcı madde miktarının ölçülen değerleriyle, çarpım ve ağaç boyuna bağlı olarak tahmin edilen değerleri arasındaki ilişkiler ve hata terimleri dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.8 10 mm den büyük toplam yanıcı madde ağırlığının ölçülen ve 22 no' lu modele göre tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki ve hata terimleri dağılımı

Yukarıdaki şekillerden de anlaşılacağı gibi test edilen doğrusal regresyon denklemleri başarılı sayılabilir. Hata terimleri rastgele bir dağılım sergilemektedirler. Regresyon analizleri sonucunda en düşük belirtme katsayısı % 71 olarak, 0,496 standart hata ile toplam ölü yanıcı madde ağırlığı ve tepe çapı arasında çıkmıştır. En yüksek belirtme katsayısı % 99 olarak, 0,569 standart hata ile toplam canlı yanıcı madde ağırlığı ile çarpım, ağaç boyu, kapalılık ve  $d_{0,1}$  arasında çıkmıştır.

Deneme alanlarına ait toplam ve metrekareye düşen yanıcı madde miktarları, arazi ölçümleri ile tespit edilmiştir. Deneme alanlarına ait yanıcı madde miktarları Çizelge 3.6 ve çizelge 3.7’de verilmiştir.

Ayrıca bu deneme alanlarının bazılarında ölü örtü örnekleri alınmıştır. 1 no.’lu deneme alanında ölü örtü örneklerinin toplam kuru ağırlığı  $0,602 \text{ kg/m}^2$ , 2 no.’lu deneme alanında  $1,129 \text{ kg/m}^2$ , 3 no.’lu deneme alanında  $1,442 \text{ kg/m}^2$ , 4 no.’lu deneme alanında  $0,762 \text{ kg/m}^2$ , 5 no.’lu deneme alanında  $0,677 \text{ kg/m}^2$ , 6 no.’lu deneme alanında  $0,796 \text{ kg/m}^2$  olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3.6 Deneme alanlarında ölçümler sonucu hesaplanan yanıcı madde miktarları

Deneme Alanı No	BOY (m)	$d_{1,30}$ (m)	İbre ( $\text{kg/m}^2$ )	11 mm den küçük dal ( $\text{kg/m}^2$ )	10 mm den büyük dal ( $\text{kg/m}^2$ )	Toplam ( $\text{kg/m}^2$ )	K (%)
1	9,1	0,13	1,059	1,130	0,889	3,078	128,3
2	8,9	0,13	1,187	1,432	1,016	3,635	148,3
3	8,9	0,12	1,349	1,507	0,796	3,652	160,3
4	15,5	0,21	1,091	0,827	1,261	3,178	85,83
5	15,6	0,21	0,999	0,666	0,897	2,562	103,95
6	15,4	0,21	1,044	0,774	1,105	2,923	91,56
7	3,4	0,05	0,611	0,446	0,027	1,085	101,39
8	3,4	0,04	0,524	0,631	0,053	1,208	105,25
9	2,3	0,03	0,608	0,570	0,042	1,220	99,87

Kapalılıkları ve meşcere yaşları birbirinden farklı olan bu deneme alanlarında tespit edilen en düşük yanıcı madde  $1,085 \text{ kg/m}^2$  ile % 101,39 kapalılığın olduğu 7 no.’lu

