

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARAÇAMDA YANICI MADDE MİKTARININ TESPİTİ ve YANICI MADDE
ÖZELLİKLERİNE BAĞLI YANICI MADDE MODELLERİ

Orman Mühendisi : Ömer KÜÇÜK

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Orman Yüksek Mühendisi”
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

96797

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30.12.1999

Tezin Savunma Tarihi : 31.01.2000

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mahmut EROĞLU
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. İlhan DENİZ

E. Bilgili
M. Eroglu
I. Deniz

TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

A. Kadoglu

TRABZON 2000

ÖNSÖZ

Genç ve yaşlı karaçam meşcerelerindeki yanıcı madde miktarlarının tespiti ve yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde tiplerinin belirlenmesi konulu yüksek lisans tezinin arazi çalışmaları Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Merkez Orman İşletme Müdürlüğü ve Karadere Orman İşletme Müdürlüklerinde seçilen deneme alanlarında, bu deneme alanlarından alınan örneklere dayalı ölçüm, tartım ve kurutma işlemleri de Kastamonu İl Kontrol Laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışmanın planlanması, deneme alanlarının seçilmesi, örneklerin alınması, arazi ve laboratuvardaki ölçüm, tartım ve kurutma işlerinde ve yazım aşamasında öncelikle yüksek lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek yardımlarını esirgemeyen ve bilgilerinden esinlendiğim sayın Hocam Doç. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ'ye içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince değişik aşamalarda olumlu fikirlerinden yararlandığım Doç. Dr. Mahmut EROĞLU'na, istatistiki analizlerin yorumlanmasında yardımcı olan Doç. Dr. Hakkı YAVUZ'a ayrıca gerekli çalışmalarımı yapabilmem için her türlü kolaylığı sağlayan Kastamonu Orman Fakültesi Dekanı saygı değer hocam sayın Prof. Dr. Hasan VURDU'ya ve Orman Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın hocam Doç. Dr. Şemi İKTÜEREN'e, gerek kaynak taraması gerekse tez yazımı sırasında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Bülent SAĞLAM'a ve değerli arkadaşım Arş. Gör. Günay ÇAKIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmaları süresince gerek ulaşım gerekse ölçme araçlarının sağlanmasında yardımlarını esirgemeyen Kastamonu Merkez Orman İşletme Müdür Yardımcısı Orman Mühendisi Kamuran BİRİNCİ'ye ve tüm personele, laboratuvar çalışmalarımı yapmada her türlü kolaylığı gösteren Kastamonu İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü çalışanlarına da teşekkürlerimi iletmeyi bir borç bilirim.

Bu çalışmanın, konu ile ilgili yapılacak diğer çalışmalara yararlı olmasını dilerim.

Trabzon, 2000

Ömer KÜÇÜK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. Literatür Araştırması.....	3
1.2.1. Orman Yanıcı Maddeleri ve Özellikleri.....	3
1.2.2. Amerikan Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri.....	12
1.2.3 Kanada Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	18
2.1. Materyal.....	18
2.1.1. Araştırma Alanı ve Özellikleri.....	18
2.2. Yöntem.....	19
3. BULGULAR.....	22
3.1. Fidanlardan Elde Edilen Yanıcı Madde Bulguları.....	22
3.2. Ağaçlardan Elde Edilen Yanıcı Madde Bulguları.....	30
3.3. Karaçamda Tespit Edilen Yanıcı Madde Tipleri.....	38
4. TARTIŞMA.....	43
5. SONUÇLAR.....	46
6. ÖNERİLER.....	47
7. KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ÖZET

Farklı büyüme özelliklerine sahip (genç ve yaşlı) karaçam meşcerelerinde yanıcı madde miktarı tespit edilmiştir. Yapılan ölçümler ve analizler sonucunda karaçam için iki yanıcı madde tipi belirlendi.

Ölçüm yapılan 32 tane deneme alanında 40 adet fidan ve 10 adet ağaç kesilerek yanıcı madde miktarları bulunmuştur. Deneme alanındaki ölçümler; boy, tepe boyu, tepe çapı, kök boğaz çapı, (fidanlarda), $d_{1.3m}$ göğüs yüksekliği çapı (ağaçlarda) ve ölü örtü miktarının belirlenmesi olarak yapıldı. Yapılan analizler sonucunda tepe ağırlığı ile tepe boyutları arasında yüksek bir ilişki çıkmıştır.

Analizlerde elde edilen eşitliklerle her bir deneme alanı için yanıcı madde miktarı hesaplandı. Arazide yapılan ölçümler, gözlemler ve de analizler sonucunda karaçam için iki tip yanıcı madde modeli belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Yanıcı Madde Tipi, Yanıcı Madde Miktarı, Karaçam

SUMMARY

Fuel Load Determinations and Fuel Models Based on Fuel Characteristics in Black Pine

Crown fuel loading were determined in a series of Black pine stands in different developmental stages. Based on the measurements and the analyses of the data, two fuel types for Black pine were described.

A total of saplings and 10 trees from 32 plots were destructively sampled. Measurements included total height, crown width, root collar diameter (for saplings), $d_{1.3m}$ (for trees) and surface litter. Analyses revealed strong relationships between crown fuel loads and crown dimensions.

To determine the total fuel loads for the plots sampled equation generated by the analyses were used. Field measurements and observations and the results obtained from analyses were then used two describe two fuel model for Black pine

Key Words: Fuel Type, Fuel Loading, Black Pine

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	4
Şekil 2. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki hata terimleri dağılım	4
Şekil 3. İbre ağırlığı ile fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik dönüşüm ilişkisi.....	25
Şekil 4. İbre ağırlığı ile fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik hata terimleri dağılımı	25
Şekil 5. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik dönüşüm ilişkisi.....	26
Şekil 6. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik hata terimleri dağılımı	26
Şekil 7. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik dönüşüm ilişkisi.....	27
Şekil 8. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik hata terimleri dağılımı	27
Şekil 9. Tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki.....	32
Şekil 10. Tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki hata terimleri dağılımı	32
Şekil 11. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki.....	33
Şekil 12. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerleri arasındaki hata terimleri dağılımı.....	33
Şekil 13. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak kalın dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki.....	34
Şekil 14. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak kalın dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerle arasındaki hata terimleri dağılımı	34

Şekil 15. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki	35
Şekil 16. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki hata terimleri dağılımı.....	35
Şekil 17. Doğal olarak yetişmiş karaçam genç yanıcı madde tipi.....	41
Şekil 18. Dikim yolu ile oluşturulan karaçam genç yanıcı madde tipi.....	41
Şekil 19. Kapalılığı bozuk olan meşcerelerde karaçam yaşlı yanıcı madde tipi.....	42
Şekil 20. Normal kapalı yaşlı karaçam meşceresinde ölü örtü.....	42



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Amerikan sisteminde yanıcı madde tipleri.....	13
Tablo 2. Kanada sisteminde yanıcı madde tipleri.....	17
Tablo 3. Fidanlara ait deneme alanlarında kesilen örnek veriler tablosu.....	23
Tablo 4. Fidanlarda yanıcı madde ağırlıklarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak oluşturulan modeller.....	28
Tablo 5. Fidanlara ait deneme alanlarında regresyon analizi sonucu hesaplanan yanıcı madde miktarları.....	29
Tablo 6. Deneme alanlarından kesilen ve ağırlıkları tespit edilen ağaçların yanıcı madde miktarları.....	31
Tablo 7. Ağaçlarda yanıcı madde ağırlıklarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak oluşturulan modeller.....	36
Tablo 8. Ağaçlara ait deneme alanlarında regresyon analizi sonucu hesaplanan yanıcı madde miktarları.....	37
Tablo 9. Deneme alanlarında tespit edilen karaçam yanıcı madde tipleri.....	40

SEMBOLLER DİZİNİ

- Kbç** : Kök boğaz çapı
Tboy : Tepe boyu
Tçap : Tepe çapı
Kincedal : 1 cm çapından ince dallar
Kkdal : 1 cm çapından kalın dallar
K : Kapalılık
Ort. boy : Ortalama boy
d_{1.3} : 1.3 metre yerden yükseklikteki ağaç çapı



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sürdürülebilir doğal kaynakların en önemlilerinden biri olan ormanların önemi gittikçe artmakta, geliştirilmeleri ve korunmaları zorunluluk haline gelmektedir. Bundan dolayı ormanlarının varlığını tehdit eden ve önemli bir kısmının zarara uğramasına neden olan etkenlere karşı ormanların korunması büyük önem arz etmektedir. Orman varlığını tehdit eden etkenlerden bir tanesi de orman yangınlarıdır. Orman yangınları ile başarılı bir şekilde mücadele edebilmek için yangın tehlikesinin ve davranışının sağlıklı bir şekilde ortaya konulması gereklidir. Bunu gerçekleştirebilmesi yangın davranışını kontrol eden ve belirleyen meteorolojik ve topoğrafik faktörlerle yanıcı madde özelliklerinin bilinmesini gerekli kılar.

Yanıcı maddeler zaman ve mekanda değişebilir ve kontrol edilebilir olmaları nedeniyle, üzerlerinde herhangi bir kontrolün söz konusu olmadığı meteorolojik ve topoğrafik faktörlerden ayrılır. Bundan dolayı yangınların kontrol altına alınabilmeleri ve davranışlarının başarılı bir şekilde tahmin edilebilmesi büyük oranda yanıcı madde özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden yanıcı madde tiplerinin tanımlanması ve yangın davranış modellerine entegrasyonu konusunda çok yoğun araştırmalar yapılarak yanıcı madde modelleri oluşturulmuştur (1,2). Bu konuda özellikle Amerika, Kanada ve Avustralya'da önemli çalışmalar yapılmaktadır.

ABD'de yanıcı madde tiplerinin düzenlenmesine bağlı olarak 13 tane yanıcı madde modeli geliştirilmiştir (3). Bu sistemde yanıcı maddeler; çayır, çalı/maki, ağaçlar ve kesim artıkları olarak dört gruba ayrılmışlardır. Yanıcı maddeler, kendi grupları içinde çeşitli yanıcı madde tipleri olarak sınıflandırılmıştır. Yangın davranışı tahmininde, yanıcı madde modellerine yanıcı maddelerdeki değişimler de dahil edilmiştir (4). Yangın davranışlarındaki farklılıklar, yanıcı madde gruplarının farklı özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikler yanıcı madde ağırlığı, derinliği, yoğunluğu, nem içeriği ve yanıcı maddelerin kimyasal bileşimidir (5).

ABD sisteminde yangın davranışı yanıcı madde nemi, sıcaklık değişimleri, meteorolojik parametreler ve farklı yanıcı maddelerin etkilerinin ölçüldüğü laboratuvar denemelerine dayanmaktadır (5).

Kanada sistemi Amerikan sisteminin aksine, Avustralya sisteminde olduğu gibi farklı arazi ölçümlerine dayalı verilerin analizlerinden oluşmaktadır. Yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Yanıcı madde tipleri nitelik bakımından çok, nicelik olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma meşcere yapısı , örtü ve üst tabaka yanıcıları ve orman yüzeyini kaplayan yanıcı maddelere göre yapılmıştır (6).

Yangın davranışı tahmini, meşcerelerdeki deneysel yaklaşımlarla birlikte, çok güvenilir teorik analizlere veya laboratuarda ve arazi şartlarında gerçekleştirilen deneysel yangınlara ve farklı arazi bilgilerinin istatistiki analizlerine dayanmaktadır (7). Oluşturulan sistem deneysel olarak seçilmiş bölgelerdeki birçok sezonda toplanmış orman yangın davranış bilgileri, yanıcı madde özellikleri ve meteorolojik parametreler birlikte kullanılarak oluşturulmuştur (8). Farklı yanıcı madde tiplerindeki yangın davranışı farklılıkları yanıcı madde tiplerine bağlıdır.

Avustralya sistemi Kanada sisteminde olduğu gibi, yanıcı madde tipleri hem deneysel hem de teorik yaklaşımlar kullanılarak oluşturulmuştur (9). Daha sonra ise Amerika sistemiyle kombine edilerek geliştirilmiştir (4). Avustralya sisteminde de 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 almışlardır. 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 (4).

Görüldüğü gibi orman yangınlarının büyük zarara yol açtığı ülkelerin hemen hepsinde uzun yıllardan beri yangın tehlike oranları kullanılmaktadır. Ülkemizde de böyle bir yapılanmaya gidilmelidir. Bunun için yanıcı madde tiplerine uygun yanıcı madde modelleri geliştirilerek yangın davranış tahmini sisteminde kullanılmalıdır.

Bu çalışmada yangın davranış tahmini sisteminde önemli bir yer tutan yanıcı maddelerin önemi yanıcı madde özelliklerine bağlı olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bunun için karaçamda yanıcı madde miktarının belirlenmesi ve yanıcı madde özelliklerine bağlı yanıcı madde modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ulusal yangın tehlike oranları sisteminin oluşturulmasında önemli bir yer tutacağı düşünülmektedir.

1.2. Literatür Araştırması

1.2.1. Orman Yanıcı Maddeleri ve Özellikleri

Odunsu yapıda ve diğer bitkisel materyallerden oluşan tüm yanıcı maddeler ormanlık alanların gelişiminden oluşmaktadır. Yanıcı maddeler toprakta, toprak üstünde ve daha yüksekte bulunabilen ve tutuşup yanabilen veya yanmaya veya tutuşmaya eğilimli herhangi bir madde veya karışım olarak tanımlanmıştır (10). Otlar, çayırlar, alçak boylu otsu ve odunsu vejetasyonlar ve yüksek boylu türler, ormandaki yanıcı maddeleri oluşturmaktadır. 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 tutulur. Orman alanlarının yanıcı madde tiplerine göre sınıflandırılması yangın söndürmede hızlı müdahalenin temelini teşkil etmektedir (11).

Yanıcı maddeler, yangının başlamasına ve yayılmasına zemin teşkil ederler. Bu sebeple, yanıcı madde özelliklerinin belirlenmesi ve yangın davranışı tahmini sistemi içerisindeki yerini alması, yapılacak yangın öncesi planlamalarda ve yangınla mücadelede büyük önem arz eder. Genel olarak yangın davranışına etki eden yanıcı madde özellikleri; yanıcı madde boyutu, yanıcı madde düzeni ve sürekliliği, yanıcı madde tipi ve arazideki dağılımı ve de yanıcı maddenin nem durumudur.

Yanıcı madde boyutu, yanıcı maddelerin yanma hızını belirleyen önemli bir faktördür. Boyutlarına göre ince ve kaba yanıcı maddeler olmak üzere genelde iki grupta incelenirler. Yaprak, ince dal, ibre ve çayır gibi ince yanıcılar çok hızlı nem alma ve verme özelliğine sahiptirler. Hızlı su kaybettiklerinden dolayı tutuşmaları da oldukça kolaydır. Kaba yanıcı maddeler ince yanıcı maddelere oranla daha büyük ebatlara sahip kök, devrilmiş gövdeler ve kalın çaplı kesim artıklarından oluşmaktadır. Bu tip yanıcı maddeler boyutlarından dolayı nemi daha yavaş alıp daha geç bırakırlar. Tutuşmaları için daha fazla ısıya ve yanmaları için de daha fazla zamana ihtiyaç gösterirler. Dolayısıyla bu tip yanıcı maddelerin yangının başlaması ve yayılmasında önemli bir etkisi yoktur. Ancak; bu tip yanıcı maddeler uzun süre kor halinde kalabildiklerinden, yangının bu noktalardan yanmamış alanlara geçerek yangının tekrar başlamasını engellemek için yangının kontrol altına alındıktan sonra yapılacak soğutma çalışmalarında önemle üzerinde durulması gereken kısımları oluşturmaktadırlar.

Yanıcı madde düzeni özellikle yanıcı maddelerin yatay ve dikey konumdaki dizilimleri ile ilgilidir. Yanıcı madde sürekliliği ise tüm yanıcı maddelerin yatay ve dikey konumdaki sürekliliğini ifade eder. Yanıcı madde düzeni yanmayı, yangın şiddetini, yayılma oranını, havalanmayı dolayısıyla yanıcı madde nem kaybı oranını büyük ölçüde etkiler. Çok sıkışık veya çok seyrek olarak dizilmiş yanıcı madde parçacıklarının oluşturduğu bir zeminde yangın çok hızlı ilerleyemez. Yanıcı madde çok sıkışık olduğu durumda yanıcı madde yoğunluğunun fazla ve gözenekliliğin az olmasından dolayı yanıcı maddenin nem miktarı daha fazla olacaktır. Bu yüzden kuruma daha uzun bir sürede gerçekleşecektir. Yanıcı maddenin seyrek olması durumunda ise yanıcı madde parçacıkları birbirine yeterince yakın olmadıklarından dolayı yanan parçacıkların oluşturdukları enerji henüz yanmaya başlamamış materyali tutuşturacak derecede olamayacağından yangının ilerlemesi sağlanamayacaktır. İbre boyu küçük olan saf iğne yapraklı meşcerelerde (ör: göknar, ladin) ibre gözenekliliğinin az oluşu ve de 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 daha hızlı ilerleyebilir. Bunun sebebi yaprakların kıvrılarak havalanması ve iyi bir örtü oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. Örtü yangınları özellikle çam meşcerelerinde oldukça hızlı yayılmaktadır. Bunun nedeni, ibrelerin uzunluğu ve oluşturdukları derin ve havalanması iyi ölü örtü tabakasının oluşmasıdır (12).

