



Artvin-Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lipsky) Ormanlarında Topraküstü Biyokütlenin Belirlenmesi İçin Denklemler Geliştirilmesi

Mimar Sinan ÖZKAYA*

Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin, Türkiye

Geliş Tarihi: 27 Kasım 2020

Kabul Tarihi: 19 şubat 2021

Basım Tarihi: 31 Mart 2021

Atf yapmak için: Özkaya, M.S. (2021). Artvin-Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lipsky) Ormanlarında Topraküstü Biyokütlenin Belirlenmesi İçin Denklemler Geliştirilmesi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(1), 99-105.

How to cite: Özkaya, M.S. (2021). Development of Equations to Determine Aboveground Biomass of Oriental Spruce (*Picea orientalis* Lipsky) Forests in Artvin-Genya Mountain Region. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(1), 99-105.

 <https://orcid.org/0000-0003-2146-3867>

***Sorumlu yazarın:**

Mimar Sinan ÖZKAYA
Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin,
Türkiye.
✉: mimarsinan08@hotmail.com

Öz: Bu çalışmada, Artvin ili Merkez İlçesi Genya Dağı Ceravent mevkiinde 1500 m rakımda, normal kapalıdaki saf Doğu Ladini meşçerelerinde toprak üstü biyokütle miktarı belirlenmiştir. Tespit edilen normal kapalıdaki saf Doğu Ladini meşçeresinde, her çap sınıfını temsil edecek şekilde farklı çaplarda, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli, sağlıklı ve dal budanmasını tamamlamış 30 adet deneme ağacı tespit edilmiştir. Deneme alanında tespit edilen bireylerin göğüs çapları belirlendikten sonra topraktan 20 cm yukarıdan kesilmişlerdir. Bütün bireylerin boyu ölçülerek, ibrelili ve ibresiz dallar gövdeden ayrılmıştır. Gövde dipten tepeye doğru, 5 m lik kesitlere ayrılmış ve yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra her bir gövde kesitinin kalın uçundan 5 cm kalınlığında örnek diskler alınmıştır. Dal ve ibrelerin yaş ağırlığı birlikte belirlenmiş, her bir birey için tartılan ibrelili dallardan deneme ağacını temsil edecek şekilde alt, orta ve üst bölümlerden yeteri kadar örnek alınmıştır. Her bir gövde kesitinden alınan örnek disklerle ibrelili dal örnekleri polietilen torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Kesitlerin 70 °C lik fırındaki nem kayıp oranlarından yararlanılarak her bir ağacın kuru ağırlığı belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, incelenen tek ağaç bileşenleri için çap, toprak üstü biyokütledeki varyasyonu, boya göre daha iyi tanımlamaktadır. Çapa dayalı denklemlerin R² değerleri (en yüksek % 95) boya dayalı denklemlerden (en yüksek % 85) daha büyüktür.

Anahtar kelimeler: Artvin, boy, çap, doğu ladini, toprak üstü biyokütle.

Development of Equations to Determine Aboveground Biomass of Oriental Spruce (*Picea orientalis* Lipsky) Forests in Artvin-Genya Mountain Region

Abstract: In this study, aboveground biomass of pure Oriental spruce stands with moderate crown closure located at 1500 m altitude in the Ceravent region of the Genya Mountain in Artvin Province was determined. 30 sampling trees, alive, robust crown, single-trunk, healthy and branch pruned, from different diameters to represent each diameter class were determined in the pure Oriental spruce stand. Then, they were cut 20 cm above the soil. The height of all the individuals was measured. All the branches and twigs with or without needle were removed. The stems were cut from the bottom to the top by 5 m sections and the wet weights were measured. Sample discs with 5 cm thick were then taken from the thick end of the each section. Wet weights of the branches and needles were determined together. Sample discs taken from each trunk section and branch samples with needle were transported to the laboratory with polyethylene bags. Dry weight of each tree was determined by using the moisture loss rates of the sections at 70°C. According to the results, diameter component related to variation in above ground biomass more than height component for the individuals. The R² values (the highest was 95%) of the diameter-based equations were higher than the ones of height-based equations (the highest was 85%).

Keywords: Artvin, height, diameter, oriental spruce, above ground biomass.