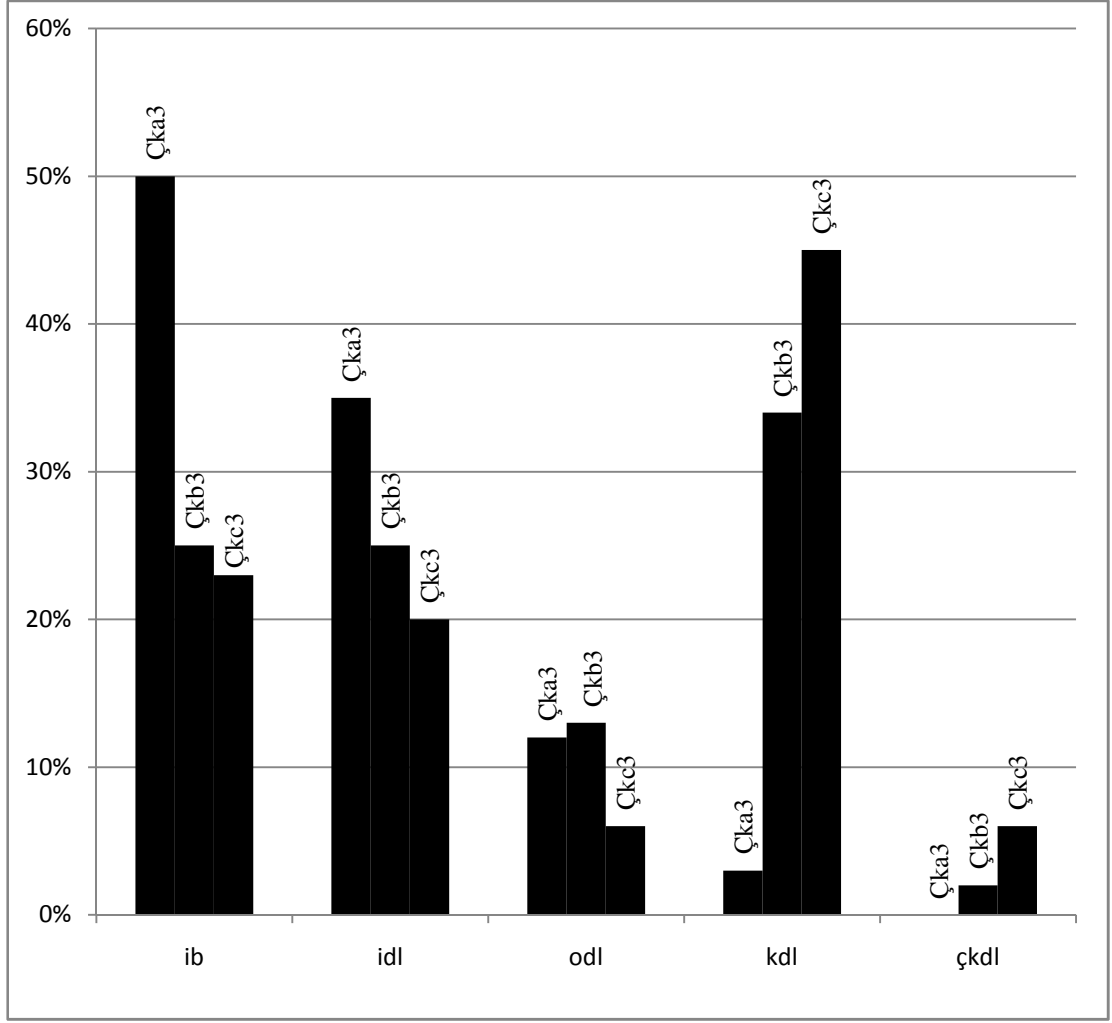


deneme alanında tespit edilmiştir. En yüksek yanıcı madde miktarı ise 3,652 kg/m<sup>2</sup> ile % 160,3 kapalılığa sahip olan 3 no.'lu deneme alanında tespit edilmiştir.

Çizelge 3.7 Deneme alanlarında ölçümler sonucu hesaplanan ağaçlar üzerindeki canlı ve ölü yanıcı madde miktarları

Deneme Alanı	CANLI						ÖLÜ						GT (kg/m <sup>2</sup> )	K (%)
	cib (kg/m <sup>2</sup> )	cid (dal<6mm) (kg/m <sup>2</sup> )	cod (6 ile 10mm arası) (kg/m <sup>2</sup> )	ckd (11-25mm arası) (kg/m <sup>2</sup> )	ççkd (25 mmden büyük) (kg/m <sup>2</sup> )	cT (kg/m <sup>2</sup> )	öib (kg/m <sup>2</sup> )	öid (dal<6mm) (kg/m <sup>2</sup> )	ööd (6 ile 10mm arası) (kg/m <sup>2</sup> )	ökd (11-25mm arası) (kg/m <sup>2</sup> )	öçkd (25 mmden büyük) (kg/m <sup>2</sup> )	öt (kg/m <sup>2</sup> )		
1	0,616	0,499	0,224	0,601	0,025	1,965	0,000	0,130	0,117	0,253	0,010	0,511	2,476	128,3
2	0,657	0,393	0,233	0,558	0,110	1,951	0,000	0,195	0,085	0,268	0,006	0,555	2,506	148,3
3	0,530	0,424	0,182	0,652	0,015	1,802	0,000	0,159	0,119	0,129	0,000	0,407	2,209	160,3
4	0,514	0,444	0,124	0,852	0,151	2,085	0,000	0,050	0,024	0,219	0,039	0,331	2,416	85,83
5	0,488	0,370	0,102	0,707	0,093	1,760	0,000	0,012	0,015	0,094	0,003	0,125	1,885	103,95
6	0,471	0,425	0,101	0,802	0,102	1,901	0,000	0,022	0,004	0,201	0,000	0,226	2,127	91,56
7	0,611	0,323	0,106	0,027	0,000	1,067	0,000	0,015	0,002	0,000	0,000	0,018	1,085	101,39
8	0,524	0,420	0,181	0,053	0,000	1,179	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,030	1,208	105,25
9	0,608	0,436	0,134	0,042	0,000	1,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,220	99,87