Hem yatay hem de dikey yanıcı madde sürekliliği yangın davranışı açısından son derece önemli yanıcı madde özelliklerindedir. Yangın genelde ölü örtü tabakasında başlar ve gelişir. Yangının ilerleyebilmesi yangının ilerlediği yöndeki yanıcı maddenin sürekliliği ile doğrudan ilişkilidir. Ölü örtü tabakasındaki bir kesinti yangının daha ileriye geçişini engelleyecek ya da zorlaştıracaktır. Aynı şekilde, örtü yangınının tepe yangını halini alabilmesi örtü yangını bile oluşan enerjinin tepedeki yanıcı maddeleri tutuşturacak derecede ve tepenin de belirli bir yükseklikte olması gereklidir. Bu yükseklik örtü yangını alevinin 1.5 katı bir yüksekliktir (13).

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

kısının doğal budama sonucu yerden yükselmesine paralel olarak azaldığını tespit edilmiştir. Müdahale görmüş meşcerelerde müdahale anına kadar, müdahale görmemiş meşcerelerde olduğu gibi bir durum izlenmekte ancak, müdahale ile birlikte yangın yayılma oranında ve yangın şiddetinde bir artış gözlemlenmektedir. Bunun nedeni ise kesimlerle birlikte ölü örtü tabakasının daha da zenginleşmiş olması ve meşcerenin kısmen açılmış olması, dolayısıyla rüzgarın meşcere içersine daha kolay girerek yangını körükleyici bir etki yapabilesidir (2).

Meşcere kapalılığı yanıcı maddenin sürekliliğinin bir fonksiyonudur. Bu yüzden tam kapalı ve normal kapalı meşcerelerde yanıcı maddeler, kapalılığı bozuk olan meşcerelere göre daha çok süreklilik arz eder. Hava fotoğraflarından, meşcerelerin bu özellikleri tespit edilerek tahmini olarak yanıcı madde miktarı tespit edilebilmektedir.

Yanıcı maddenin yangın davranışını etkileyen özelliklerinden birisi de yanıcı maddelerin içerdikleri nem miktarıdır. Ormandaki yanabilen maddelerde bulunan nem miktarı ne kadar az ise, yangının çıkma ve yayılma ihtimali o derece yüksek olur. Ormandaki yanıcı maddelerin kuruluşu yağış azlığına, hava sıcaklığının yüksekliğine, bağıl nem miktarının düşük olmasına ve buharlaşmaya bağlıdır. Genelde yanıcı madde de %5'ten az olan nem içeriğinin diğer şartlar aynı kalmak koşuluyla yangın çıkma olasılığını artırdığı belirlenmiştir. Yangının yayılışının büyük ölçüde tepeye olduğu yanıcı madde tiplerinde canlı yanıcı maddelerdeki nem yangın davranışını etkileyen temel bir etmendir (14). Van Wagner (1968), Kanada'da her biri yaklaşık 4000m² lik iki adet *Pinus resinosa* plantasyonunda deneysel tepe yangını gerçekleştirmiştir. Benzer hava koşullarında, yaprak nemi konsantrasyonu %100 olduğu ilk yangında yayılma hızı 17m/sn, alev yüksekliği 20m olmuştur. Nem konsantrasyonunun %95 olduğu ikinci yangında ise yayılma hızı 27m/sn ve alev yüksekliği 30m olmuştur (15).

Yanıcı maddelerin yanabilirliği; düzenine, içerdiği nem miktarına, yaşa, genel olarak ağaç gövdesine ve türlerin bileşimine bağlıdır. Yanıcı madde tipi genel anlamada benzer özelliklere sahip vejetasyon tiplerini ifade eder. Her bir yanıcı madde tipi yangın davranışı açısından farklılıklar arz eder. Benzer topoğrafik ve hava halleri koşullarında yangın bazı yanıcı madde tiplerinde yavaş yayılırken, bazılarında oldukça hızlı yayılabilir. Aynı şekilde bazılarında yüksek şiddette yangın oluşurken (örneğin, maki ve genç plantasyonlar), diğerlerinde düşük şiddette yangın görülür (örneğin, yaşlı meşcereler). Bu durum dikkate alındığında yanıcı madde tiplerinin arazi üzerinde birbirlerine göre buldukları konumları yangın davranışını önemli ölçüde etkileyeceği kolayca anlaşılmaktadır (12).

Yanıcı madde düzeni kadar yanıcı madde yoğunluğu da yangın davranışı üzerinde etkilidir. Yanıcı madde yoğunluğu alev yüksekliğini ve yanma oranlarını etkilemektedir. Yanıcı madde yoğunluğu hem tek tek yanan parçacıklara hava sağlamayı hem de tutuşmanın gerçekleştiği yerin daha ilerisindeki yanıcı madde yatağındaki parçacıklara ısı iletmede kolaylık sağlamayı etkiler.

Hem yayılma oranı hem de yangın yüksekliği aynı tip yanıcı maddelerde yanıcı madde yükü ile doğrusal ilişki göstermektedir. Yanıcı madde yükü iki kat arttığında alev yüksekliği de iki kat artacaktır. 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 (13).

Yangının yayılışında kalın çaplı yanıcı maddelerin etkileri çok azdır. İnce çaplı materyaller ise tamamen yandığından yangının yayılma hızında esas etkendirler. Kalın çaplı materyallerin tamamen yanmadığı, kısmen yandığı yangın sahalarında gözlemlenmiştir. Yangınların yayılma oranı, yangın hattı boyunca yüzeydeki ince yanıcı maddeler tarafından belirlenmektedir.

Yeşil yapraklı ağaçlar yangını ilerletmezken genel olarak ibrelilerdeki yanabilen yanıcı tabaka değişime uğrayarak yangının ilerlemesini gerçekleştirilmektedir. Çam türleri fazla reçine ihtiva etmesi, ışık ağacı olması, kurak yetiştirme muhitlerinde saf ve büyük meşcereler oluşturması sebebiyle orman yangınları bakımından en çok tehlikeyle karşı karşıya kalmaktadır (17).

Buna göre; yangın davranışında ormanı oluşturan vejetasyon ve tür kompozisyonu da önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Yanıcı madde özellikleri ormanı oluşturan vejetasyon ve tür kompozisyonuna da bağlıdır. Nitekim iğne yapraklı türlerde yaprak dökümü tüm yıl boyunca olmakta ve özellikle kurak dönemlerde hızlanmaktadır. Bu durum ormanın zemininde nem oranı düşük, henüz ayrışmadığı için yanıcı madde oranı yüksek bir organik kütle oluşturur. Yapraklı türlerde ise yaprak dökümü yaz sonu ve sonbaharda meydana geldiğinden, yüksek potansiyelde bir yangın tehlikesi oluşturmaz. Dökülen yaprakların gelecek yaz mevsimine kadar ayrışması ve bu yapraklarda kolay tutuşabilen maddelerin yokluğu veya az oluşu da yangın potansiyelini düşük seviyeye indirmektedir (18).

Yangın zerreciklerinin yalnız başına doğrudan yakma ve tutuşturma etkisi olmasına rağmen yangın davranışı mineral toprak üzerindeki vejetasyon örtüsünün düzenine, canlı ve ölü bitki materyalinin miktarına bağlıdır. Değişik yanıcı madde tiplerinde özellikle ölü

örtü tabaksını oluşturan ince yanıcı materyallerin değişime uğramaları nem şartlarına, toprak ısısına ve havayla teması gibi değişik faktörlere bağlı olup, bu faktörlerin etkisi zamana ve koşullara bağlıdır (19).

Orman alanındaki toplam yanıcı madde yükü mineral toprak üzerinde bulunan ölü ve canlı bitki materyalidir. Bu sahalardaki potansiyel yanıcı madde miktarı ise belirli bir sahada gelişebileceği tahmin edilen en yoğun tüketilebilecek yanıcı madde miktarıdır. Tüketilebilir yanıcı madde miktarı ise yangının belirli koşullarda tüketebileceği yanıcı madde miktarıdır (12).

Meşcerelerdeki potansiyel yanıcı madde miktarı her zaman için maksimum değerdir. Tüketilebilir yanıcı madde miktarı ise yangının ancak belirli hava koşullarında tüketebileceği miktara bağlı olduğundan daima potansiyel yanıcı madde miktarından azdır. Yanıcı madde boyutu yangın davranışını etkileyen faktörlerden birisidir. Yanıcı maddenin boyutuna bağlı olarak yanma hızında değişiklikler ortaya çıkmaktadır. İnce yanıcı madde yanma hızı kaba yanıcı maddelere oranla daha hızlıdır. Yangınlarda çapı 1 cm'den ince olan materyallerin tamamı yanmaktadır. Yanıcı maddelerin ormanda buldukları yere ve sahip oldukları özelliklere göre yanma durumlarında farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Ormandaki yanıcı maddelerden toprak içi yanıcı maddeler üst topraktaki tüm yanıcı madde nemleri ancak %20'den aşağıya düştüğünde yanabilirler . Bu yanıcılar normal bir neme sahip olduklarından dolayı yangının yayılmasını nadiren etkilerler. Humusun yanabilir üst kısmı örtü yangınlarının ilerlemesini kolaylaştırır. Köklerde yangın çok yavaş ilerler. Çünkü köklerde havanın kısıtlı oluşu hızlı tutuşmayı engeller.

Yüzey yanıcı maddeleri mineral toprağın üzerinde yanabilen tüm ölü veya canlı materyallerdir. Yaklaşık olarak toprak yüzeyinden 2 metre yüksekliği içerirler. Örtü yangınlarının yayılmasının esas nedeni yüzey tabakasındaki ölü materyallerin, otsuların ve ibrelerin büyük oranda yanabilir bir tabaka teşkil etmesidir. Bunların tutuşmaları fiziksel özelliklerine ve düzenlerine bağlıdır. İbreliler içerisinde özellikle çam ibrelerinin oluşturduğu yığınlar çok tehlikelidir. İbreler uzun bir süre bozulmadan birikmiş halde kalabilirler. Yapraklı türlerde dökülen yapraklar düzensiz, sıkışık ve keçeleşmiş bir yığılma gösterir. Yapraklı türlerde düşen yapraklar çok nadir olarak bir yıldan fazla yanabilme özelliklerini devam ettirebilirler. Sahip oldukları nemi hava sirkülasyonunun zor olmasından dolayı uzun sürede kaybedebilirler. Fakat yapraklı türlerde meşe yaprakları keçeleşmemiş, gevşek ve düzenli bir yığılma gösterdiklerinden iyi yanıcı özelliktedirler.

Alçak boylu çalılar ve fidanlar 2 metreden daha alçak küçük ağaççıklar olarak yüzey yanıcı maddeleri grubundadırlar. Bunlar otlar, çayırlar ve yüzeyde birikmiş ölü örtü tabakasıyla birbirine karışmış durumdadır. Bu tabakada yetişen çok yıllık değişik çalı türünün gelişmesi, miktarı ve yanabilme özellikleri bölgelere göre farklılıklar gösterir. Alt tabaka vejetasyonunu ölü örtü karışımı ve canlı yeşil tabaka içeriğine bağlı olarak yangının yayılma hızını azaltır ya da artırır. Yüzeyi örten bazı çalılar özellikle kurak geçen periyotlardan sonra yüksek yanabilme kabiliyetine gelmekte ve yangınların süratli yayılmasına sebebiyet vermektedir.

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 kaba 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 kaba yanıcılar; büyük dallardan, yaşlı ağaçlarda ve küçük gövdelerden meydana gelir. Bunlar yüksek tutuşma kabiliyetine gelmeden önce çok uzun kurak hava periyotlarının olması gerekir. Kaba yanıcılar kuru hale gelip yandıklarında söndürülmeleri zordur.

Yüksek boylu yanıcı maddeler 2 metreden yukarı olan tüm yanıcı materyalleri kapsar. Küçük alçak ağaçlar ile yüksek boylu çalılar daha önce belirtildiği gibi yangının tepeye hareketini kolaylaştırmaktadır. Özellikle iğne yapraklı ağaçların canlı taç tabakası yüksek yanabilme özelliğine sahiptir. İğne yaprakların dallardaki dizilişi havanın serbest hareketine yardımcı olduklarından dolayı tepe yangınının çok süratli ilerlemesini desteklemektedir. Ayrıca ağaçların tepe dallarının fazla güneş ışığı almaları yanmalarını kolaylaştırıcı etkenlerden biridir (20).

Yaşlı iğne yapraklı meşcerelerdeki ağaçların alt kesimlerinde bulunan kurumuş dallar yangının örtü yangınından tepe yangınına dönüşmesine neden olan etkenlerden biridir. Yine dikili kurular ve devrikler yanarken çok tehlikeli olmaktadır. Özellikle tepeleri kırılmış ve odun kalitesi bozulmuş olan dikili kurular kolayca tutuşmakta ve yangının yayılma hızını arttırmaktadır.

Orman yangınlarında yangın davranışını etkileyen yanıcı madde her zaman en önemli faktörlerden biri olmuştur. Yanıcı maddelerin yangın davranışındaki rolünün ortaya konulması için biomasla ilgili çalışmalar her yerde yoğun olarak yapılmıştır. Kimileri (hidrologlar) biomasın erozyon üzerindeki etkisini, kimileri ekolojik dengede oksijen

üretimindeki etkisini araştırmışlardır. Bazı çalışmalar da yanıcı maddelerin orman yangınlarında çok önemli bir yer işgal etmesinden dolayı yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda çok basit olarak ölçülebilen bitki parametreleri kullanılmıştır. Bunlardan; dendrometrik ve hasılatla ilgili ölçümlerde çap ve boy, bazılarının da bunlarla birlikte tepe boyu , tepe çapı ve kök boğazı çapı gibi değişkenler de isteğe ve amaca uygun olarak kullanılmıştır. Kullanılan modeller; basit linear regresyon analizlerinden, hiperbolik, parabolik, üstel fonksiyonlar şeklinde değişik biçimlerde oluşturulmuştur.

Değişik ülkelerdeki bilim adamları orman ağaçlarının yanıcı madde miktarının tespiti üzerine bir çok araştırmalar yapmışlardır. Yanıcı madde miktarının hesaplanmasında kullanılan eşitliklerden bazıları aşağıda verilmiştir. Bu hesaplamalarda; çap, boy, tepe çapı, tepe boyu gibi değişkenler kullanılmıştır.

Storey, ve arkadaşları tarafından çoğunluğu genç ve iyi gelişmiş onbir 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 (21).

$$W = a.D_s^b / L \quad (1)$$

a ve b: Katsayılar

D_s : Ana gövde çapı

W : Tepe ağırlığı

L : Tepe boyu

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

Olson ve Fahnestock (1955), Kuzey Amerika'daki dağlık bölgelerdeki ibreli türler üzerinde tepe ağırlığının belirlenmesi ile ilgili olarak yaptıkları çalışma sonucunda, türlerin tepe kuru ağırlığının, göğüs yüzeyi çapı ve canlı tepe boyu parametreleri kullanılarak küçük kayıplar dahilinde doğrudan hesaplanabileceğini ortaya koymuştur. Bu çalışmanın analiz sonuçları 96 ağaca ve 8 farklı türe dayandırılarak verilmiştir. Yaptıkları çalışmada kullandıkları eşitlik aşağıdaki gibidir (22):

$$W = a.(L.d_{1.3})^b \quad (2)$$

W : Tepe ağırlığı

L : Tepe yüksekliği

a ve b: katsayı

$d_{1.3}$: Kabuklu göğüs yüksekliği çapı

Stiell (1962), dikimle oluşturulmuş *Pinus resinosa* üzerinde yanıcı madde miktarının tespiti için yaptığı araştırmasında deneme alanlarındaki tüm bireylerin göğüs yüksekliği çapı, tepe boyu ve çeşitli yükseklik kademelerindeki dalların dal çapları ölçülmüştür. Her bir ağaç için kuru yanıcı madde ağırlığının hesaplanmasında tepe boyutlarının hesaba katıldığı şu eşitlik kullanılmıştır (23):

$$W = a(CW \times CL) + b \quad (3)$$

W : Tepe ağırlığı

a ve b : Hesaplanan katsayılar

CW : Tepe çapı

CL : Tepe boyu

Bu hesaplamadan 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 üzerine yaptığı çalışmasında 20 yıl boyunca yanıcı madde ağırlığındaki değişimleri tespit etmiştir. Tüm deneme alanlarındaki ağaçların boylarını, tepe boyları, 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)^{1/3} arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu tespit edilmiştir (24).