***Corresponding author's:**

Mimar Sinan ÖZKAYA
Artvin Regional Directorate of Forestry,
Artvin, Turkey.
✉: mimarsinan08@hotmail.com

GİRİŞ

Enerji, kaynakları bakımından sınıflandırıldığında, yenilenebilir ve yenilenemeyen olmak üzere iki ana başlığa ayrılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının günden güne azalması ve bunun yanı sıra kullanımının doğa açısından başta küresel ısınma ve sera gazı etkisi gibi bazı olumsuzluklar meydana getirmesi; gözleri yenilenebilir enerji kaynaklarına çevirmiştir (Başçetinçelik ve ark., 2004). Günümüzde yenilenebilir enerji kaynağı olarak önerilen kaynaklardan birisi de orman biyokütlesidir (Alemdağ, 1981). Orman biyokütlesi, orman ürünü olarak ormanın şimdiki kapasitesini ve büyümesini belirten uzun süreli işletmeciliğin sağlanması için bilinmesi gereken bir terimdir (Alemdağ, 1980).

Küresel çevre sorunlarının en önemlilerinden bir tanesi de küresel ısınmadır (Carnesale ve Chameides, 2011). İnsanoğlunun fosil yakıtları kullanması ve ağaçsızlaşma gibi uygulamaları sonucunda atmosferde üretilen sera gazı konsantrasyonlarının artması ile bilim insanları arasında ciddi bir fikir birliği oluşmuştur (Ravindranath ve Ostwald, 2008). Kirlenmeler ve diğer abiyotik etkenler sonucu atmosferik kimyanın, hava kalitesinin ve iklimin giderek orman yetişmesine daha elverişsiz duruma gelmesinin yanı sıra böcek, mantar ve diğer biyotik faktörler, sınırlayıcı meteorolojik etkenler ormanların zaman zaman çok büyük boyutlarda yıkıma uğramasına neden olmuştur (Köse ve ark., 2002). Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hala istenen düzeye ulaşmamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji üretiminin payı, yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahip olmasına rağmen ülkemiz açısından düşük miktardadır. Fakat ülkemizin biyokütle enerji potansiyeli yüksektir. Bununla beraber, bu potansiyelin kullanımı ve ticareti neredeyse yoktur. Bu durumun sebepleri arasında biyokütle yakıtları ile ilgili yetersiz çalışmalar, odun hammaddelerinden üretilen biyoyakıtlar için bir pazar eksikliği, mevzuat eksikliği ve özel sektör yatırımlarını teşvik etmemek gelmektedir (Toksoy vd., 2020).

Ormanların karbon stokları ve karbon depolama kapasitelerinin tespit edilmesinde biyokütle araştırmaları temel değerleri ortaya koymaktadır. (Sun vd., 1976). Biyokütlenin toprak üstü ve toprak altı olmak üzere iki temel bileşeni bulunmaktadır. Toprak üstü ve toprak altı biyokütle tarım, orman ve çayır alanlarından faydalanmanın planlanmasında dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerdir. Toprak üstü biyokütle meşcere yaşı ve sıklığı, yağış, sıcaklık, enlem derecesi, fizyografik etmenler (yükseltili, eğim, bakı, arazi yapısı) ve toprak gibi faktörlerden etkilenirken, toprak altı biyokütle ise bitki türü (yapraklı-ibrelili, çalı, çayır vb.), bitki yaşı, toprak nemi, topraktaki bitki besin elementleri ve toprak tekstürü gibi

faktörlerden etkilenmektedir (Cairns vd., 1997; Çakıl,2008).

Bu çalışmanın amacı doğu ladini ağaç türü için çap ve boy parametrelerine bağlı olarak toprak üstü biyokütlenin belirlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Araştırma alanı, Doğu Karadeniz Bölgesinde Artvin İli sınırları içerisinde; 41° 09' 11'' kuzey enlemleri ile 41° 51' 30'' doğu boylamı üzerindedir (Şekil 1). Ortalama yükseltisi 1505 m, ortalama eğimi % 30'dur. Araştırma alanı kuzeydoğu bakıda ve yukarı orta yamaçtadır.



Şekil 1. Araştırma alanının Türkiye haritasındaki konumu ve Google earth görüntüsü.

Figure 1. Map of the study area and Google earth view.