Birim alana düşen yanıcı madde miktarlarının meşcere tiplerinde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca ibre, ince dal, orta dal, kalın dal ve çok kalın dal miktarlarının da toplam yanıcı madde miktarı içerisinde farklı oranlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Metre kareye düşen ibre ve ince dal miktarı, toplam yanıcı madde ağırlığı içerisinde Çka3 meşceresinde %85, Çkb3 meşceresinde %50 ve Çkc3 meşceresinde %43'lük bir orana sahiptir. Meşcere tiplerine göre ibre, ince dal, orta dal, kalın dal ve çok kalın dal miktarlarının toplam yanıcı madde miktarı içerisindeki oranları şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Çka3, Çkb3 ve Çkc3 meşcerelerinde ibre, ince dal, orta dal, kalın dal, çok kalın dal miktarlarının toplam yanıcı madde miktarı içerisindeki oranları

#### 4. SONUÇLAR

Karaçam meşcerelerinde alınan deneme alanlarından elde edilen veriler sonucunda, deneme alanlarındaki toplam yanıcı madde miktarının 1,085 ile 3,652 kg/m<sup>2</sup> (ortalama 2,504 kg/m<sup>2</sup>) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Küçük tarafından 2000 yılında yapılan benzer bir çalışmada yaşları 4-13 arasında, boyları 0,23–2,7 m arasında değişen genç karaçam meşcerelerinde deneme alanlarında toplam yanıcı madde miktarları 0,003 ile 0,081 kg/m<sup>2</sup> (ortalama 0,022 kg/m<sup>2</sup>) arasında tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise yaşları 12-15 ve boyları 2,3-3,4 m arasında değişen genç karaçam meşcerelerinde toplam yanıcı madde miktarı 1,085 ile 1,220 kg/m<sup>2</sup> (ortalama 1,171kg/m<sup>2</sup>) olarak belirlenmiştir.

Arslan tarafından 1998’de 5, 15 ve 20 yaşlarındaki saf kızılçam meşcerelerinde çalışma yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde 15 yaşındaki saf kızılçam deneme alanlarında toplam yanıcı madde miktarı ortalama 2,704 kg/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise 12-15 yaş karaçam deneme alanlarında toplam yanıcı madde miktarı ortalama 1,171 kg/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu miktarlar arasındaki farklılıklar büyük ölçüde ağaç türünün farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Yaşlı bireylerde kalın dal ağırlığının, toplam yanıcı madde miktarı içerisindeki payının arttığı, genç bireylerde ise ibre ve ince dal miktarının toplam yanıcı madde miktarı içerisinde payının arttığı tespit edilmiştir. Genç bireylerde; 11mm çapının altındaki dallar ve ibre ağırlığının toplam yanıcı madde miktarı içerisindeki oranı %97 olurken, 10mm çapının üzerindeki kalın dalların ağırlığı ise toplam yanıcı madde miktarı içerisinde %3 lük bir paya sahiptir. Yaşlı bireylerde ise 1 cm çapının üzerinde ki kalın dal ağırlığı, toplam yanıcı madde miktarı içerisinde büyük paya sahiptir.

Yapmış olduğumuz çalışmada Çka3 deneme alanlarında canlı yanıcı maddeler, toplam yanıcı madde miktarının %99’luk bir kısmını oluşturmaktadır. Canlı ibre miktarı toplam yanıcı maddenin %50’sini oluştururken, 6 mm çapından küçük canlı yanıcı maddeler %34’ünü, 6–25 mm arası canlı yanıcı maddeler %15’ini oluşturmaktadır. Çka3 deneme

alanlarından ağaçların genç olmasından dolayı 25 mm çapından kalın canlı yanıcı madde ölçülmemiştir.