Stiell ve Berry (1977) ile Stocks (1989), yanıcı madde miktarının tespiti için tepe boyutlarını dikkate alarak aşağıdaki eşitliği kullanmışlardır (25,26):

$$FOL: c(CW \times CL) \quad (4)$$

FOL: Yapraklı Tepe ağırlığı

CW: Tepe Çapı

CL : Tepe Boyu

c : İlişki katsayısı

Kullanılan bu eşitlikte, tepe boyu ile tepe çapı arasındaki ilişki (tepe boyutları) ile yanıcı madde ağırlığındaki değişimleri ortaya koyulmuştur. Yanıcı madde miktarındaki değişimler tepe boyutlarına ve eşitlikte bulunan regresyon katsayılarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Alexander 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 (27):

$$W : e^{(a + bl nD)} \quad (5)$$

W : Yanıcı madde miktarı

D : Göğüs yüksekliği çapı (cm)

a ve b: Katsayılar

Ağaçlarda yanıcı madde miktarının tespitinde genellikle göğüs yüksekliği çapı, yaş ve ağaç boyu arasındaki ilişkiler kullanılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda genellikle ağaç çapı ile yanıcı madde miktarı arasında doğrusal bir ilişkinin vardır. Birçok çalışmada tepe çapları ve boyları dikkate alınarak yanıcı madde miktarları hesaplanmıştır. Çapa bağlı olarak yanıcı madde miktarının hesaplanmasında, çap kademeleri sınıflandırılmıştır. Çap ölçümlerinin kolay oluşu, bu şekilde yanıcı madde miktarının tespit edilmesinin bir nedenidir (28). Özellikle orman yangınları dikkate alındığında çok geniş alanlarda yanıcı madde özelliklerinin ortaya konulması 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 dolayısı ile yanıcı madde miktarının tahmin edilebileceği belirtilmiştir (29).

Değişik tipteki yanıcı maddelerin miktarları, meşcere gelişimi ve büyümesine, kapalılığa, 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 (30).

1.2.2. Amerikan Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri

Birçok yerde yanıcı madde ağırlıklarının tespiti üzerine yapılan çalışmaların yanında yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılması için de yoğun çalışmalar yapılmıştır. Mevcut yangın tehlike oranları sistemi henüz geliştirilmeden önce de yanıcı madde tiplerinin sınıflandırılması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ancak 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 çalışmasında 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 (31). 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 tane yangın üzerinde yangının yayılma oranları ve kontrol güçlüğü dikkate alınarak yapılmıştır (32).

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 7 ana gruba ayırmıştır. Bu gruplar (33):

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 yangını yayılma oranları arasındaki ilişki dikkate alınarak Birleşik Amerika Ormancılık Servisi tarafından 1936-1944 yılları arasında bir bölgede çıkan 2955 adet yangına dayanılarak sınıflandırma yapılmıştır (20) .

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 önce de bahsedildiği gibi Amerika'da yangın davranışı tahmini sisteminde, yanıcı maddeler dört ana vejetasyon sınıfına ayrılmış ve bunlar 13 tane yanıcı madde modeliyle temsil edilmiştir. 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 (1).

Tablo 1. Amerikan sisteminde yanıcı madde tipleri (5,34).

Genel sınıfı	Yanıcı madde tipi
Otsular	Küçük otsu materyaller (30 cm)
	Yüzeydeki otsu materyaller
	Boylu otsu yanıcı materyaller (70 cm)
Çalılar, bodur ağaçlar ve fundalıklar	Gür çalılıklar(2m)
	Çalılar(60 cm)
	Yere yatmış durumdaki çalılıklar
Ağaçlar ve döküntüler	Kaba yanıcı maddeler
	Sıkışmış halde ölü örtü yığıntıları
	Yapraklı tür döküntüleri
Kesim artıkları	Toprak yüzeyinde birikmiş döküntüler
	İnce ve hafif gövde artıkları
	Orta büyüklükteki gövde artıkları
	Kalın gövde kesim artıkları

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 üzerindeki devriklerin bulunduğu yerlerdeki otlar, örtü yangınının şiddetlenmesinde etkili olmaktadır. Bu tabakanın üzerinde bulunan çalı ve bodur ağaçlar yangının tepe yangınına dönüşmesine ve tepe yangınının şiddetlenmesine yardımcı olmaktadır.

Çalı, bodur ağaçlar ve fundalık alanlar, örtü tabakasıyla tepe arasındaki ara tabakayı oluştururlar. Bu yanıcı madde tipindeki bireylerin yaklaşık 70-200 cm yüksekliğindedir. Bu tabakada yangınlar, canlı çalı tabakasının belirli oranda neme sahip olması nedeniyle genellikle bodur ağaçlarda ve dikili kurularda meydana gelmektedirler. 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 çalılıkların miktarına bağlı olmaktadır. Ara tabakadaki türlerden oluşan yanıcı madde miktarı ara tabakada bulunan türlerinin 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 yangınının 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 olmaktadırlar. Sıkışık halde birikmiş yaprak ve ince materyallerden oluşan organik tabakanın yanması zordur. Gevşek ve seyrek olarak biriken ibrelili ve yapraklılar daha kolay yanmaktadır. Bu şekilde oluşmuş yanıcı madde tabakasında yangın daha hızlı ilerler.

Gevşek ve düzenli yapıda yanıcı madde oluşumu yapraklı ve ibrelili karışık meşcerelerle, yapraklılarda özellikle çalı formundaki meşe ağırlıklı meşcerelerde tipiktir.

Ağaçların üzerinde bulunan yosunlar, sarılıcı bitkiler çok çabuk tutuşma özelliğine sahip ince yanıcı maddeler olup, örtü yangınlarının ağaçların tepelerine taşıyıp tepe yangınlarına neden olmaktadır (20).

Yangınların meydana geldiği diğer bir yanıcı madde tipi de kesim artıklarıdır. Kesim artıkları genelde 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 çalıların varlığı yangının ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Fakat burada birinci derece yangın taşıyıcılar kesim artıklarıdır. Özellikle ibrelili türlerden meydana gelen kesim artıkları içerdikleri kimyasal maddelerden dolayı çok tehlikeli olmaktadır. Çok kalın olmayan kesim artıklarında yangın yüksek yoğunluktaki alevli odun parçalarıyla süratli 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, ara tabakanın devamlılığıyla 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 (3).

1.2.3. Kanada Sisteminde Yanıcı Madde Tipleri

Kanada' da yangın davranış tahmini sistemi; 5 grupta, 16 tane yanıcı madde tipi ile oluşturulmuştur. Yanıcı madde grupları; iğne yapraklılar, karışık ormanlar, yapraklılar, kesim artıkları ve açık alanlardır. Kanada yangın davranış tahmini sistemindeki yanıcı madde tipleri aşağıdaki tablo 2'de verilmiştir (35).

İbreliler kendi grubu içindeki 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 materyaller ve çalıları da 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. Fakat saf ve sık kesim çağına gelmiş *Pinus contorta* veya *Pinus banksiana* ormanlarında boylu yanıcı maddeler yatay ve düşey olarak süreklilik göstermektedir.

Dikimle oluşturulmuş iğne yapraklı meşcerelerde, özellikle genç bireylerde tepe kısmı yere yakın olduğundan yanıcı madde bakımından büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Ölü ve devrik yanıcı maddeler saf ve sık kesim çağına gelmemiş iğne yapraklı ormanlarda fazla miktarda bulunmaktadır.

Karışık meşcerelerde (% 25 İbrelili, % 75 yapraklı), yapraklı türlerin olduğu kısımda ölü örtüdeki yaprak tabakası sürekli olup, ibrelili 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 itibari ile çeşitlilik gösterir. Bu tip ormanlarda yüzeyde yoğun organik yanıcı madde birikimi görülür. Orman yüzeyi sık kaba otsu yanıcı materyallerle kaplıdır. Başlangıçta düşük oranlarda görülen *Abies balsamea* ölümleri daha sonraları böcek zararlarının, mantar hastalıklarının, rüzgarın, fırtınanın ve kar kırmalarının etkisiyle 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 veya *Pinus contorta* meşcerelerinden kesilmiş ve açılmış ormanlık alanlarda yanıcı organik madde miktarı çok yoğundur. Kesilerek açılmış ormanlık alanların yüzeyi, kesim artıklarından başka seyrek dağınık halde bulunan otsular ve çalılarla kaplıdır. Yeni kesilmiş (1-2 yıl önce) ibrelili 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 menziesii* ve *Coastal Cedar* meşcerelerinden yeni kesilmiş olan kesim artıkları miktarı önemlidir. Bu tür meşcerelerde de organik tabaka oldukça yoğundur.

Tablo 2. Kanada sisteminde yanıcı madde tipleri (35).

Genel Sınıf	Yanıcı Madde Tipleri
İğne Yapraklılar	1. Likenli Ladin ormanları
	2. Kuzey bölgelerde yetişen ladin ormanları
	3. Kesim çağına gelmiş çam ormanı (<i>Pinus contorta</i>)
	4. Kesim çağına gelmemiş çam ormanı
	5. <i>Pinus resinosa</i>
	6. Yapay yolla oluşturulmuş iğne yapraklı meşcereler
	7. <i>Pinus ponderosa</i> çamı ile <i>Pseudotsuga menziesii</i> karışık meşceresi
Yapraklılar	1. Yapraksız titrek kavak meşceresi
Karışık Ormanlar	1. Karışık yapraklarını döken meşcere (%25 ibreli, %75 yapraklı)
	2. Karışık yeşil yapraklı meşcere (%25 ibreli, %75 yapraklı)
	3. Ölü <i>Abies balsamea</i> ile karışık yapraklı meşcere (%60 ölü <i>Abies balsamea</i> , %40 yapraklarını döken karışık meşcere)
	4. Ölü ve dikili kuru <i>Abies balsamea</i> ile karışık yeşil yapraklı meşcere (%60 ölü <i>Abies balsamea</i> ile %40 yapraklı)
Kesilmiş ve açılmış alanlardaki kesim artıkları	1. Kesilmiş ve açılmış <i>Pinus contorta</i> ormanları
	2. <i>Abies balsamea</i> ve <i>Picea</i> (Kesim artıkları)
	3. <i>Tsuga</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> ve <i>Abies</i> artıkları
Açık alanlar	1a. Yere yatmış, birbirini örmüş keçeleşmiş otsu yanıcı maddeler
	1b. Dik ve canlı halde duran otsu yanıcı maddeler.

Diğer bir yanıcı madde tipi olan otsular, Kanada sisteminde iki gruba ayrılmıştır. 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 ha'daki ağırlığı bu sınıflandırma sistemine göre 0.3 kg/m^3 'tür. Fakat bu miktar değişebilmektedir (35).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tezde, yapılan çalışmalar kısmı arazi ve laboratuvar çalışmalarından oluşmaktadır.

2.1. Materyal

Tez çalışmasında kullanılan materyal, doğal çam türümüz olan karaçamdır. Materyal olarak karaçam seçilmesinde, ülkemizde kızılçamdan sonra en fazla yayılış alanına sahip olması ve kızılçamdan sonra yangın risk sahalarında yayılış göstermesi önemli etkenlerdendir. Ülkemizde 1 396 511 ha normal koru ve 870 870 ha bozuk koru olmak üzere toplam 2 267 381 ha'lık alan karaçamlı kaplı bulunmaktadır. Karaçam, iğne yapraklılar içinde kapladığı alan bakımında %26'lık bir paya sahip olup, kızılçamdan sonra ikinci sırayı almaktadır (36). Arazi çalışmalarında doğal ve yapay gençleştirme yoluyla oluşturulmuş karaçam gençlikleri ile yaşlı, normal kapalı karaçam meşcerelerinde gerekli ölçümler yapılmıştır.

2.1.1. Araştırma Alanı ve Özellikleri

Bu araştırmanın arazi çalışması, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karadere ve Merkez Orman İşletme Müdürlüklerine bağlı Kadıdağ ve Değirmenciler Bölgelerinde yapılmıştır. Deneme alanları doğal ve plantasyon karaçam fidanlıkları ile değişik yaşlı normal kapalı saf karaçam meşcerelerinden alınmıştır.

Deneme alanlarının alındığı yerlerdeki yükselti 1000-1140 metre arasında değişmektedir. Toplam olarak 32 deneme alanı alınmıştır. Alınan bu deneme alanlarından 9'u genç meşcerelerden, 23'ü ise değişik yaşlı saf karaçam meşcerelerinden oluşmaktadır. Deneme alanları büyüklükleri, genç meşcerelerde 5 metre yarıçapında, yaşlı meşcerelerde ise 10×10 metre büyüklüğündedir.

Genç meşcerelerden alınan deneme alanlarından ikisi ağaçlandırma sahasıdır. Bu deneme alanları, Değirmenciler Bölgesi Şerife Bacı dinlenme tesislerinin bulunduğu mevkiye, 1100 m yükseltide, güneybatı bakıda, 4 ve 9 yaşlarındaki karaçam ağaçlandırma sahalarıdır. Dikim aralıkları 4×1.5 m olup, dikimde 2+0 yaşlı çıplak köklü karaçam fidanları kullanılmıştır. Normal kapalı saf karaçam meşcerelerinden alınan deneme alanlarının değişik yaşlı olmalarına özen gösterilmiştir.

Deneme alanlarının alındığı arazi geniş bir coğrafya üzerinde olduğundan meşcere değişkenleri hakkında karar vermek için mümkün olduğu kadar değişik yapılardaki deneme alanları alınmıştır. Deneme alanlarının alındığı bölgede yıllık yağış 510.3 mm

olup, maksimum yağış 130.5 mm ile Mayıs ayında, minimum yağış ise 0.0 mm ile Ağustos ayında görülmektedir. Yıllık ortalama bağıl nem % 66'dır. Yıllık ortalama sıcaklık 10.6 °C olup, maksimum sıcaklık 36.8 °C ile Ağustos ayında, minimum sıcaklık ise -13.0 °C ile Ocak ayında görülmektedir.

Deneme alanlarında yapılan ölçümlerde çaplar; fidanlarda mm hassasiyetinde (milimetrik çap ölçerle), ağaçlarda cm hassasiyetinde çap ölçer (kompas), ağırlık ölçümleri; gramın 1/100'ü hassasiyetinde (hassas terazi) ile yapılmıştır. Fidan boyları cm olarak şerit metre ile, ağaca boyları metre olarak boy ölçerle (Blume-Leiss) ölçülmüştür. Araziden alınan örneklerin tartılması ve kurutulması Kastamonu İl Kontrol Laboratuvarında yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Deneme alanlarında 95 adet fidan, 246 adet ağaç olmak üzere toplam 341 adet karaçam ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Deneme alanlarının büyüklükleri fidanlar için 5 metre yarıçaplı daireler, ağaçlar için 10×10 metre büyüklüğünde kare şeklinde alanlar olarak alınmıştır.

Fidan ölçümlerinde deneme alanı içerisine giren tüm fidanların; fidan boyu, tepe boyu, tepe çapı, kök boğaz çapı ve yaşı ölçülüp kaydedilmiştir. Kök boğaz çapları, fidanların kök boğazı seviyesinden kesilerek milimetrik çap ölçerle ölçülmüş ve yaşlar ise, kök boğazı seviyesindeki yıllık halkalar sayılarak tespit edilmiştir.

Ağaç ölçümlerinde deneme alanına giren tüm ağaçlar numaralandırılmıştır. Deneme alanı içindeki tüm ağaçların tek tek ağaç boyları, tepe boyları boy ölçer (Blume-Leiss) ile ölçülmüş, tepe çapları üzeri işaretlenmiş ipele, 1.30 metre yüksekliğindeki ağaç çapı ($d_{1.3}$) çap ölçerle ölçülmüş, yaşlar ise ağaçlardan artım burgusu alınarak envanter karnelerine yazılmıştır.

Çap ölçümü ve tepe çapı ölçümü birbirine dik iki yatay ölçümün ortalaması alınarak yapılmış ve kaydedilmiştir. Deneme alanlarındaki birey sayısı yaşa ve meşcere kapalılığına göre değişmiştir. Genç ve tam kapalı meşcerelerdeki birey sayısı yaşlı ve bozuk kapalılıktaki meşcerelerdeki birey sayısından fazla olduğu tespit edilmiş, bu yüzden deneme alanlarının değişik yaşlı ve farklı kapalılıktaki meşcerelerde alınmasından özen gösterilmiştir.

Ayrıca farklı yükselti ve bakılardan da meşcere özelliklerini daha iyi ortaya koyabilmek için deneme alanları alınmıştır. Seçilen deneme alanları içerisindeki bireylerin

durumu, ölü örtü durumu, humus oluşumu, alt tabakadaki otsu veya çalı vejetasyonunun durumu ayrı ayrı incelenmiş ve kaydedilmiştir. Alınan deneme alanlarının meşcerenin karakteristik özelliklerini yansıtacak şekilde olmasına özen gösterilmiştir.