Bölgenin karakter ana ağaç türü *Picea orientalis* bazen saf, bazen de *Fagus orientalis* Lipsky., *Abies nordmanniana* (Stev) Spach, *Pinus silvestris* L., *Alnus barbata* C.A.Mey. ve benzeri türlerle karışık ormanlar meydana getirir. Orman amenajman planlarına göre 444.933 ha alanda yayılış gösteren Doğu Ladini alanın % 31,6'sında saf olarak bulunmaktadır. Bölgede % 32,7 ile ladin+kayın en çok rastlanan bir karışım şeklidir (Akalp, 1978; Kayacık, 1960).

Metot: Biyokütle tablolarının düzenlenmesi için, çeşitli çap kademelerinde, normal kapalılıkta saf Ladin meşçereleri seçilmiştir. Bu amaçla Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Artvin İşletme Müdürlüğü Artvin İşletme Şefliği 49, 50, 79, 80 ve 84 nolu bölmelerde Lcd3 meşçere tipinden formu ve tepe çatısı düzgün bireylerden 30 adet deneme ağacı alınmıştır. Bu alanın araştırma alanı olarak seçilmesinin nedeni, Ladinin normal kapalılıkta saf meşçere oluşturması, aynı meşçere içinde farklı çap gruplarına ait bireylerin bulunması ve bakım müdahaleleri

dışında böcek, fırtına vs gibi diğer etkenlerden dolayı herhangi bir müdahale görmemiş olmasıdır.

Tespit edilen deneme ağaçları göğüs çapları ölçüldükten sonra topraktan 20 cm yükseklikten kesilmiştir. Kesilen ağaçların boyu ölçülmüş, dalları gövdeden ayrılmış ve gövde kalın ucundan itibaren 5 m'lik seksiyonlara bölünmüş, her bir kesite ait tomruk ayrı ayrı tartılarak yaş ağırlığı tespit edilmiştir. Tomrukların kalın ucundan 5 cm çapında örnek kesitler alınmış ve yaş olarak ağırlığı tespit edilmiştir. Daha sonra gövdeden ayrılan tüm dallar ibreleriyle birlikte tespit edilmiştir. Her birey için tartılan tüm ibreli dallardan deneme ağacını temsil edecek şekilde alt, orta ve üst bölümlerinden yeteri kadar örnek alınmış ve bunlarında yaş ağırlığı tespit edilmiştir. Bunlarda dal ve ibre olarak ayrılmış ve yaş ağırlıkları tespit edilmiştir. Ardından gövde odunu, dal ve ibre örneklerinin tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz: Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket istatistik programı kullanılmıştır. Çap ve boy bağımsız değişkenlerinin toprak üstü biyokütle ile olan ilişkilerinin değerlendirilmesinde regresyon analizi yöntemi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma sahasındaki deneme ağaçlarında yapılan çalışmalarda biyokütle değerleri çap ve boy gibi bağımsız değişkenler olarak ayrı ayrı incelenmiş, bağımlı değişken olarak seçilen tüm ağırlık, gövde ağırlığı, dal ve ibre ağırlıkları da yaş ve kuru ağırlıklar olarak belirlenmiştir. Biyokütle değerleri kuru ve yaş ağırlıklar olarak farklı değerler ve farklı değişimlerle temsil edileceğinden hareketle, çap ve boyya göre yaş ve kuru ağırlıklar ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu değerlerden altı değişik fonksiyona göre bağımsız değişkenler ile toprak üstü biyokütle arasındaki ilişkiyi en iyi yansıtan denklemler ortaya konulmuştur.

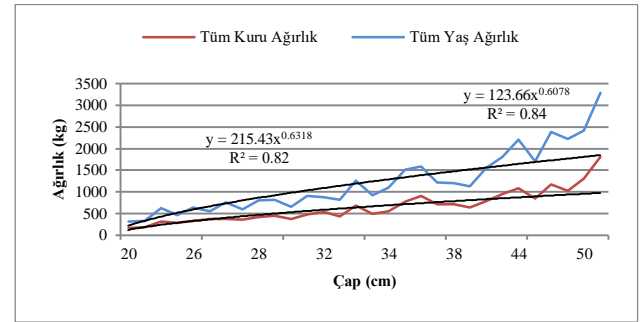
Elde edilen verilere göre, Doğu Ladininin toprak üstü biyokütle değerleri ile değişik fonksiyonlar kullanılarak, varyasyonu en iyi açıklayan denklemler tespit edilmiştir.