Çkb3 deneme alanlarında canlı yanıcı maddeler toplam yanıcı madde içerisinde %79'luk bir paya sahip iken, canlı ibreler %25, 6 mm çapından küçük canlı yanıcı maddeler %18, 6–25 mm arası canlı yanıcı maddeler %34 ve 25 mm çapından kalın canlı yanıcı maddeler %2'lik bir paya sahiptir.

Çkc3 deneme alanlarında canlı yanıcı maddeler toplam yanıcı madde içerisinde %89'luk bir paya sahip iken, canlı ibreler %23, 6 mm çapından küçük canlı yanıcı maddeler %19, 6–25 mm arası canlı yanıcı maddeler %42 ve 25 mm çapından kalın canlı yanıcı maddeler %5'lik bir paya sahiptir.

Mitsopoulos ve Dimitrakopoulos'un (2007) *Pinus halepensis* üzerinde yapmış oldukları çalışmada; toplam canlı yanıcı madde miktarının, genel toplam içerisinde %96,3 lük bir paya sahip olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada ise bu oran %87 olarak bulunmuştur. Diğer taraftan, canlı ibre miktarı toplam yanıcı madde miktarının %16,7'si olarak tespit edilmişken bu çalışmada bulunan sonuç %29'dur. İnce dalların oranı (<6 mm) %12,6, bu çalışmada %22, 6–25 mm arası canlı yanıcı madde miktarı toplam yanıcı madde miktarının %37,3'ü iken bu çalışmada %33 olarak tespit edilmiştir [56].

Bu oranlar arasındaki fark, büyük ölçüde ağaç türlerinin farklı olmasından ve çalışmada alanlarının özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmadaki veriler 2,23 ile 16,20 m arasındaki boylarda ve 12 ile 61 arasında değişen yaşlardaki meşcerelerde çalışılmışken, Mitsopoulos ve Dimitrakopoulos (2007) 5 ile 24 m boyunda ve 12 ile 54 yaşlarındaki meşcerelerde çalışmışlardır [56].

Bu çalışmada Çka3 meşcerelerinde alınan deneme alanlarında kuru yanıcı madde ağırlığının genel toplama oranı %1'lik bir paya, Çkb3 meşcere tipinde %21'lik bir paya ve Çkc3 meşcere tipinde ise %11'lik bir paya sahiptir. Kuru yanıcı madde miktarı ağaçların küçük olması nedeniyle Çka3 meşceresinde canlı yanıcı madde miktarına

kıyasla oldukça az tespit edilmiştir. Bu oran; Çkb3 meşceresinde artmış, Çkc3 meşceresinde ise tekrar düşmüştür.

İbre ve 6 mm çapının altındaki dallardan oluşan tüketilebilir yanıcı maddeler yangın şiddetini önemli ölçüde etkilemektedir. Aktif olarak yanabilen ibre ve 6 mm çapından ince dalların, yangın şiddeti ve neticesinde yangın davranışı üzerinde önemli etkisi vardır. Bir alanda aktif olarak yanabilen madde miktarının bilinmesi yangın şiddeti ve yangın davranışının belirlenmesinde büyük öneme sahiptir.

Çka3 meşcerelerinde aldığımız deneme alanlarında tüketilebilir yanıcı madde miktarının toplam yanıcı madde miktarına oranı % 85 olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık bu oran Çkb3 meşceresinde %50 ve Çkc3 meşceresinde %43 olarak tespit edilmiştir. Tüketilebilir yanıcı madde miktarının toplam yanıcı madde miktarı içerisindeki payının genç meşcerelerde, yaşlı meşcerelere oranla daha fazla olduğu görülmüştür.

Söndürme organizasyonlarında yapılacak planlamaların etkinliği diğer etkenler ile beraber yangın potansiyelinin iyi bilinmesi ile olur. İbre, 6 mm çapının altındaki dallar ve kalın dalların ayrı ayrı toplam yanıcı madde arlığındaki paylarının bilinmesi yangın şiddetinin daha iyi tespitini sağlamaktadır. Yanıcı madde miktarı önemli ölçüde ağaçların özelliklerine bağlı olduğundan, kolay ölçülebilir özelliklerin elde edilmesiyle yanıcı madde miktarları tespit edilebilir.