Fidanlara ait deneme alanlarında alanı temsil eden değişik çap kademesine sahip 4 adet fidan, kök boğazı seviyesinden kesilmiştir. Bu fidanların ibre ve dal kısımları birbirinden ayrılarak yaş ibre ve dal ağırlıkları bulunmuştur. Ayrıca yine bu deneme alanlarının değişik yerlerinde 10 adet 20×20 cm ebatındaki metal kutular ile ölü örtü örnekleri alınmıştır. Bu örnekler laboratuara götürülmüş ve hassas terazide tartılmıştır. Ölü örtü örnekleri ile yaş ibre ve dal örnekleri 24 saat süre ile 105 °C' de kurutma fırınlarında fırın kurusu hale getirilmiştir. Ölü örtü örnekleri ile ibre ve dal örneklerinin fırın kurusu ağırlıkları hassas terazide tartılarak, kaydedilmiştir. Böylece fidanlara ait deneme alanlarındaki toplam kuru yanıcı madde ağırlığı bulunmuştur.

Normal kapalı saf karaçam meşceresinde, meşcereyi temsil eden 10 adet karaçam bireyi belirlenerek tek tek numaralandırılmıştır. İşaretlenen bu ağaçların kesilmeden önce göğüs yüksekliği çapları, ağaç boyları, tepe boyları ve tepe çapı genişlikleri ölçülmüştür. Böylelikle seçilen 10 adet karaçam bireyi kesilmiştir. Kesilen bu bireylerin en alttaki yeşil daldan itibaren tepeye kadar olan uzunlukları ölçülmüştür. Ölçülen bu uzunluk 21 eşit seksiyona bölünerek 5 seksiyonu seçilmiştir. Seçilen 1., 6., 11., 16. ve 21. seksiyonlardaki tüm yeşil ve kuru dallar gövdeye birleşim yerlerinden motorlu testere ile kesilmiştir. Her ağaca ait seksiyonlar numaralandırılıp, bu seksiyonlardaki dallar ve ibreler torbalara doldurulmuştur.

Bu işlemlerin bitiminden sonra örnekler laboratuara getirilmiştir. Burada ibre ve dal kısımları ayrılarak ibre ve dal örnekleri kurutma fırınlarında 24 saat süreyle 105°C' de fırın kurusu hale getirilmiştir. Kurutma fırınlarından alınan bu örnekler, gramın 1/100 hassasiyetindeki hassas terazilerde fırın kurusu dal ve ibre kısımları ayrı ayrı tartılıp kaydedilmiştir.

Her ağaca ait seksiyonlardaki fırın kurusu dal ağırlığı ve ibre ağırlığı toplanarak seksiyon fırın kurusu ağırlığı bulunmuştur. Elde edilen bu ağırlık katsayı ($21/5=4.2$) ile çarpılarak her bir ağacın tepe kısmının fırın kurusu ağırlığı hesaplanmıştır.

Arazide ölçülmüş bulunan tepe kısmındaki en alttaki yeşil dala kadar olan tepe boyu ile tepe çapı genişliği değerlerinden yararlanılarak tepe hacmi bulunmuştur. Ağaçlarda yanıcı madde ağırlığının hesaplanmasında kalın dalların ince dalların ağırlığına oranı olarak (kızılçam değerlerine bağlı olarak hesaplanan (37)) 4,4 değeri kullanılmıştır

Ayrıca değişik yaşı ağaçların oluşturduğu meşcerelerden alınan deneme alanlarının değişik yerlerinden 10 adet 20×20 cm ebadındaki metal kutularla ölü örtü örnekleri alınmıştır. Bu örnekler naylon poşetlere konularak laboratuara getirilmiş, yaş halde hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra 24 saat süreyle 105 °C'de bu örnekler kurutma fırınlarında fırın kurusu hale getirilmiştir. Fırın kurusu ölü örtü örnekleri hassas terazide tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Böylece deneme alanlarındaki fırın kurusu ölü örtü ağırlığı bulunmuştur.

Ağaçların ibre ve dal fırın kurusu ağırlıkları ile bu deneme alanlarından alınan ölü örtü örneklerinin fırın kurusu ağırlıkları toplanarak deneme alanındaki toplam fırın kurusu yanıcı madde ağırlığı bulunmuştur.

Arazi ölçümleri ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarıldı. Fidanlarda yanıcı madde miktarının değişimini etkileyen kbç (kök boğaz çapı), tepe boyu, tepe çapı arasındaki ilişkiler, SPSS programı ortamında yapılan regresyon analizleri ile şekillere dönüştürülmüştür.

Yine aynı şekilde ağaçlar için yanıcı madde miktarının tespitinde, yanıcı madde ağırlığını etkileyen göğüs yüksekliği çapı, tepe boyu, tepe çapı arasındaki ilişkiler çoklu regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. Ölçümleri yapılan ve ağırlıkları tespit edilen fidanlar ve ağaçlar için analizler sonucunda değişkenlere bağlı olarak sabit katsayılar hesaplanmıştır. Bu sabit katsayılar göre de modeller oluşturulmuştur. Modellerden en etkili ve en iyi sonuç veren model seçilmiştir. Seçilen bu modellere göre arazide ölçümleri yapılmış fidanların ve ağaçların yanıcı madde miktarları bulunmuştur. Ayrıca fidanların tepe çaplarının izdüşümleri alınarak kapladıkları alanlar hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar deneme alanları büyüklüklerine oranlanarak her bir deneme alanı için kapalılıklar tespit edilmiştir. Aynı işlemler ağaçlar için de yapılmıştır. Ağaçlarda deneme alanlarında gerekli ölçümler yapıp yanıcı madde miktarları bilinmeyen bireylerin yanıcı madde miktarının tespitinde en iyi sonucu veren tepe boyu ve tepe çapı değişkenlerinin yer aldığı model kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde, fidanlar, ağaçlar ve ölü örtü tabakasına ait veriler sırayla ele alınarak incelenmiştir.

3.1. Fidanlardan Elde Edilen Yanıcı Madde Bulguları

Fidanlarla ilgili ölçülen ve hesaplanan değerler Tablo 3'te verilmiştir. Fidanlarda yanıcı madde miktarının hesaplanmasında ibre, ince dal, kalın dal ile toplam yanıcı madde miktarı bağımlı değişkenler ve kök boğaz çapı, boy, tepe boyu ile tepe çapı da bağımsız değişkenler olarak regresyon analizlerinde kullanılmışlardır. Bu analizlerde bağımsız değişkenlere bağılı olarak hesaplanan bağımlı değişkenler arasındaki ilişki ve ilgili farklar grafikleri incelendiğinde dağılımın normal olmadığı anlaşılmıştır (Şekil 1 ve 2). Bu yüzden fidanlara ait regresyon analiz değerlendirmelerinde bağımsız ve bağımlı değişkenlerin logaritmik (doğal logaritma, \ln) dönüşümleri alınmıştır. Yapılan dönüşümler sonucunda regresyon analizlerinde bağımsız değişkenlere bağılı olarak hesaplanan bağımlı değişkenler arasındaki ilişki yükselmiştir ($R^2 = 0,90$; $P < 0,05$) (Şekil 3 ve 4).

İbre ağırlığı; kök boğaz çapı, boy, tepe boyu ve tepe çapı bağımsız değişkenlerinin birer fonksiyonu olarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiştir. Bu analizler sonucunda ibre ağırlığı miktarındaki değişkenliğin % 87'si kök boğaz çapıyla, % 90'ı boy ve kök boğaz çapıyla, %90'ı boy ve tepe çapıyla, % 89'u sadece tepe boyu-tepe çapıyla ve % 90'ı da tepe boyu-tepe çapı ile boy tarafından açıklanmaktadır. Şekil 1 ve şekil 2'de logaritmik dönüşüm yapılmadan ibre ağırlığı miktarındaki değişikliğinin ancak % 65'ini açıklamaktadır. Bu nedenle; şekil 3 ve şekil 4'teki gibi logaritmik dönüşümleri yapılmıştır. Bu iki şekilden de görüleceği gibi test edilen doğrusal regresyon denklemi oldukça başarılı olup hata terimleri arzu edildiği gibi rastgele bir dağılım göstermektedir.

İnce dal ağırlığı; kök boğaz çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı bağımsız değişkenlerinin birer fonksiyonu olarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiştir. Bu analizler sonucunda ince dal ağırlığı miktarındaki değişkenliğin % 92'si kök boğazı çapı ile, % 95'i kök boğazı çapı ve boy ile, % 94'ü boy ve tepe çapı ile, % 93'ü tepe boyu-tepe çapı ile, % 94'ü boy ve tepe boyu-tepe çapı tarafından açıklanmaktadır (Şekil 5 ve 6).

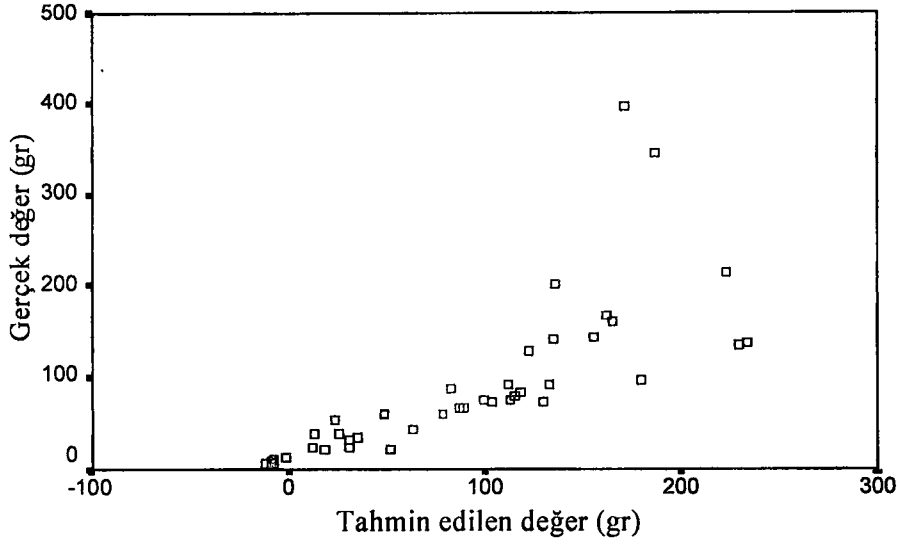
Kalın dal ağırlığı yukarıda belirtilen değişkenlerle ilişkiye getirilmiştir. Ancak veri azlığından dolayı ilişki anlamsız çıkmıştır.

Toplam yanıcı madde miktarı; kök boğaz çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı bağımsız değişkenlerinin birer fonksiyonu olarak ilişkiye getirilmiştir. Toplam yanıcı madde

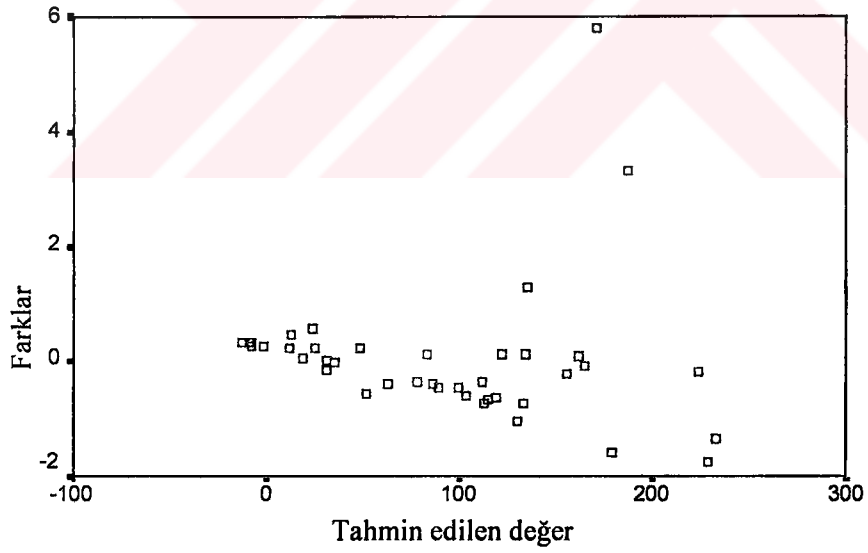
miktardaki değişkenliğin % 93'ü kök boğazı çapı ile, % 95'i kök boğazı çapı ve boy ile, %92'si tepe boyu-tepe çapı ile, % 93'ü boy ve tepe çapı-tepe boyu ile, % 92'si de boy ve tepe çapı ile açıklanmaktadır. Boy ve tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde miktardaki değişim ilişkişi şekil 7 ve şekil 8'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Fidanlara ait deneme alanlarından kesilen örnek veriler tablosu

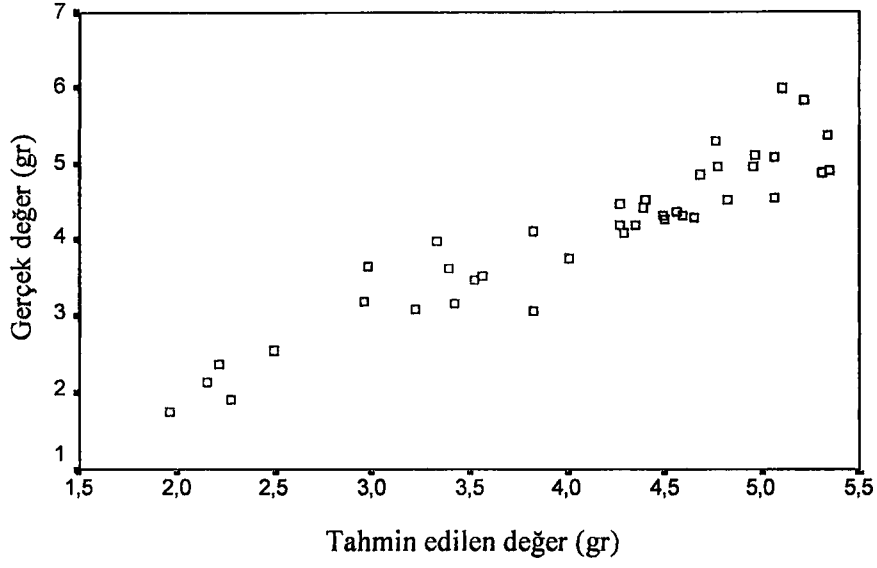
Yaş	Boy (cm)	Tboy (cm)	Tçap (cm)	Kbç (cm)	Kibre (gr)	Kincedal (gr)	Kkdal (gr)	Toplam (gr)	K (%)
4	86	68	47	1,7	21,58	19,12	16,2	56,90	8,60
4	65	40	35	1,0	23,40	17,12	-	40,52	8,60
3	45	40	30	1,0	24,00	13,60	-	37,60	8,60
5	108	101	95	2,7	60,32	29,74	22,9	112,96	8,60
6	125	100	62	2,0	66,50	64,40	86,06	216,96	28,00
6	175	160	100	4,5	141,60	122,90	-	1110,00	28,00
6	155	135	75	3,2	80,00	63,15	-	601,00	28,00
6	135	130	90	2,7	75,28	76,35	-	624,00	28,00
7	160	150	45	2,6	83,97	52,42	68,14	859,00	28,00
7	180	165	95	3,7	201,85	119,17	138,03	459,00	28,00
7	140	140	85	3,2	72,28	76,35	-	624,00	28,00
7	170	140	70	3,7	73,95	73,00	-	617,00	28,00
8	195	180	120	5,0	144,00	161,43	-	1282,00	38,00
8	150	150	90	4,2	75,28	76,35	-	636,00	38,00
8	160	145	100	4,5	129,05	130,20	-	1088,00	38,00
9	200	200	150	4,8	161,32	158,30	-	1342,00	38,00
10	245	235	145	6,5	344,96	325,80	-	2930,00	109,00
10	235	230	125	6,5	396,72	275,00	51,06	3035,00	109,00
12	265	220	125	5,5	134,35	176,88	-	1269,00	109,00
13	270	270	140	5,3	213,82	208,64	48,56	1978,00	109,00
9	205	200	110	5,5	166,70	158,68	-	1366,00	61,00
9	218	210	110	5,8	96,10	132,20	-	958,00	61,00
9	215	200	210	5,6	137,65	135,45	-	1147,00	61,00
9	162	157	130	4,2	92,76	87,65	-	757,00	61,00
2	24	20	22	0,7	6,75	3,18	-	9,93	3,00
2	23	22	20	0,8	8,41	5,27	-	13,68	3,00
2	30	26	25	0,8	12,90	4,95	-	17,85	3,00
2	25	20	20	1,0	10,71	5,00	-	15,71	3,00
1	20	16	16	0,5	5,76	2,32	-	8,08	3,00
6	155	140	52	2,2	93,03	39,08	46,22	178,83	3,00
5	120	90	70	3,0	88,90	71,90	-	160,20	3,00
8	125	102	76	2,5	65,72	76,44	94,06	236,22	8,20
3	49	44	45	0,9	21,73	13,05	-	34,78	8,20
6	57	54	45	1,9	54,11	32,80	25,08	111,99	8,20
5	56	49	54	1,2	38,03	20,45	8,3	66,78	8,20
7	98	77	59	1,3	42,66	31,50	22,5	96,66	8,20
4	62	57	55	1,1	32,23	14,23	6,9	53,36	8,20
6	82	76	61	1,9	61,10	49,48	41,82	152,40	8,20
5	68	57	48	1,5	34,29	27,13	16,43	77,85	8,20
4	47	42	30	1,3	38,20	22,10	8,35	68,65	8,20