Dal ve ibre örneklerinin ortalama nem oranları sırasıyla % 51,62 ve % 44,9 olarak bulunmuştur. Tüm yaş ağırlığın ortalama olarak % 87,6'sını gövde odunu, % 7,17'sini dal ve % 5,26'sını ise ibreler oluşturmaktadır. Tüm kuru gövde ağırlığının ortalama % 87,8'ini gövde odunu, %7,40'ını dal ve % 4,77'sini ise ibreler oluşturmaktadır.

Deneme ağaçlarında tespit edilen en yüksek nem miktarı ibre örneklerinde, en düşük nem miktarı ise en alt gövde odunu seksiyonunda belirlenmiştir. Gövde odunundaki nem oranı gövdeden tepeye doğru yaklaştıkça artmaktadır. Bunun nedeninin gövde odununun alt

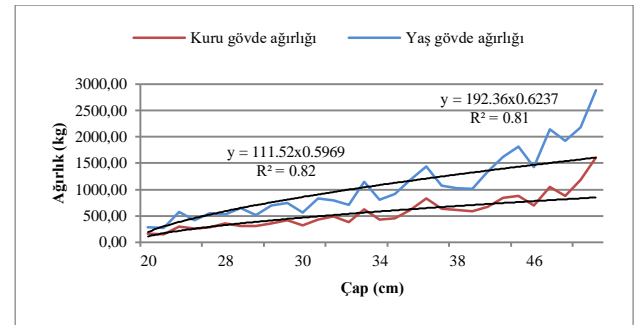
kısımlarının destek görevi görmesi ve oran olarak daha fazla yaşlı odun içermesinin olabileceği sanılmaktadır. Ayrıca yağın yağış sularının gövdenin tepe kısmına ulaşması daha kolay olduğundan üst seksiyonlarda odunun daha fazla su emmesine olanak tanınmasından da kaynaklanıyor olabileceği sanılmaktadır. Aynı şekilde kabuk nem oranları da gövdeden tepeye yaklaştıkça artma eğilimi göstermektedir.

Ladin tek ağaç bileşenlerinin yaş/kuru ağırlıkları ile çap arasındaki ilişkiler: Ladin tek ağaç bileşenlerinin yaş/kuru ağırlıkları ile çap arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Power (üs) fonksiyonu tarafından sağlanmaktadır (Tablo 1). Fonksiyonların anlamlılık düzeyi $p < 0,001$ olup, Ladin tek ağaç bileşenleri ve çap değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 2, 3, 4, 5).



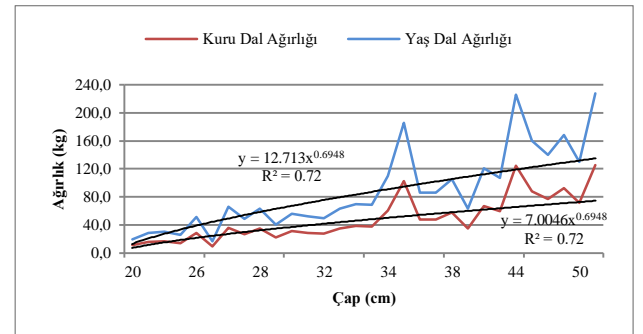
Şekil 2. Tüm yaş ve tüm kuru ağırlığın çapa göre değişimi.

Figure 2. Change in dry and wet weights according to diameter.



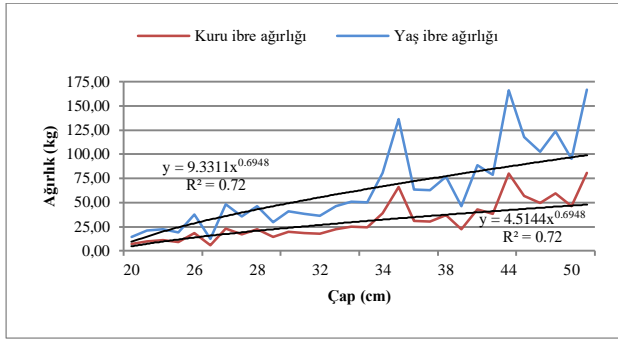
Şekil 3. Yaş gövde ve kuru gövde ağırlığının çapa göre değişimi.

Figure 3. Change in wet and dry stem weights according to diameter.



Şekil 4. Yaş dal ve kuru dal ağırlığının çapa göre değişimi.