Yanıcı madde miktarları ile yanıcı madde özellikleri arasındaki ilişkilerden faydalanılarak, farklı yanıcı madde miktarlarını tespit etmek için kullanılacak regresyon modelleri geliştirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde; deneme alanlarında tespit edilen yanıcı madde miktarı ile özellikle ağaç boyu, tepe boyu, göğüs yüksekliği çapı ve rölatif gövde yüksekliği çapı arasında kuvvetli ilişkiler ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde yapılmış çalışmalarda da özellikle ağaç boyu, göğüs yüksekliği çapı ve rölatif gövde yüksekliği çapı ile yanıcı madde miktarı arasında kuvvetli ilişkiler ortaya konulmuştur.[56, 57, 58, 59, 60]

Yanıcı madde tipine bağlı olarak; yanıcı madde miktarı, boyutları, nem içeriği, sürekliliği, alandaki dağılımı yangın davranışını belirleyen en önemli faktörlerdendir.

Yanıcı madde miktarının kolay ölçülebilen parametreler ile ilişkilerinin tespit edilmesi sonucu oluşturulan yanıcı madde modelleri ile benzer özellikteki meşcerelerde yanıcı madde miktarlarının tahmini kolaylıkla yapılabilir.

Uydu, hava fotoğrafları ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak meşcerelerin ortalama boyları, tepe çapları, kapalılıkları tespit edilerek büyük alanlarda yanıcı madde miktarları yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

Kolay elde edilebilir değerler vasıtasıyla tespiti sağlanan yanıcı madde miktarları yangın davranışı sistemi içerisinde kullanılarak, karar destek sistemi içerisinde söndürme organizasyonlarında yapılacak planlamalarda etkin bir şekilde kullanılabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Heinselman, M.L., 1973, Fire in the Virgin Forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota, Quaternary Research 3, 329-382.
- [2] Rowe, J. S. ve Scotter, G. W., 1973, Fire in Boreal Forest. Quat. Res. 3, 44-464.
- [3] Eraslan, İ., 1982, Orman Amenajmanı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 3010/318, İstanbul, 585
- [4] Kourtzh, P., 1984, Decision –Making for Centralized Forest Fier Management. For. Chron. 60:320-327
- [5] Bilgili, E., 1996, Orman Yangınları ve Karar Vermede Yardımcı Sistemler, Güz yarıyılı Seminerleri, KTÜ Orman Fakültesi, Seminer Serisi No:1, Trabzon.
- [6] Van Wagner, C.E., ve Mtehven, I.R., 1980, Fire in the Management of canada’s National Parks: Philosopy and Strategy, National Parks Occasional Paper.on.
- [7] Bilgili, E., 1995a, Kanada Orman Yangınları Tehlike Oranı Sistemi ve Türkiye’de Uygulanabilme İmkanalrı, Orman Yangınlarının Önelenmesi ve Mücadelesi Semineri, Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul.
- [8] OGM, 2006, 2006 Yılı Orman Yangınlarıyla Mücadele Faaliyetleri Değerlendirme Raporu
- [9] Mol, T., 1994, Türkiye'de Orman İşletmelerinin yangına Hassaslık Sıralaması. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 44, Sayı 2, 1994, 17-33
- [10] Bilgili, E., ve Küçük, Ö., 2001, Yanıcı Madde Durumunun Yangın Hassasiyet Sınıflarının Belirlenmesindeki Önemi, 1. Ulusal Ormancılık Kongresi, 19 Mart 2001, Ankara
- [11] Çanakçıoğlu, H., 1990, Ormancılığın 150. Yılında Orman Yangınları, 150’ inci Yılda Türk Ormancılığı Paneli, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara
- [12] Bilgili, E., 1998a. Yangın Amenajmanı Planlamalarında Yanıcı Madde amenajmanının Rolü, Orman Yangınları Politikası ve Planlaması Eğitim Kursu, Ankara.