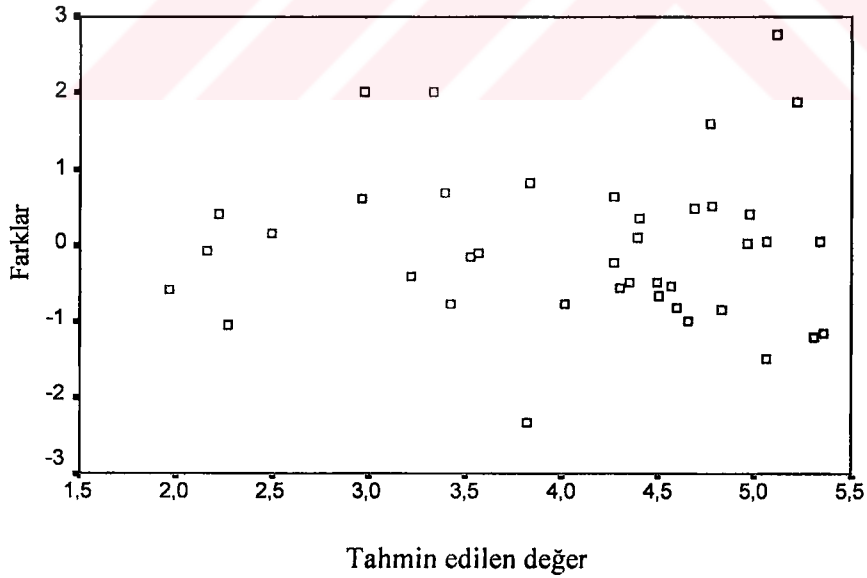
Şekil 1. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki



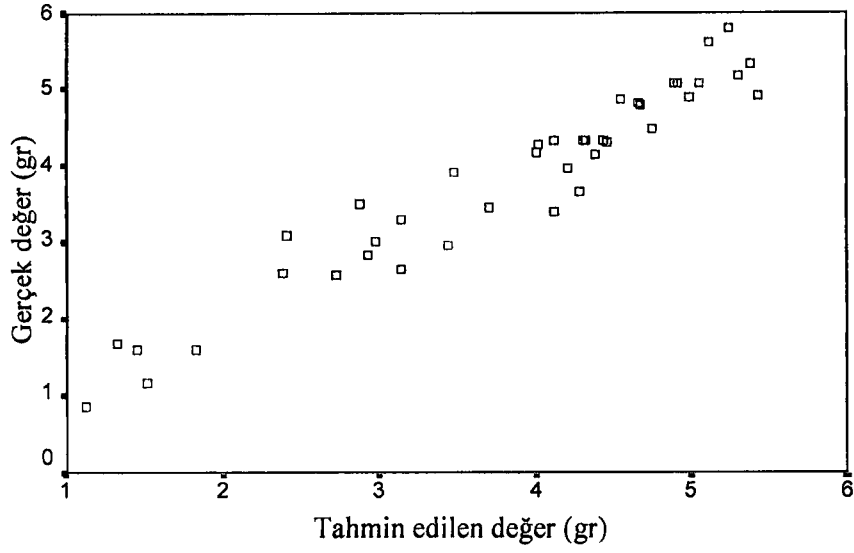
Şekil 2. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki hata terimleri dağılımı



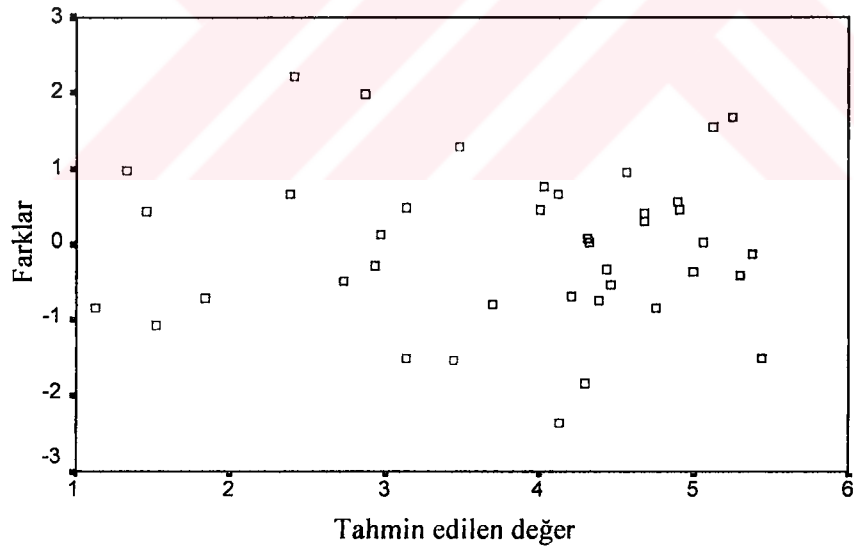
Şekil 3. İbre ağırlığı ile fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik dönüşüm ilişkisi



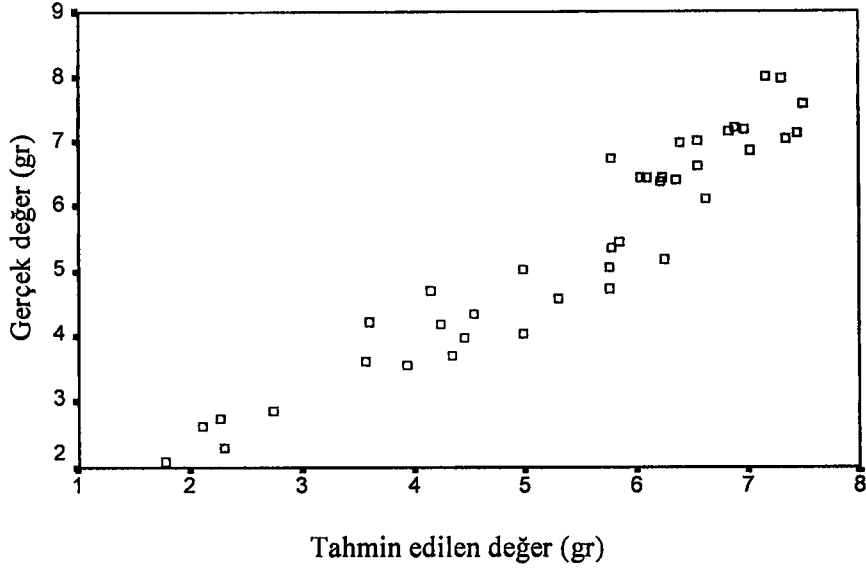
Şekil 4. İbre ağırlığı ile fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik hata terimleri dağılımı



Şekil 5. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik dönüşüm ilişkisi



Şekil 6. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik hata terimleri dağılımı



Şekil 7. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik dönüşüm ilişkisi



Şekil 8. Fidan boyu ve tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki logaritmik hata terimleri dağılımı

Kuru ibre, ince dal, kuru dal miktarlarını belirlemek için yukarıda bahsedildiği gibi regresyon analizi kullanılmıştır. Analizlerde; ibre, ince dal, kalın dal bağımlı değişkenler ve kök boğaz çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı da bağımsız değişkenler olarak kullanılmışlardır. Sonuçta elde edilen modeller, standart hata ve belirtme katsayılarına bağlı olarak incelenmiş ve tablo 4'te listelenen modellerin en uygun olduğu belirlenmiştir.

Fidanlarda yanıcı madde ağırlığının hesaplanmasında en iyi sonuç vermesi açısından değişkenlere bağlı olarak kullanılan model aşağıdaki gibidir:

$$\text{Model: } y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 \quad (6)$$

a: modelde elde edilen sabit katsayı

X_1 ve X_2 : değişkenler

b_1 ve b_2 : değişkenlere bağlı olarak hesaplanan regresyon katsayıları

Tablo 4. Fidanlarda yanıcı madde ağırlıklarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak oluşturulan modeller

Model	R ²	Standart Hata
<i>lnkibre</i> : -1,19+(0,560. <i>lnkbç</i>)+(0,779. <i>lnboy</i>)	0,90	0,31
<i>lnkibre</i> : -2,095+(1,005. <i>lnboy</i>)+(0,366. <i>lntçap</i>)	0,90	0,33
<i>lnkibre</i> : -1,975+(0,401. <i>lntbtç</i>)+(0,558. <i>lnboy</i>)	0,90	0,32
<i>lnkinedal</i> : -1,037+(0,790. <i>lnkbç</i>)+(0,899. <i>lnboy</i>)	0,95	0,28
<i>lnkinedal</i> : -4,004+(1,204. <i>lnboy</i>)+(0,534. <i>lntçap</i>)	0,94	0,31
<i>lnkinedal</i> : -3,812+(0,477. <i>lntbtç</i>)+(0,75. <i>lnboy</i>)	0,94	0,31
<i>lntoplam</i> : 3,484+(2,254. <i>lnkbç</i>)	0,93	0,42
<i>lntoplam</i> : 0,109+(1,38. <i>lnkbç</i>)+(0,890. <i>lnboy</i>)	0,95	0,37
<i>lntoplam</i> : -4,844+(1,807. <i>lnboy</i>)+(0,453. <i>lntç</i>)	0,92	0,48

lnkibre: Fidanlarda kuru ibre ağırlığının doğal logaritması

lnkbç: Fidanlarda kök boğaz çapının doğal logaritması

lntbtç: Fidanlarda tepe boyu- tepe çapının doğal logaritması

lnboy: Fidan boyunun doğal logaritması

lnkinedal: Fidanlarda kuru ince dal ağırlığının doğal logaritması

lntoplam: Fidanlarda toplam yanıcı madde ağırlığının doğal logaritması

Regresyon analizleri sonucunda en düşük belirtme katsayısı 0,36 standart hata ile % 87 olarak ibre ağırlığı ile kök boğaz çapı arasında çıkmıştır. En yüksek belirtme katsayısı 0,28 standart hata ve % 95 ile ince dal ile kök boğazı çapı ve boy arasında ve de 0,37

standart hata ile % 95 belirtme katsayısı olarak toplam yanıcı madde miktarı ile kök boğaz çapı ve boy arasında çıkmıştır.

Buna göre fidanlarda yanıcı madde miktarının belirlenmesinde belirtme katsayıları arasında özellikle kök boğaz çapı ve boya bağlı olarak hesaplanan belirtme katsayıları ile boy ve tepe çapına bağlı olarak hesaplanan belirtme katsayıları arasında çok fazla bir fark yoktur. Çünkü tepe çapı kök boğazı çapının bir fonksiyonudur. İyi sonuç vermesi, uygulamaya yönelik olması ve kolay hesaplanabilmesi açısından boy ve tepe çapına bağlı olarak yanıcı madde miktarı tahmin edilebilir.

Gerekli ölçümleri yapılan fakat yanıcı madde ağırlıkları bilinmeyen deneme alanlarında yukarıda belirtilen modele göre hesaplanan yanıcı madde ağırlıkları tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Fidanlara ait deneme alanlarında regresyon analizi sonucu hesaplanan yanıcı madde miktarları

Deneme Alanı No	Kapalılık %	Ort. Boy (cm)	Ölü örtü (gr)	İbre (gr)	Kincedal ¹ (gr)	Kkdal ² (gr)	Toplam (kg/m ²)
1	61,8	167,5	101,3	1335,9	1245,4	509,0	0,025
2	12,2	62,1	43,1	411,9	295,7	189,6	0,007
3	28,8	169,6	164,8	1125,1	1010,3	575,9	0,022
4	109,9	384,1	481,2	3380,6	4582,2	1937,8	0,081
5	38,7	153,3	225,8	1264,8	1143,6	566,8	0,025
9	28,7	160,5	135,4	1065,1	935,9	512,8	0,020
6	8,6	59,7	48,1	372,8	251,0	182,8	0,006
10	3,0	56,7	21,6	201,0	143,1	124,7	0,003
11	8,2	71,1	45,3	351,6	244,6	164,8	0,006

¹ 1 cm çapından ince dallar

² 1 cm çapından kalın dallar

Deneme alanlarından tespit edilen yanıcı madde miktarları boya. Kök boğaz çapına, tepe boyuna ve tepe çapına bağlı olarak değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır. En fazla yanıcı madde miktarı 4 no’lu deneme alanından elde edilmiştir. Bu deneme alanından elde edilen toplam yanıcı madde ağırlığı 0,081 kg/m² ‘dir

Deneme alanlarından en az yanıcı madde miktarı 10 no’lu deneme alanında tespit edilmiştir. Bu deneme alanından elde edilen toplam yanıcı madde miktarı 0,003 kg/m²’dir.

3.2. Ağaçlardan Elde Edilen Yanıcı Madde Bulguları

Deneme alanından kesilen ağaçlardan elde edilen yanıcı madde miktarları tablo 6'da verilmiştir. Ağaçlarda yanıcı madde miktarının hesaplanmasında ibre, ince dal, kalın dal ile toplam yanıcı madde miktarı bağımlı değişkenler olarak ve göğüs yüksekliği çapı, boy, tepe boyu ile tepe çapı da bağımsız değişkenler olarak regresyon analizlerinde kullanılmışlardır. Bu analizlerde bağımsız değişkenlere bağlı olarak hesaplanan bağımlı değişkenler arasındaki ilişki normal çıkmıştır. Verilerin dağılımları rastgele oluşmuştur. Bu yüzden ağaçlara ait regresyon analiz değerlendirmelerinde değişkenlerin logaritmik (doğal logaritma, \ln) dönüşümleri alınmamıştır. Ağaçlarda fazla veri elde edilememiştir. Regresyon analizinde değişkenler arasında anlamlı ilişkiler olabilmesi için en az 30 verinin olması gerekir. Veri sayısının az olması durumunda beklenen istatistiksel ilişkiler ortaya çıkmamaktadır (38). Ağaçlara ait verilerle yapılan regresyon analizinde yukarıda belirtilen nedenden dolayı beklenen ilişki düşük çıkmıştır.

İbre ağırlığı; göğüs yüksekliği çapı, boy, tepe boyu ve tepe çapı bağımsız değişkenlerinin birer fonksiyonu olarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiştir. Analizler sonucunda boy ve tepe çapına bağlı olarak yanıcı madde miktarında önemli değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Ağaçlarda 1 cm'den kalın dal ağırlığının toplam yanıcı madde miktarı içerisinde önemli bir yer tuttuğu belirlenmiştir. İbre ve 1 cm'den ince dal ağırlığının az miktarda olduğu bulunmuştur. Bu analizler sonucunda ibre ağırlığı miktarındaki değişkenliğin % 59'u göğüs yüksekliği çapıyla, % 62'si boy ve göğüs yüksekliği çapıyla, % 85'i sadece tepe boyu-tepe çapıyla ve % 86'sı da boy ve tepe boyu tarafından açıklanmaktadır. Şekil 9 ve şekil 10'da logaritmik dönüşüm yapılmadan ibre ağırlığı miktarındaki değişiklik tepe boyuna ve tepe çapına bağlı olarak verilmiştir. Bu iki şekilden de görüleceği gibi test edilen doğrusal regresyon denklemi başarılı sayılabilir. Veri sayısının az olmasına rağmen hata terimleri arzu edildiği gibi rastgele bir dağılım göstermektedir.

İnce dal ağırlığı; göğüs yüksekliği çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı bağımsız değişkenlerinin birer fonksiyonu olarak regresyon analizi ile ilişkiye getirilmiştir. Bu analizler sonucunda ince dal ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; % 85'i göğüs yüksekliği çapı ile, % 86'sı göğüs yüksekliği çapı ve boy ile, % 68'i boy ve tepe boyu ile, % 83'ü tepe boyu-tepe çapı tarafından açıklanmaktadır. Şekil 11 ve 12'de ince dal miktarında tepe boyuna ve tepe çapına bağlı olarak meydana gelen değişiklik verilmiştir.

Kalın dal ağırlığı da yukarıda belirtilen değişkenlerle ilişkiye getirilmiştir. Yapılan regresyon analizleri sonucunda kalın dal ağırlığı miktarındaki değişkenliğin; % 85'i göğüs yüksekliği çapı ile, % 86'sı göğüs yüksekliği çapı ve boy ile, % 83'ü tepe boyu ve tepe çapı ile, % 68'i boy ve tepe boyu tarafından açıklanmaktadır. Kalın dal ağırlığı miktarında meydana gelen değişiklik ve hata terimlerinin dağılımı tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak verilmiştir (Şekil 13 ve 14).

Toplam yanıcı madde miktarı; göğüs yüksekliği çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı bağımsız değişkenlerinin birer fonksiyonu olarak ilişkiye getirilmiştir. Toplam yanıcı madde miktarındaki değişkenliğin % 81'i göğüs yüksekliği çapı ile, % 82'si göğüs yüksekliği çapı ve boy ile, % 87'si tepe boyu ve tepe çapı ile, % 86'sı boy ve tepe çapı-tepe boyu tarafından açıklanmaktadır.