Figure 4. Change in wet and dry branch weights according to diameter.



Şekil 5. Yaş ibre ve kuru ibre ağırlığının çapa göre değişimi.

Figure 5. Change in wet and dry needle weights according to diameter.

Tablo 1. Ladin tek ağaç bileşenlerinin yaş/kuru ağırlıkları ile göğüs çapı arasındaki ilişkilerin katsayı ve istatistikleri.

Table 1. Coefficients and statistics of relationships between single tree components of spruce dry and wet weights and diameter at breast height.

Bağımlı değişken	Mtd	R ²	S. Der.	F	p	bo	b1
Tüm yaş ağırlığı	pow	0,94	28	467,98	,000	0,3853	2,2389
Yaş gövde ağırlığı	pow	0,94	28	489,84	,000	,352	2,22
Yaş dal ağırlığı	pow	0,75	28	85,85	,000	,0180	23,489
Yaş ibre ağırlığı	pow	0,75	28	85,97	,000	,0132	23,496
Kuru gövde ağırlığı	pow	0,93	28	428,75	,000	,2852	21,129
Kuru dal ağırlığı	pow	0,75	28	85,74	,000	,0099	23,493
Kuru ibre ağırlığı	pow	0,75	28	85,93	,000	,0064	23,493

Çap toprak üstü biyokütledeki varyasyonu boya göre daha iyi tanımlamaktadır. Yani çapa dayalı denklemlerin R² değerleri boya dayalı denklemlerden daha büyük olup dolayısıyla daha iyi açıklamaktadır. Çap ile yaş ve kuru biyokütle değerlerini en iyi açıklayan denklem Power (Üs) fonksiyonuna ait denklemlerdir. Çap ile tüm yaş ağırlık, yaş gövde ağırlığı, tüm kuru ağırlık ve kuru gövde ağırlığına ait R² değerleri 0,94 düzeyinde sonuç vermektedir.

Pastorella ve Paletto, (2014) ağaçlarda büyüme ve biyokütle arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla yaptıkları çalışmada toprak üstü biyokütledeki R² değerinin 0,9'un üzerinde olduğu sonucuna varmışlardır.

Yaş ağırlıklar ile çap arasındaki varyasyonu en iyi açıklayan fonksiyon Power (Üs) fonksiyonudur. Dört değişik bağımlı değişkene göre en yüksek R² değeri bu fonksiyonda tespit edilmiştir. Bu değişkenler ile çap arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem tüm yaş ağırlık ile yaş gövde ağırlığına ait denklemlerdir.

Yaş dal ağırlığı ve yaş ibre ağırlığı ile çap arasındaki denklemlerin R² değerlerinin tüm yaş ağırlıkla ve yaş gövde ağırlığı ile çap arasındaki denklemlerin R² değerlerine oranla küçük çıkmasının nedeni, dal ve ibre ağırlıklarının tepe yapısına ve kapalılık durumuna göre tüm yaş ağırlık ve yaş gövde ağırlığına kıyasla ışık, kapalılık ve sıklık gibi çevresel faktörlerden daha fazla etkilenecek değişiklik göstermesidir.

Pajti'k vd., (2008)'nin yaptıkları çalışmada *Picea abies* meşçeresinin toplam biyokütlesinin yaklaşık 1.0 Mg ha⁻¹'den 9.5 yılda 44.3 Mg ha⁻¹'e yükseldiği görülmüştür. Kök ve dal biyokütle oranının yaş ile birlikte

arttığı, ibrelerin oranının oldukça sabit olduğu ve kök biyokütlesinin oranının meşçere yaşlandıkça azaldığı bulunmuştur.

Kuru ağırlıklar ile çap arasındaki varyasyonu en iyi açıklayan fonksiyon yaş ağırlık ve çap arasındaki varyasyonu açıklayan fonksiyonda olduğu gibi Power (üs) fonksiyonudur. Dört farklı bağımlı değişkene göre en yüksek R² değeri yine bu fonksiyonda tespit edilmiştir. Bu değişkenler ile çap arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem tüm kuru ağırlık ile kuru gövde ağırlığına ait denklemlerdir.

Tüm Kuru Ağırlık (Y)=0,2973(d_{1,3})^{2,1381}, R²=0,94, P<0,001
Kuru Gövde Ağırlığı (Y)=0,2852(d_{1,3})^{2,1129}, R²=0,94, P<0,001.