- [13] Albini, F. A. 1976, Estimating Wildfire Behaviour and Effects. USDA Forest Service Technical Report, INT-30. Ogden, UT: U.S. Dept. Of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station
- [14] Anderson, H.E., 1982. Aids to Determining Fuel Models For Estimating Fire Behavior USDA. For. Ser., Internat. For. Range Exp. Stn., Gen. Tech. Rep. INT-167, USA
- [15] Bilgili, E., 1995b, Fuel Characterization and Fire Behavior Prediction in Even-Aged Conifer Stands, PhD. Thesis, University of New Brunswick, Fredericton, Canada
- [16] Rothermel, R.C., 1983, How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires, US, Department of Agriculture Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT-143
- [17] Beck, J.A., 1988, Decision Support For Australian Fire Management, MScF Thesis, The Australian National University Department of Forestry, pp 84
- [18] Rothermel, R. C. 1972. A Mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels. U.S. For. Ser. Res. Paper INT-115, 40
- [19] Forestry Canada, 1992, Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Forestry Canada, Fire Danger Group, Inf. Rep., St-X-3
- [20] Forestry Canada, 1989, Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP), System Technology and Information Transfer Workshop, Winnipeg, Manitoba, December (12-13), 114 pp+suppl
- [21] Lawson, B.D., 1972, An Interpretive Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Rating System, Can., For., Serv., BPC,3-721
- [22] Küçük, Ö., 2000. Karaçamda Yanıcı Madde Miktarının Tespiti ve Yanıcı Madde Özelliklerine Bağlı Yanıcı Madde Modelleri, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- [23] Sandberg, D.V., Roger D. Ottomar, Geoffrey H. Chuson. 2001. Characterizing Fuels in the 21 st Century, International Journal of Wildland Fire, Vol:10:381-387
- [24] Bilgili, E., 2003. Stand Development and Fire Behavior, Forest Ecology and Management 179, 333-339



- [25] Bilgili, E. ve Sağlam, B., 2003. Fire Behavior in Maquis in Turkey, Forest Ecology and Management 184, 201-207
- [26] Bilgili, E., 1999., The Use of Decision Support Systems in Fire Management Planning, Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Semineri, Fethiye, Muğla.
- [27] Bilgili, E., 2000. Orman Yangınları Tehlike Oranları Sistemine Doğru, T.C. Orman Bakanlığı Teknik Bülten, 1, 1, 13-14, Ankara.
- [28] Çanakçıoğlu, H., 1985, Orman Koruma, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No:3315, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:376, İstanbul
- [29] Van Wagner, C.E., 1963. Prescribed Burning Experiments Red and White Pine, Can., For. Res. Br., Dept. For Publ. No:1020
- [30] Robertson, F.C., 1971, Terminology of Forest Science, Tecnology, Praticce and Product, D.C.,349 pp., Washington.
- [31] Çanakçıoğlu, H., 1993, Orman Koruma, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No:3624, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:441, İstanbul.
- [32] Stinson, K.J. ve Wright, H.A., 1969, Temperature and Headfires in the Sourthen Mixed Prairie of Texas, J. Range. Mgmt. 22:169-174
- [33] Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L. ve Williams, D., 1991. Fire in Forestry, Volume:1, Chapter 2, 31-54, U.S.A.
- [34] Countryman, C.M., 1972. Moisture in Living Fuels Affects Fire Behavior, Fire Management, Volume: 2, U.S. Department of Agriculture
- [35] Van Wagner, C.E., 1968. Fire Behavior Mechanisms in a Red Pine Plantation: Field and Laboratory Evidence, Can., For. Br., Dep. Publ. No. 1299
- [36] Acatay, A., 1959. Orman Koruması, İ.Ü. Yayın No:824, Orman Fakültesi Yayın No:62
- [37] Baş, R., Öymen, T., 1988. Yangına Neden Olan yanıcı Madde Sorunu ve Yanıcı Maddenin Azaltılması, T.C. Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı Türkiye Ormanlarını Yangından Koruma Semineri, Yayın No:29, Seri NO:672, Ankara
- [38] Bilgili, E., 1998b. A State- Dependent Model of Forest Floor Development, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 22, 323-328.