Regresyon analizleri sonucunda en düşük belirtme katsayısı % 59 olarak 2,04 standart hata, ibre ağırlığı ile göğüs yüksekliği çapı arasında çıkmıştır. En yüksek belirtme katsayısı % 87 olarak 4,85 standart hata, toplam yanıcı madde ağırlığı ile tepe boyu ve tepe çapı arasında çıkmıştır.

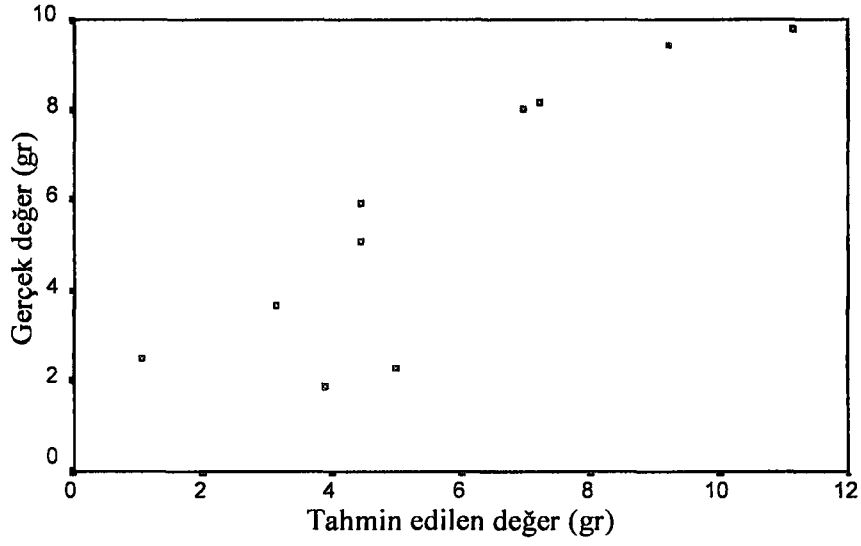
Buna göre ağaçlarda yanıcı madde miktarının belirlenmesinde belirtme katsayıları arasında özellikle göğüs yüksekliği çapı ve boya bağlı olarak hesaplanan belirtme katsayıları ile tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak hesaplanan belirtme katsayıları arasında çok fazla bir fark yoktur. Çünkü tepe boyu ve tepe çapı, göğüs yüksekliği çapının ve boyun bir fonksiyonudur. Bu çalışmada uygulamaya yönelik olduğundan ve kolay hesaplandığından dolayı tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak yanıcı madde miktarı tahmin edilebilir.

Yanıcı madde ağırlığının belirlenmesi için kesilen ve ağırlıkları tespit edilen ağaçların bulunduğu deneme alanının kapalılık değeri 1.319 (%131) olarak bulunmuştur. Deneme alanlarından kesilen ve ağırlıkları tespit edilen ağaçlardan elde edilen verilere göre yapılan regresyon analizleri sonucu ortaya çıkan ilişkiler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

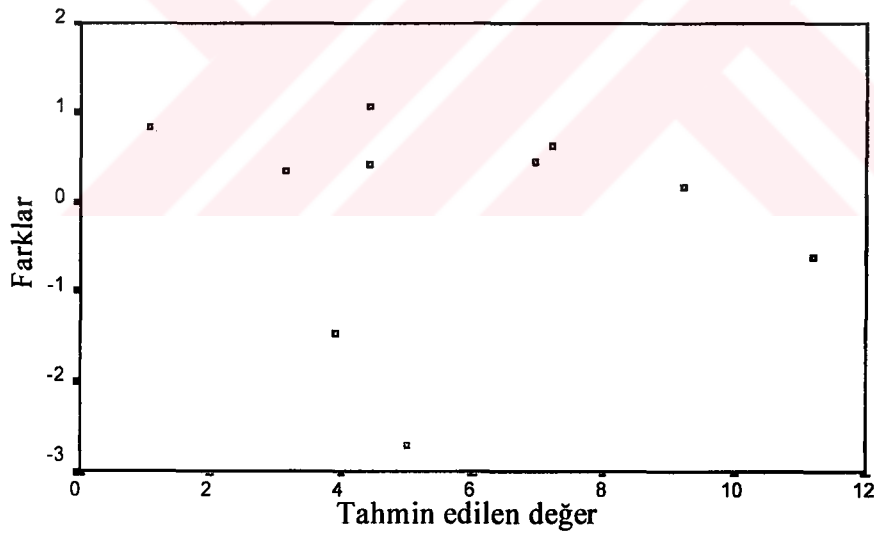
Tablo 6. Deneme alanından kesilen ve ağırlıkları tespit edilen ağaçların yanıcı madde miktarları

Ağaç No	Yaş	Boy (m)	d _{1,3} (cm)	Tçap (cm)	Tboy (cm)	Kibre (kg)	Dal (kg)	Kincedal (kg)	Kkdal (kg)	Toplam (kg)
1	49	11,5	16,5	7,0	3,6	2,27	7,78	1,77	6,01	10,05
2	43	12,5	12,5	6,5	2,8	2,51	5,17	1,18	4,00	7,69
3	53	11,5	22,0	7,5	4,3	8,15	26,73	6,08	20,66	34,89
4	32	11,0	15,0	6,5	3,9	5,06	7,54	1,71	5,83	12,60
5	32	10,5	14,0	6,0	3,8	1,86	7,05	1,60	25,45	8,91
6	39	12,0	25,0	9,0	4,4	9,78	29,68	6,75	22,93	39,45
7	35	10,5	12,5	6,5	3,4	3,65	7,17	1,63	5,54	10,82
8	36	11,5	16,0	7,0	3,6	5,92	11,81	2,68	9,13	17,73
9	34	11,0	18,0	6,5	5,1	8,01	22,18	5,04	17,14	30,19
10	42	12,5	17,0	8,0	4,7	9,46	19,52	4,44	15,08	28,98

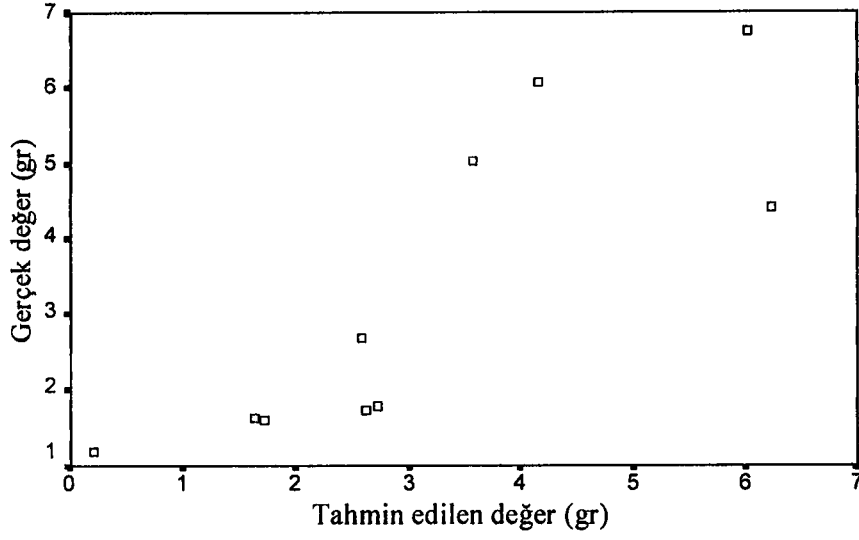
Tablo 6'da verilen ince dal ve kalın dal miktarları dal ağırlığının 4,4 oranına bölünmesiyle ve kkdal da dal ağırlığından ince dal ağırlığı çıkarılarak bulunmuştur. Verilen bu 4,4'lük oran kızılçam (37) ve fidan değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır.



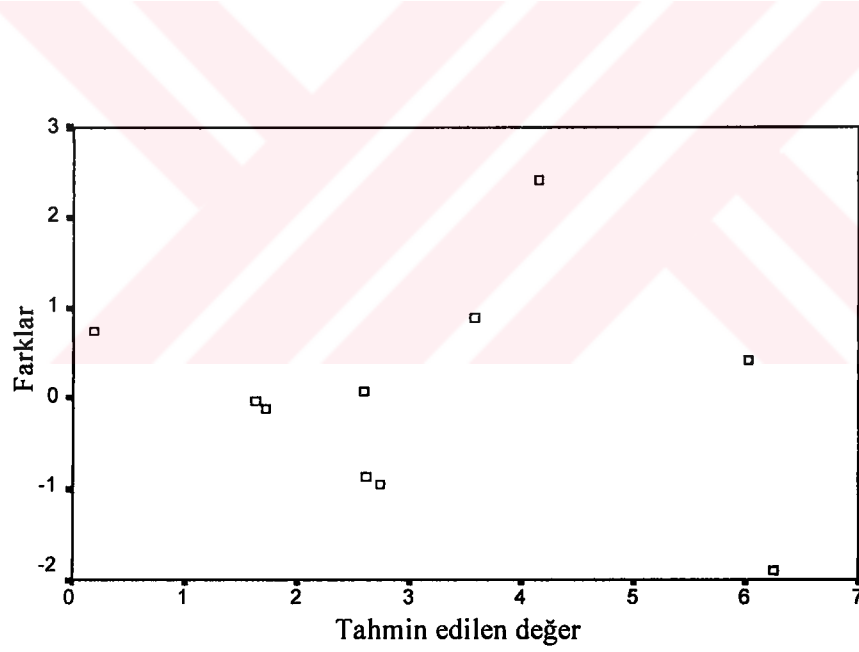
Şekil 9. Tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki



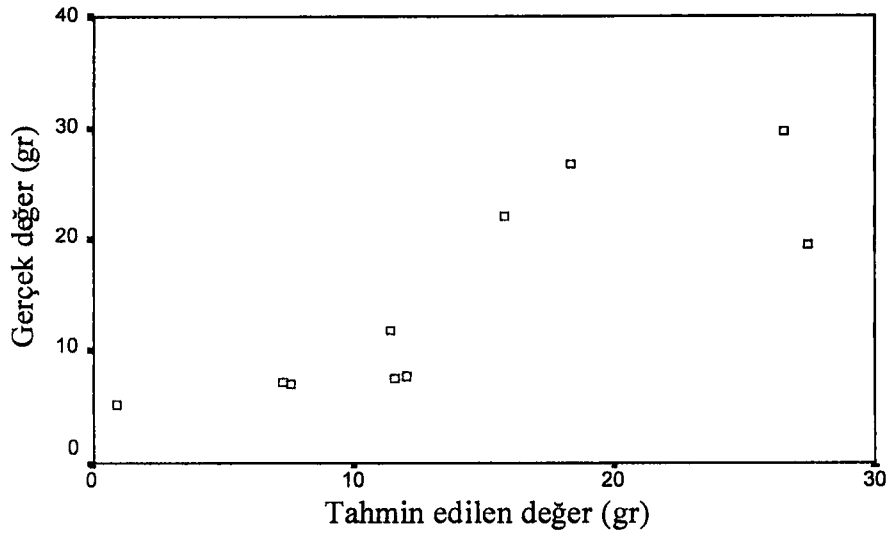
Şekil 10. Tepe boyu ve tepe çapına bağlı olarak ibre ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki hata terimleri dağılımını



Şekil 11. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerleri arasındaki ilişki



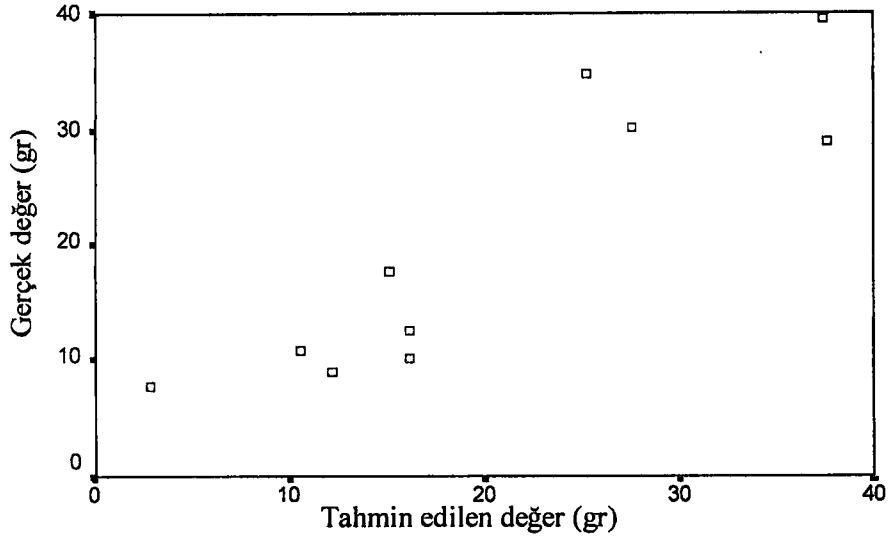
Şekil 12. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak ince dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerleri arasındaki hata terimleri dağılımı



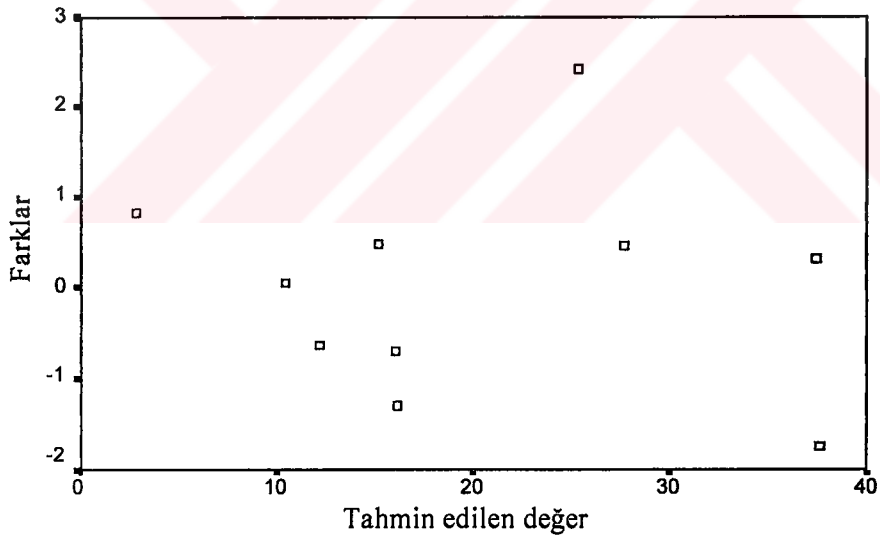
Şekil 13. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olara kalın dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki



Şekil 14. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olara kalın dal ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerle arasındaki hata terimleri dağılımı



Şekil 15. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki



Şekil 16. Tepe boyu-tepe çapına bağlı olarak toplam yanıcı madde ağırlığının gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki hata terimleri dağılımı

İbre, ince dal, kalın dal miktarlarını belirlemek için yukarıda bahsedildiği gibi regresyon analizi kullanılmıştır. Analizlerde; ibre, ince dal, kalın dal bağımlı değişkenler ve kök boğaz çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı da bağımsız değişkenler olarak kullanılmışlardır. Sonuçta elde edilen modeller, standart hata ve belirtme katsayılarına bağlı olarak incelenmiş ve tablo 7’de listelenen modellerin en uygun olduğu belirlenmiştir.