Benzer R² değerleri Laar ve Lill, (1978) tarafından Güney Amerika'da 29 yaşındaki *Pinus radiata* meşçeresinde bulunmuştur. Yapılan çalışmada fırın kurusu gövde ağırlığı ile çap arasındaki R² değeri 0,95; fırın kurusu tüm ağırlık ile çap arasındaki R² değeri 0,96 düzeyinde olup, araştırma alanına ait Doğu Ladininde bulunan değerlere çok yakın değerler tespit edilmiştir. Ağaç türü, yetişme ortamı farklılığı ve aynı yaşlı meşçereden alınan verilerden dolayı Doğu Ladini için bulduğumuz ilişki *Pinus radiata* için bulunan ilişkiye çok azda olsa düşük çıkmıştır.

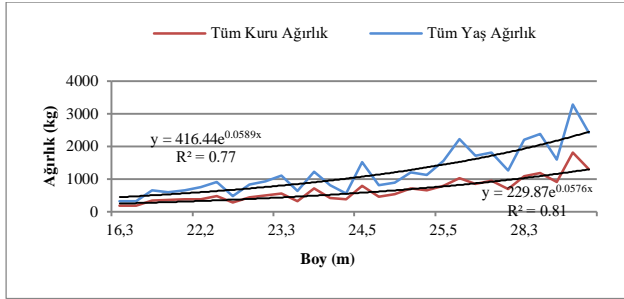
Dal ve ibre ağırlığına ait denklemlerin R² değerleri tüm kuru ağırlık ve kuru gövde ağırlığına oranla daha düşüktür.

Kuru Dal Ağırlığı (Y)=0,0099(d_{1,3})^{2,3505}, R²=0,75, P<0,001
Kuru İbre Ağırlığı (Y)=0,0064(d_{1,3})^{2,3493}, R²=0,75, P<0,001

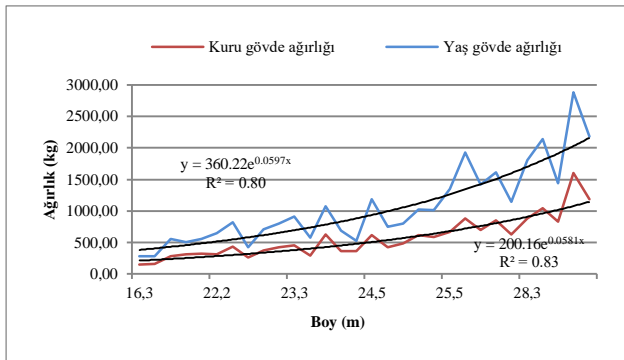
Kuru dal ağırlığı ile kuru ibre ağırlığının varyasyonunun tüm yaş ağırlıkla yaş gövde ağırlığına oranla daha düşük çıkmasının nedeni, dal ve ibre ağırlıklarının tepe yapısına ve kapalılık durumuna göre değişiklik göstermesidir. Larr ve Liil, (1978)'in çalışmalarında fırın kurusu taç ağırlığı ile çap arasındaki R² değeri 0,70 düzeyindedir. Bu ilişki Doğu Ladinine oranla çok daha düşüktür. Bunun nedeninin ağaç türlerinin farklı ışık isteği olması ve dolayısıyla farklı taç yapısı oluşturmaktan kaynaklandığı sanılmaktadır. Benzer şekilde, bu düşük R² değeri Durkaya, (1998), İkinci, (2000), Ünsal, (2007)'in yaptıkları biyokütle çalışmalarında da görülmektedir. Bu durum beklenen bir sonuçtur çünkü ibre ağırlığı ile çap arasındaki ilişki düşüktür.