- [39] Vaux, J.H., 1959. Forest Fire Control and Use the American Forestry Series, Mc Graw-Hill Bokk Company, Inc., New York
- [40] Küçük, Ö., Bilgili, E., Dinç Durmaz, B., 2005, Yangın Potansiyelinin Belirlenmesinde Yanıcı Madde Haritalarının Önemi, SDÜ. Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, sayfa.1
- [41] Storey, T.G., 1955, Fons, F.L.,Sauer, F.M., 1955. Crown Characteristics of Several Coniferus Tree Species, İnterim Tech. Rept. AFSVP-146
- [42] Olson, D.S., Fahnestock, G.R., 1955. Looging Slash: A Study of the Problem in İnland Enpire forest, Univ., İdaho, Forest, Wildlife and Range Expt., Sta., USA
- [43] Stiell, W.M., 1965. Twenty- Year Growth of Red Pine Planted at Three Spacings, Department of Forestry Publication No:1045, Canada.
- [44] Stiell, W.M., 1966. Red Pine Crown Development in Relation to Spacing Department of Forestry Publication No: 1145, Canada
- [45] Stiell, W.M., Berry, A.B., 1977. A-20 Year Trial of Red Pine Planted at Seven Spacings, Canada For. Menage . Inc., Inf. Rp., FMR-X-97, Canada
- [46] Stocks, B.J., 1989. Fire Behavior in Mature Jack Pine Can., J., For., Res., 19: Canada
- [47] Alexander, M.E., Lawson, B.D., Stocks, B.J., Van Wagner, C.E., 1984, User Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Rate of Spread Relationships, Intern. Edition, Environ Can, Can. For. Ser., Fire Danger Goup, 77+Suupl., Canada.
- [48] Alemdağ, I.S.,1984. Total Tree and Merchantable Stem Biomass Equations For Ontorio Hardwoods, Can. For. Ser., Nat. For. Inst. Inf. Rep., PI-X-46-54, Petawawa
- [49] Alemdağ, I.S., 1986. Estimating Ovendry Mass of Tremling Aspen and White Birch Using Measurements From Aerial Photographs, Can., J., Forest Res., 16 (1), 1986, 163-165.
- [50] Bilgili, E., Methven, I.R., 1994. A Dynamic Fuel Model For Use in Managed Even Aged Stands, Int., J., Wildland Fire, 4, (2), 177-184

- [51] Hirsch, K.G., 1996. Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System:User's Guide, Nat. Resour. Can., Can For. Serv. Northwest Reg., North. For. Cent., Spec. Rep. 7, Edmonton, Alberta
- [52] Hornby, L.G., 1936. Fire Control Planning in the Northern Rocky Mountain Region, Rocky Mt. Forest and Range Expt. Sta. Prog. Rep. 1, USA.
- [53] Jemison, G.M., Koetch, J.J., 1942. Rate of Spread of Fire and its Resistance to Control in the Fuel Types of Eastern Mountain Forest, U.S. Forest Serv. Appalachion Forest Sta., Tech. Note 52.
- [54] Barrows, J.S., 1951. Fire Behavior in Northern Rocky Mountain Forests, U.S. Forest Serv. Range Expt. Sta. Pp.29, Missoula.
- [55] Batu, F., 1995. Uygulamalı İstatistik Yöntemler, K.T.Ü. Yayın No: 179, Orman Fakütesi Yayın No: 22, Trabzon.
- [56] Mitsopoulos, I.D., and Dimitrakopoulos A.P., 2007. Allometric equations for crown fuel biomass of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Greece, International Journal of Wildland Fire, 16, 642-647.
- [57] Fehrmann, L., and Kleinn, C., 2006. General consideration about the use of allometric equations for biomass estimation on the example of Norway spruce in central Europe, Forest Ecology and Management, 236, 412-421.
- [58] Miksys, V., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Stupak, I., Armolaitis, K., Kukkola, M. and Wojcik, J., 2007. Above –ground biomass functions for Scots pine in Lithuania, Biomass and Bioenergy, 31, 685-692.
- [59] Küçük, Ö., Bilgili, E. and Sağlam, B., 2008. Estimating crown fuel loading for calabrian pine and Anatolian black pine, International Journal of Wildland Fire, 17, 147-154.
- [60] Levia, D.F., 2008. A generalized allometric equation to predict foliar sry weight on the basis of trunk diameter for eastern white pine (*Pinus strobus* L.), Forest Ecology and Management, doi:10.1016/j.foreco.2007.12.01.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Uğur Tamer ÇELİK  
Doğum Yeri : Şavşat  
Doğum Tarihi : 1979  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce

### **Eğitim Durumu (kurumu/yılı)**

Lise : Erzurum Lisesi/1996  
Lisans : Artvin Orman Fakültesi / 2002  
Yüksek Lisans :

### **Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yılı**

Orman Genel Müdürlüğü / 2004

### **Yayımları (SCI ve diğer)**

### **Diğer Konular**