Ağaçlarda yanıcı madde ağırlığının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak kullanılan eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\text{Model} = a + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (7)$$

a: hesaplanan sabit katsayı

X_1, X_2 : Değişkenler

b_1, b_2 : Değişkenlere bağlı olarak hesaplanan regresyon katsayıları

Tablo 7. Ağaçlarda yanıcı madde ağırlıklarının hesaplanmasında değişkenlere bağlı olarak oluşturulan modeller

Model	R ²	Standart Hata
Kibre=-17,193+(2,594.tboy)+(1,785.tçap)	0,85	1,29
Kibre=-21,803+(2,77.tboy)+(0,537.boy)	0,86	1,35
Kinedal= -4,86+(0,484.d _{1,3})	0,85	0,83
Kinedal= -5,90+(0,479.d _{1,3})+(9,78.boy)	0,86	0,88
Kinedal= -12,307+(1,256.tçap)+(1,701.tboy)	0,83	0,95
Kkdal= -21,386+(2,128.d _{1,3})	0,85	3,65
Kkdal= -25,977+(2,105.d _{1,3})+(0,434.boy)	0,86	3,89
Kkdal= -54,123+(5,530.tçap)+(7,475.tboy)	0,83	6,19
Toplam=-38,228+(2,655. d _{1,3})+(1,190.boy)	0,82	5,7
Toplam=-71,315+(10,07.tboy)+(7,315.tçap)	0,87	4,85
Toplam=-24,347+(1,580.tbtç)	0,86	4,66

d_{1,3}: göğüs yüksekliği çapı

Kkdal: 1 cm çapından kalın kuru dal

Kinedal: 1 cm çapından ince kuru dal

Tablo 8. Ağaçlara ait deneme alanlarında regresyon analizi sonucu hesaplanan yanıcı madde miktarları

Deneme Alanı No	Kapalılık (%)	Ort. Boy (m)	Kibre (kg)	Kincedal ¹ (kg)	Kkdal ² (kg)	Toplam (kg/m ²)
7	130,7	13,71	22,23	14,89	65,49	1,02
8	77,5	5,30	17,86	11,99	52,73	0,82
12	103,5	10,43	27,89	18,59	81,74	1,28
13	53,6	10,71	25,87	17,20	75,63	1,18
14	85,3	15,66	26,08	17,35	76,29	1,19
15	54,9	13,15	23,64	15,72	69,11	1,08
16	90,4	14,00	17,86	11,98	52,66	0,82
17	88,9	9,18	21,83	14,60	64,19	1,00
18	93,1	14,25	21,19	14,17	62,29	0,97
19	74,5	10,94	20,46	13,65	60,01	0,94
20	175,3	17,00	25,83	17,31	76,13	1,19
21	70,1	10,10	19,12	12,78	56,18	0,88
22	68,5	10,42	23,53	15,69	69,00	1,08
23	146,0	12,54	26,27	17,59	77,34	1,21
24	69,0	9,66	23,87	15,91	69,95	1,09
25	80,0	13,78	13,96	12,94	56,90	0,89
26	52,4	12,85	18,29	12,21	53,66	0,84
27	169,8	10,61	25,36	16,99	74,72	1,17
28	51,3	9,07	19,70	13,16	57,84	0,90
29	120,4	13,18	22,34	14,99	65,90	1,03
30	42,5	9,68	15,40	10,29	45,25	0,70
31	105,8	13,20	21,13	14,16	62,25	0,97
32	91,4	11,23	21,92	14,68	64,57	1,01

¹: 1 cm çapından ince dal ağırlığı

²: 1 cm çapından kalın dal ağırlığı

Ağaçlara ait deneme alanlarının bazılarında ölü örtü örnekleri alınmıştır. 13 no'lu deneme alanından alınan ölü örtü örneklerinin toplam kuru ağırlığı 0,00102 kg/m²'dir. 18 no'lu deneme alanından alınan ölü örtü örneklerinin toplam kuru ağırlığı 0,00184 kg/m²'dir. 27 no'lu deneme alanından alınan ölü örtü örneklerinin

toplam kuru ağırlığı 0,00205 kg/m²'dir. Meşcere kapalılığına bağlı olarak üç farklı deneme alanından ölü örtü örnekleri alınmıştır. Regresyon analizi sonucu elde edilen en uygun modele göre yanıcı madde miktarları tespit edilen deneme alanlarından en düşük yanıcı madde miktarı, 0,707 kg/m² ile % 42,5 kapalılığın olduğu 30 no'lu deneme alanında bulunmuştur. En yüksek yanıcı madde miktarı 1,282 kg/m² ile kapalılığın %103,5 olduğu 12 no'lu deneme alanında tespit edilmiştir.

3.3. Karaçamda Tespit Edilen Yanıcı Madde Tipleri

Karaçamda deneme alanlarının alındığı yerlerde yanıcı madde tiplerinin belirlenmesinde Amerikan ve Kanada sisteminde kullanılan yanıcı maddelerin sınıflandırma sisteminden yararlanılmıştır. Bu sınıflandırma sistemine göre karaçamda a (genç yanıcı madde) tipi ve b (yaşlı yanıcı madde) tipi olmak üzere iki tip yanıcı madde belirlenmiştir (Tablo 9).

Genç yanıcı madde tipinde, fidanların boyları yaklaşık 2m'ye kadar çıkmaktadır. Müdahale görmemiş genç meşcerelerdeki fidanların boyu ile fidan tepe boyu yaklaşık olarak birbirine eşit olmaktadır. Dolayısıyla bu tür yanıcı madde tipinde fidanların tepe kısımlarının toprak yüzeyine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Genç yanıcı madde tipinde fidanlar oldukça sıkışık durumda olup meşcerenin altında fazla miktarda ibre ve ince daldan oluşan yanıcı madde birikimi olduğu tespit edilmiştir. Yine genç yanıcı madde tipinin oluşturduğu meşcerelerin altında, özellikle plantasyon sahalarında, dikim aralıklarından kaynaklanan boşluktan dolayı çayır ve otsu tabakanın toprak yüzeyini belirli oranda kapladığı görülmüştür.

Silvikültürel müdahale yapılmış olan genç meşcerelerin alt kısımlarının budanması sonucu fidanların bu kısımlarının kuru dallardan temizlenmiş olduğu görülmüştür. Ancak silvikültürel müdahaleler sonucu kesim artıklarının alandan uzaklaştırılmamış olması, bu alanların yanıcı madde miktarını önemli miktarda artırmıştır.

Yaşlı karaçam yanıcı madde tipinde, tepenin yerden yükselmesi ile belirli oranlarda kapalılık oluşmaktadır. Güneş ışınlarının meşcere içersine girdiği yerlerde meşcerenin toprak yüzeyinde kısmen otsu ve çayır tabakası bulunduğu görülmüştür. Aynı zamanda bu yanıcı madde tipinde meşcere altında ardıç ve çalı formunda meşe (*Quercus infectoria*) türlerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Meşcere içersine güneş ışınlarının fazla girdiği yerlerde toprak yüzeyinde çok az miktarda ölü örtü tabakasının olduğu tespit edilmiştir. Bu meşcerelerde ağaçların tepe tacını oluşturan alt dallarının kurumuş halde bulunduğu görülmüştür. Kapalılığın iyi olduğu deneme alanlarında toprak yüzeyinde ölü örtü

miktarının biraz daha fazla olduğu açıkça görülmüştür. Bazı deneme alanlarında, kırık ve devrikler belirlenmiş ve bunlar yaşlı yanıcı madde tipi içerisinde değerlendirilmiştir.

Doğal yolla oluşan genç yanıcı madde tipinde müdahale görmemiş meşcerelerde bireyler sıkışık olarak bulunmakta, toprak yüzeyinde yoğun olarak ibre ve ince dal parçacıkları yer almaktadır. İnce dal ve ibreler oldukça düzenli ve gevşek bir yığılma göstermektedir. Bu meşcerelerdeki fidanların alt kısımlarında kurumuş ince dallar görülmüştür. Toprak yüzeyinde ot ve çayır tabakası ile diri örtü hiç bulunmamaktadır.

Plantasyonla oluşturulmuş genç yanıcı madde tipinde ibre dökümü az olduğu görülmüştür. Dikim aralıklarından kaynaklanan boşlukların ot ve çayır tabakası ile kaplı olduğu, az miktarda bulunan ibrelerin bunlarla karışım oluşturduğu görülmüştür.

Açık sahalarda tohumla meydana gelen oldukça seyrek bulunan fidanların olduğu yerlerde yoğun olarak boylu ot ve çayır tabakası ile karşılaşmıştır. Bu alanlarda kısmen ince yapılı alçak boylu çalılara da rastlanmıştır.

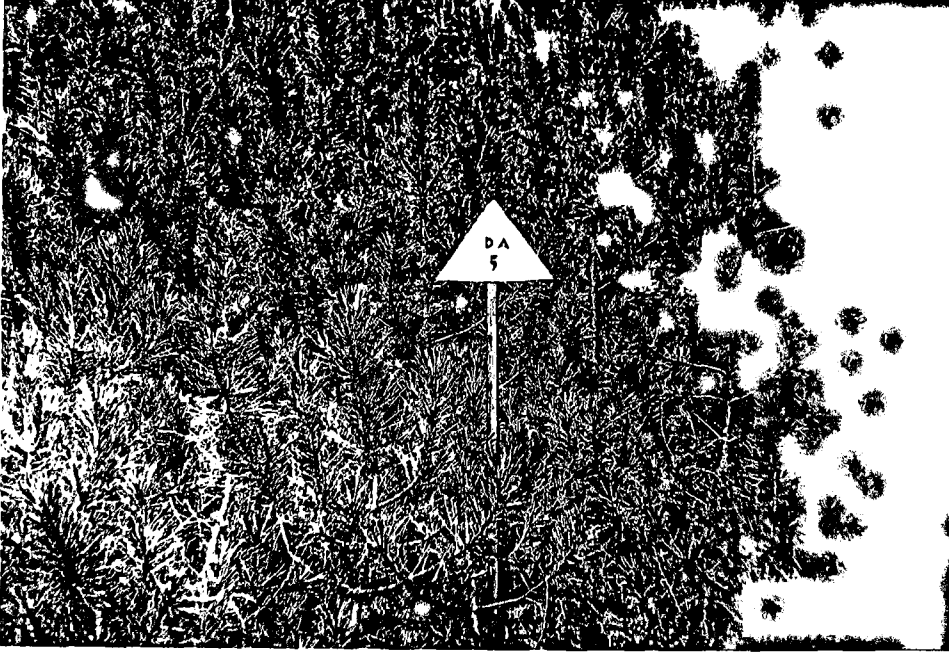
Karaçam genç yanıcı madde tipinde doğal yolla oluşmuş normal kapalı meşcerelerin alt tabakasında ibre, ince dal parçacıkları, kozalak ve kabuklar yer almaktadır. Ayrıca bu meşcerelerin toprak yüzeyinde çalı ve otsu tabakanın yok denecek kadar az miktarda olduğu görülmüştür. Yine bu meşcereleri oluşturan aynı boya ve çapa sahip bireylerin farklı sıklıkta yetiştikleri ortamlarda farklı yanıcı madde miktarlarına sahip oldukları da belirlenmiştir. Tepe yerden belli bir yükseklikte bulunmakta ve örtü ile tepe arasında bağlantıyı sağlayan boylu yanıcı maddeler bulunmamaktadır. Ağaçların alt kısımlarındaki dallar doğal budama ile temizlenmiştir.

Dikim yoluyla oluşmuş yaşlı meşcerelerin alt tabakasında ibreler çok az miktarda bulunmakta, otsu ve çalı materyallerde kısmen yer almaktadır. Bu meşcerelerde de tepe yerden yüksekte bulunmakta ve örtü ile tepeyi birbirine bağlayan boylu yanıcı maddeler yer almamaktadır.

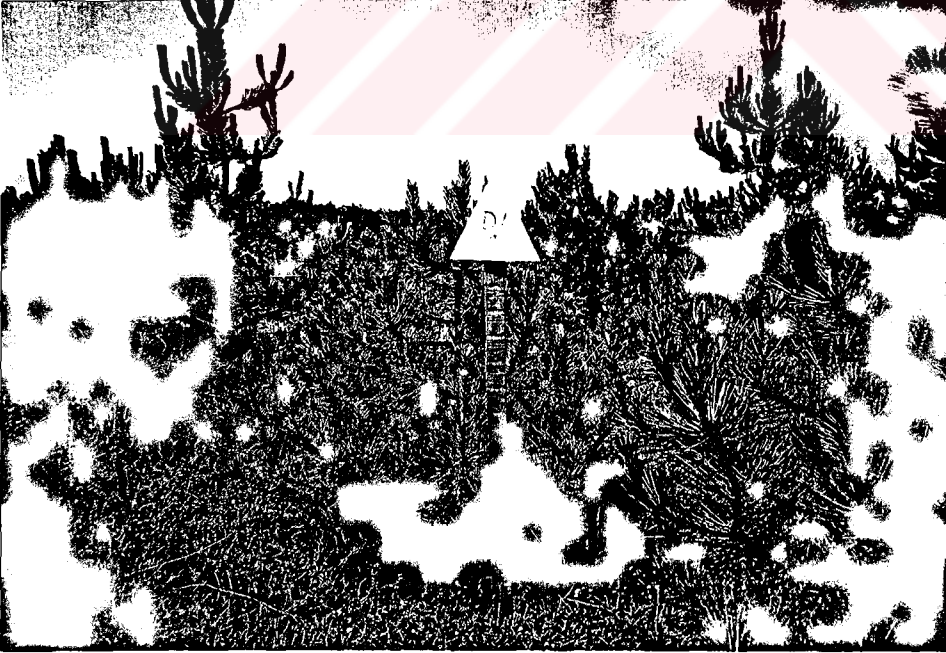
Kapalılığı bozuk olan yaşlı karaçam meşcerelerinde tepeler, rahat büyüme ortamında azmanlaşmış bir yapı göstermektedir. Baskı olmadığından dolayı dallanma oldukça fazla miktarda meydana gelmektedir. Bu meşcerelerin toprak yüzeyi kısmen ibre ve otsu tabaka ile kaplı olmakta, çalı formunda meşe ve ardıçlar yer almaktadır. Çalı formunda bulunan bu türler meşçere içinde dağınık olarak yer almaktadır. Alçak boylu çalı formundaki bu türler örtü tabakası ile tepe arasında ağaçların üzerinde bulunan yosunlar sayesinde bağlantıyı sağlayabileceği düşünülmektedir. Kapalılığı bozuk olan meşcerelerde yere yakın mesafeden tepeye kadar dallanmanın devam ettiği görülmüştür.

Tablo 9. Deneme alanlarında tespit edilen karaçam yanıcı madde tipleri

Yanıcı Madde Tipi	Sınıfı	Ölü Örtü Tabakası	Ot ve Çayırlar	Çalı Tabakası	Boylu Yanıcılar
Karaçam genç yanıcı madde tipi	1-Doğal meşcereler	İbre ve ince dal karışık ve fazla miktarda	Yok denecek kadar az	Yok	Yok
	2- Plantasyon	İbre ve kurumuş ince dal miktarı oldukça az veya yok	Toprak yüzeyi genellikle ot ve çayırlarla kaplı	Küçük boylu (1m'ye kadar) çalılar dağılık olarak az miktarda	Yok
	3-Açık alanlar	Yok	Otlar ve çayırlar karışık ve yoğun	Çok nadir olarak	Yok
Karaçam yaşlı yanıcı madde tipi	1 Normal kapalı doğal yaşlı meşcereler	Ölü örtü az, ibre, dal parçacıkları, kozalak ve kabuklardan oluşmakta, bir kısmı ayrılmış durumda	Az miktarda ot ve çayır tabakası ölü örtü ile karışım oluşturmakta	Meşe ve ardıçlar az miktarda ve çalı formunda	Tepe yerden oldukça yüksekte, bazı bireylerin gövde kısımlarının üzeri yosunlarla kaplı
	2- Plantasyon	Ölü örtü yok denecek kadar az, toprak yüzeyi oldukça temiz sayılabilir	Mevsimlik otsu tabaka mevcut ancak oldukça seyrek	Yok denecek kadar az	Tepe yerden belirli yükseklikte, tepe ile yer arasında bağlantıyı sağlayacak ara tabaka yok, Tepe dağılık ve azmantlaşmış bir yapıda
	3-Kapallığı bozuk olan meşcereler	Ölü örtü yok denecek kadar az ve ayrılmış durumda	Ot ve çayır tabakası ince çalılarla karışık	Meşe ve ardıçlar karışık olarak bulunmakta, kısmen de genç bireyler yer almaktadır	Mevcut



Şekil 17. Doğal olarak yetişmiş karaçam genç yanıcı madde tipi



Şekil 18. Dikim yoluyla oluşturulan karaçam genç yanıcı madde tipi



Şekil 19. Kapalılığı bozuk olan meşcerede karaçam yaşlı yanıcı madde tipi



Şekil 20. Normal kapalı yaşlı karaçam meşceresinde ölü örtü görünümü

4. TARTIŞMA

Karaçamda genç ve yaşlı olmak üzere iki yanıcı madde tipi tespit edilmiştir. Seçilen deneme alanlarında genç yanıcı madde tipinde yaşa ve kapalılığa bağlı olarak toplam kuru yanıcı madde miktarı, $0,003 \text{ kg/m}^2$ ile $0,081 \text{ kg/m}^2$ arasında değişim gösterdiği, yaşlı yanıcı madde tipinde toplam kuru yanıcı madde miktarı $0,70 \text{ kg/m}^2$ ile $1,91 \text{ kg/m}^2$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Genç meşcerelerde ölü örtü miktarı $0,00027 \text{ kg/m}^2$ ile $0,0061 \text{ kg/m}^2$ arasında değişmekte olduğu görülüp bunun asıl sebebinin ilk yıllardaki genç meşcerelerde ibre dökülmesinin hızlı olması ve fidanların alt kısımlarındaki ince dalların kuruyup toprak yüzeyi üzerinde birikmesinden kaynaklanmaktadır. Yaşlı meşcerelerde ise ölü örtü miktarı kapalılığa ve yaşa bağlı olarak daha düşük çıkmıştır. Bu hem meşcerenin yaşının ilerlemesi ile doğal dal budamasının ve ibre dökülmesinin az olmasından hem de meşcere içersine güneş ışığının girmesi sonucunda, birikmiş ölü örtünün hızlı bir şekilde ayrılmış olmasından kaynaklanmıştır.

Karaçam genç yanıcı madde tipinde ölü örtü miktarı ilk yıllardan başlayarak kapalılığın oluşmaya başlaması ile büyük artış göstermektedir. Genç yanıcı madde tipindeki ilk yıllardan başlayıp 15 yaşına kadar ölü örtü miktarında artış göstermesi, gençlik yıllarında yapılan silvikültürel müdahaleler sonucu oluşan kesim artıklarından, sıkışıklığın ve kapalılığın yüksek olması nedeniyle meşcere içersine güneş ışığı giremediğinden ölü örtüdeki ayrışmanın gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır. Plantasyon sahalarında ise belli dikim aralıkları olduğundan ibre birikimi fazla olmamaktadır. Dikim aralıklarındaki boşluklarda otsu tabaka gelişme göstermektedir.

Karaçam yaşlı yanıcı madde tipinde yaşın ilerlemesi sonucu doğal budama az olmakta, yine kapalılığın ilk yıllardaki gibi yüksek olmaması ve meşcere içersine güneş ışığının girmesiyle ölü örtüdeki ayrışmayı hızlandırması bu tür yanıcı madde tipinde, ölü örtü miktarının az olmasının nedenlerindedir. Bu yanıcı madde tipinde kapalılığın bozuk olduğu meşcerelerde alt tabakada canlı otsu tabaka ve kısmen de çalı tabakası bulunmaktadır.

Genç yanıcı madde tipinde özellikle tepenin yere 2 m'den daha yakın olduğu durumlarda ölü örtüde çıkabilecek bir yangının tepeye ulaşması kolay olacaktır. Yaşlı yanıcı madde tipinde tepenin yerden yüksekliği fazla olduğu için örtü yangınının tepeye ulaşması zor olmaktadır. Bu yüzden genç yanıcı madde tipinde yangın riski fazla

olmaktadır. Bu tür meşcerelerde bakım sonucu oluşan artıkların alandan bir an önce çıkarılması gerekmektedir.

Yanıcı madde miktarını belirleyen en önemli etkenin tepe hacmi (tepe boyu, tepe çapı) olduğu daha önce yapılan çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da tespit edilmiştir. Genç meşcerelerde tepe boyu ile tepe çapının hemen hemen aynı değerinde olduğu, yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkmıştır. Fidanlarda tepe boyu ile fidan boyunun aynı değerinde olması, yanıcı maddenin toprak yüzeyinden tepeye kadar dikey olarak sürekliliğinin olduğunu göstermektedir.

Fidanların bulunduğu deneme alanlarında yapılan ölçümler sonucunda kuru ibre ağırlıklarının ve 1cm'den ince kuru dal ağırlıklarının toplam yanıcı madde miktarının çok önemli bir kısmını oluşturduğu tespit edilmiştir. Orman yangınlarında 1cm'den ince çaplı materyaller tamamen yandığı için, yangınlar genç meşcerelerde çok tehlikeli olmakta ve bu, meşcerelerin tamamen yanabileceği anlamına gelmektedir. Yaşlı yanıcı madde tipinde yaşa bağlı olarak tepe yerden yükselmekte, tepe ağırlığını oluşturan yanıcı maddelerin büyük bir kısmı 1cm'den kalın çaplı dallardan meydana geldiği için yangınlarda bu materyaller ya çok az yanmakta ya da hiç yanmamaktadır. Dolayısı ile yangınlar bu meşcerelerde fazla tehlikeli olmamaktadırlar.

Deneme alanlarında genellikle çok yoğun bir diri örtüye rastlanılmamıştır. Bu; genç meşcerelerde sıklığı iyi, yaşlı meşcerelerde kapalılığın normal oluşundan, dolayısı ile meşcere içersine güneş ışınları ulaşmamış ve diri örtü, gelişimi için uygun bir ortam bulamamasından kaynaklanmış olabilir.

Deneme alanlarındaki yanıcı madde miktarının tespit edilmesinde regresyon analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde, karaçam genç yanıcı madde tipinde toplam yanıcı madde miktarı, kuru ibre ağırlığı, ince dal ağırlığı ile kök boğaz çapı, tepe boyu-tepe çapı arasındaki doğrusal ilişkinin çok yüksek olduğu, 1cm'den kalın dal ağırlığı ile toplam yanıcı madde miktarı arasında iyi bir ilişkinin çıkmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, fidanlarda kalın dal miktarının çok az olmasından kaynaklanmaktadır. Fidanlarda, başlangıçta bir meşcere sıklığı oluşmaması nedeniyle her birey serbest olarak büyümekte, dolayısıyla yanıcı madde miktarı ile belirtilen değişkenler arasında iyi bir ilişki beklenilmiştir.

Fidanlarda kök boğaz çapının gelişimi sonucu, tepe boyu ve tepe çapının artması, buna bağlı olarak tepe hacminin arttığı görülmüştür. Yani; fidanlarda, boy ve tepe çapının yanıcı madde miktarı üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmüştür. Yanıcı madde

miktarının hesaplanmasında, hem iyi sonuç verdiğiinden, hem uygulamaya yönelik hem de pratik olduğundan; tepe boyu ve tepe çapı bağımsız değişkenleri kullanılmıştır. Uzaktan algılama yöntemleri ve hava fotoğrafları yardımıyla meşcerenin ortalama boyunun ve kapalılığının ölçülebildiğinden, yanıcı madde miktarının hesaplanmasında bu değişkenlerin uygulamadaki önemi oldukça açıktır.

Karaçam yaşlı yanıcı madde tipinde de toplam yanıcı madde miktarı, kuru ibre, kuru dal ağırlığı ile tepe boyu-tepe çapı, göğüs yüksekliği çapı arasında doğrusal ilişki, verilerin az olmasına karşın iyi çıkmıştır. Ağaçlar, meşceredeki kapalılığın etkisinde gelişim gösterdiğinden, bir meşcerede aynı çap ve boya sahip bireylerin yanıcı madde miktarları farklı sıklıkta büyümeleri halinde farklı olmaktadır. Çünkü; sıklıktan dolayı oluşan baskının dallanma üzerinde olumsuz etkisi vardır.

Yanıcı madde tipine bağlı olarak; yanıcı madde miktarı, boyutları, nem içeriği, sürekliliği, alandaki dağılımı yangın davranışını belirleyen en önemli faktörlerdendir. Burada yanıcı maddeler ile ilgili düzenlemeler yapılmalıdır. Bunun için özellikle genç meşcerelerde silvikültürel müdahalelerle yanıcı madde miktarı azaltılabilir, hava fotoğraflarındaki veriler yardımı ile meşcerelerde tepe boyu ve tepe çapı genişliklerinin kapalılığa bağlı olarak ölçülerek yaklaşık olarak yanıcı madde miktarları yaklaşık tahmin edilip yangın davranış tahmini sistemi içinde kullanılabilir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yangın davranışında en önemli etkiye sahip olan yanıcı maddelerden karaçamda alınan deneme alanlarında elde edilen verilerin bulguları doğrultusunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Genç bireylerin oluşturduğu yanıcı madde tipindeki ibre, dal ve ölü örtü ağırlıkları tespit edilmiştir. Bu meşcerelerde yapılan silvikültürel müdahaleler sonucu alanda biriken kesim artıkları özellikle ölü örtüdeki yanıcı madde miktarının yüksek çıkmasında önemli rol oynamaktadır. Genç meşcerelerde ölü örtü miktarı yaşa kapalılığa bağlı olarak $0,00027 \text{ kg/m}^2$ ile $0,0061 \text{ kg/m}^2$ arasında değişim göstermiştir. Deneme alanlarındaki toprak yüzeyinde bulunan ölü örtü ağırlıkları özellikle genç meşcerelerde kapalılığın ve sıklığın göstergesi olarak yüksek çıkmıştır. Bundan dolayı genç meşcerelerde (özellikle tepenin 2 metreden yere daha yakın olduğu) örtü yangınının tepeye sıçraması çok büyük tehlike oluşturmaktadır. Genç yanıcı madde tipinde bireylerin tepeleri yere yakın olduğu için örtü yangınları kolaylıkla tepe yangınına dönüşebilmektedir.

2. Genç karaçam yanıcı madde tipinde ibre ağırlığı ve 1 cm'den ince çaplı dal ağırlığı toplam yanıcı madde miktarının büyük bir kısmını kg oluşturmaktadır. İbre ağırlığının 1 cm'den ince çaplı dal ağırlığından yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Genç karaçam bireylerinde ilk yıllardaki gelişmesine bağlı olarak ibre miktarı fazla olmaktadır. Bu meşcereler, çok fazla miktarda ince çaplı materyallere sahip olduklarından yangın sırasında tamamen zarar görmekte-dirler.

3. Yaşlı bireylerin oluşturduğu yanıcı madde tipinde ibre, dal ve ölü örtü ağırlıkları tespit edilmiştir. Ölü örtü miktarı genç meşcerelerdeki ölü miktarında daha az olmaktadır. Bu meşcerelerde tepe yüksekliği fazla olduğundan örtü yangınının tepeye sıçrama olasılığı düşük olmaktadır. Yine tepe ağırlığını oluşturan yanıcı madde miktarında 1 cm'den kalın çaplı dalların fazla olmasından dolayı yangın esnasında bu kısımların kısmen yandığı veya hiç yanmadığı gözlemlenmiştir.

4. Yaşlı karaçam yanıcı madde tipinde deneme alanları için tespit edilen ibre ağırlıkları $0,13 \text{ kg/m}^2$ ile $0,27 \text{ kg/m}^2$ arasında, 1 cm'den ince dal ağırlıkları $0,10 \text{ kg/m}^2$ ile $0,18 \text{ kg/m}^2$ arasında, 1 cm'den kalın dal ağırlıkları ise $0,45 \text{ kg/m}^2$ ile $0,81 \text{ kg/m}^2$ arasında değişme göstermektedir. Yaşlı karaçam yanıcı madde tipinde görüldüğü gibi toplam yanıcı madde miktarı içerisinde 1 cm'den kalın dallar önemli bir yer tutmaktadır.

6. ÖNERİLER

Yanıcı madde miktarları büyük ölçüde tepe boyutlarına bağlı olduğundan diğer türlerde de yanıcı madde miktarları aynı şekilde tespit edilebilir.

Hava fotoğrafları ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak meşcerelerin ortalama boyları ve tepe çaplarına bağlı olarak kapalılıkları tespit edilerek yanıcı madde miktarları geniş alanlar için yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Bu değerler yangın davranış tahmini sistemi içersine konarak yangın söndürme organizasyonlarında yapılacak planlamalarda kullanılabilir.

Yanıcı maddelerin özellikleri tespit edilerek yanıcı maddelerde meşcere ve meteorolojik faktörlere bağlı olarak meydana gelebilecek değişmeler dikkate alınarak modellere oluşturularak yangın davranışında kullanılabilir.



7. KAYNAKLAR

1. Anderson, H.E., Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior, USDA. For. Ser., Intermt. For. Range Exp. Stn., Gen. Tech. Rep. INT-167, USA, 1982.
2. Bilgili, E., Fuel Characterization and Fire Behavior Prediction in Even Aged Conifer Stands, PhD., Thesis University of New Brunswick Fredericton, Canada, 1995.
3. Rothermel, R.C., How to Predict the Spread and Intensity of Forest and Range Fires, US, Department of Agriculture Forest Service, Gen. Tech. Rep. INT-143, 1983.
4. Beck, J.A., Decision Support for Australian Fire Management, MScF Thesis, The Australian National University Department of Forestry, pp 84, 1988.
5. Rothermel, R.C., A mathematical Model for Predicting Fire Spread in Wildland Fuels, Res, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Res., pp 40, INT-115, Ogden, 1972.
6. Forestry Canada, Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Forestry Canada Fire Danger Group Inf. Rep., St-X-3, 1992.
7. Forestry Canada, Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP), System Technology and Information Transfer Workshop, Winnipeg, Manitoba, December (12-13), 114 pp+suppl., 1989.
8. Lawson, B.D., An Interpretive Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Rating System, Can., For., Serv., BPC,3-72, 1972.
9. Lawson, B.D., An Interpretive Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Rating System, Can., For., Serv., BPC,3-72, 1972.
10. Robertson, F.C., Terminology of Forest Science, Technology, Practice and Product, D.C., 349 pp., Washington, 1971.
11. Çanakçıoğlu, H., Orman Koruma, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No:3624, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın NO: 411, İstanbul, 1993.
12. Bilgili, E., Yangın Amenajmanı Planlamalarında Yanıcı Madde Amenajmanının Rolü, Orman Yangınları Politikası ve Planlaması Eğitim Kursu, Kasım 1998, Ankara. (Yayınlanacak)
13. Chandler, C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., Williams, D., Fire in Forestry, Volume:1, Chapter 2, 31-54, U.S.A., 1991.

14. Countryman, C.M., Moisture in Living Fuels Affects Fire Behavior, Fire Management, Volume: 2, U.S. Department of Agriculture
15. Van Wagner, C.E., Fire Behavior Mechanisms in a Red Pine Plantation: Field and Laboratory Evidence, Can., For. Br., Dep. Publ. No. 1299, 1968.
16. Sheshukov, M.A., Effect of the Steepness of the Slope on the Propagation of Fire Lesnoye, 50-54 pp., Khozyoystvo, 1970
17. Acatay, A., Orman Koruması, İ.Ü. Yayın No:824, Orman Fakültesi Yayın No:62, 1959.
18. Baş, R., Öymen, T., 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, 1988.
19. Bilgili, E., A State- Dependent Model of Forest Floor Development, Tr. Journal of Agriculture and Forestry, 22, 1988, 323-328.
20. Vaux, J.H., Forest Fire Control and Use the American Forestry Series, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York, 1959.
21. Story, T.G., Fons, F.L., Sauer, F.M., Crown Characteristics of Several Coniferus Tree Species, İnterim Tech. Rept. AFSVP-416, 1955.
22. Olson, D.S., Fahnestock, G.R., Logging Slash: A Study of the Problem in İnland Empire forest, Univ., İdaho, Forest, Wildlife and Range Expt.,Sta., USA, 1955.
23. Stiell, W.M., Twenty- Year Growth of Red Pine Planted at Three Spacings, Department of Forestry Publication No,1045, Canada, 1965.
24. Stiell, W.M., Red Pine Crown Development in Relation to Spacing Department of Forestry Publication No,1145, Canada, 1966.
25. Stiell, W.M., Berry, A.B., A-20 Year Trial of Red Pine Planted at Seven Spacings, Canada For. Manage Ins., Inf. Rep., FMR-X-97, Canada, 1977.
26. Stocks, B.J., Fire Behavior in Mature Jack Pine, Can., J., For., Res., 19: Canada, 1989, 783-790.
27. Alexander, M.E., Lawson, B.D., Stocks, B.J., Van Wagner, C.E., User Guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System, Rate of Spread Relationships, Interm. Edition, Environ Can, Can. For. Ser., Fire Danger Goup, 77+Suppl., Canada, 1984.
28. Alemdağ, I.S., Total Tree and Merchantable Stem Biomass Equations for Ontorio Hardwoods, Can. For. Ser., Nat. For. Inst., Inf. Rep., PI-X-46-54, Petawawa, 1984.

29. Alemdağ, I.S., Estimating Oven-dry Mass of Trembling Aspen and White Birch Using Measurements from Aerial Photographs, Can. J. Forest Res., 16 (1), 1986, 163-165.
30. Bilgili, E., Methven, I.R., A Dynamic Fuel Model for Use in Managed Even Aged Stands, Int. J. Wildland Fire, 4, (2), 1994, 177-184.
31. Hornby, L.G., Fire Control Planning in the Northern Rocky Mountain Region, Rocky Mt. Forest and Range Expt. Sta. Prog. Rep.1, USA, 1936.
32. Jemison, G.M., Keetch, J.J., Rate of Spread of Fire and its Resistance to Control in the Fuel Types of Eastern Mountain Forest, U.S. Forest Serv. Appalachian Forest Sta., Tech. Note 52, 1942.
33. Barrows, J.S., Fire Behavior in Northern Rocky Mountain Forests, U.S. Forest Serv. Range Expt. Sta. Pp.29, Missoula, 1951.
34. Albini, F.A. Estimating Wildfire and Effects, Gen. Tech. Rep., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Exp. Sta., INT-30, 92 pp., 1976.
35. Hirsch, K.G., 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, 1996.
36. Miraboğlu, M., Türkiye'de Odun İhtiyacını Karşılama İmkanları, Türkiye'de Ormancılık Gelişiminin Güncel Sorunları Semineri Bildirileri ve Tartışma Özetleri, İstanbul, 1981.
37. Arslan, C.A., 5, 10 ve 20 Yaşlarındaki Saf Kızılcım Meşcerelerinde Yanıcı Madde Miktarının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Trabzon, 1998.
38. Batu, F., Uygulamalı İstatistik Yöntemler, K.T.Ü. Yayın No: 179, Orman Fakültesi Yayın No: 22, Trabzon, 1995.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Akçaabat'ta doğdu. İlkokul ve ortaokulu aynı yerde tamamladı. Liseyi Trabzon Lise'sinde bitirdikten sonra 1992 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümüne yerleştirildi. 1996 yılında mezun olan KÜÇÜK, aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 1998 yılında Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünde Orman Entomolojisi ve Koruma Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı görevi yürütmekte olan KÜÇÜK evli ve İngilizce bilmektedir.