Ladin tek ağaç bileşenlerinin yaş/kuru ağırlıkları ile boy arasındaki ilişkiler: Ladin tüm yaş ağırlık ve tüm kuru ağırlık ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem üstel fonksiyon, kuru gövde ağırlığı ve yaş gövde ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem power fonksiyon, yaş/kuru dal ağırlığı ve yaş/kuru ibre ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem polinom fonksiyon tarafından sağlanmaktadır (Tablo 2). Fonksiyonların anlamlılık

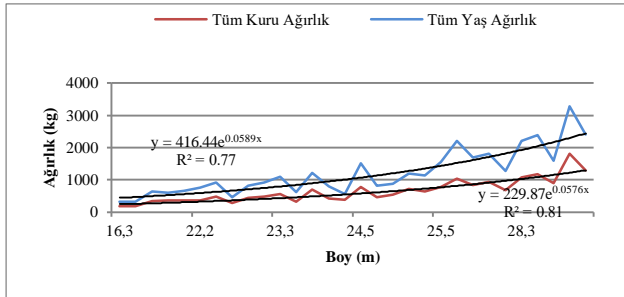
düzeyi $p < 0,001$ olup, Ladin tek ağaç bileşenleri ve boy değerleri arasında istatistiki olarak önemli bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 6, 7, 8, 9).



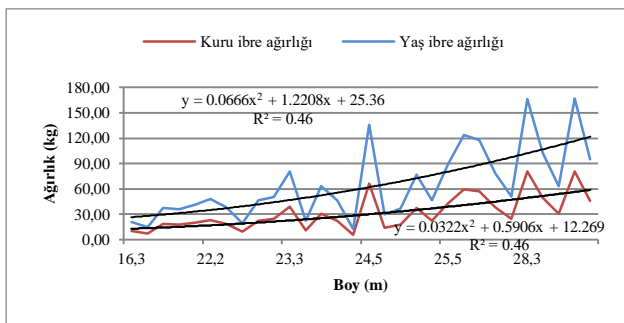
Şekil 6: Tüm yaş ağırlık ve tüm kuru ağırlığın boya göre değişimi.
Figure 6: Change in whole wet and dry weights according to tree height.



Şekil 7: Yaş gövde ve kuru gövde ağırlığın boya göre değişimi.
Figure 7: Change in wet and dry stem weights according to tree height.



Şekil 8. Yaş dal ve kuru dal ağırlığın boya göre değişimi.
Figure 8. Change in wet and dry branch weights according to tree height.



Şekil 9. Yaş ibre ve kuru ibre ağırlığın boya göre değişimi.
Figure 9. Change in wet and dry needle weights according to tree height.

Tablo 2. Ladin tek ağaç bileşenlerinin yaş/kuru ağırlıkları ile boy arasındaki ilişkilerin katsayı ve istatistikleri.

Table 2. Coefficients and statistics of relationships between single tree components of spruce dry and wet weights and tree height.

Bağımlı değişken	Model	R ²	S.Der	F	p	bo	bl	b2
Tüm yaş ağırlık	üstel	0,77	28	98,36	0,000	11,6349	0,183	
Yaş gövde ağırlığı	üstel	0,81	28	120,27	,000	9,567	0,186	
Yaş dal ağırlığı	polinom	,469	27	11,92	,000	273,41	-30,504	,9274
Yaş ibre ağırlığı	polinom	,469	27	11,91	,000	199,987	-22,328	,6794
Kuru gövde ağırlığı	üstel	,848	28	156,35	,000	58,370	,1816	
Kuru dal ağırlığı	polinom	,469	27	11,91	,000	150,80	-16,819	,5112
Kuru ibre ağırlığı	polinom	,450	28	22,93	,000	,4619	,1641	

Boy biyokütledeki varyasyonu anlamlı ve kabul edilebilir şekilde tanımlamasına rağmen R² değerleri, çap ile biyokütle arasındaki R² değerlerinden daha düşük çıkmaktadır. Bunun nedeni aynı meşçerede mevcut aynı çaptaki bireylerin ağırlık olarak birbirine yakın olmasına rağmen buldukları ortam itibarıyla ışık ihtiyaçlarına ve meşçerenin kapalılık durumuna paralel olarak daha fazla veya daha az boylanmalarından kaynaklanmaktadır.

Tek ağaç bileşenlerinin yaş ağırlıkları ile çap arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan fonksiyon tüm yaş ağırlık ile yaş gövde ağırlığı için Exponential (Üstel) fonksiyonu olmasına rağmen, yaş dal ağırlığı ile yaş ibre ağırlığı için Quadratic (Polinom) fonksiyonudur. Dört değişik bağımlı değişkene göre en yüksek R² değerleri bu fonksiyonlara göre tespit edilmiştir.

Tüm yaş ağırlıkla boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Exponential (Üstel) fonksiyonuna ait denklemdir. Bu denklem;

$$\text{Tüm Yaş Ağırlık } Y = 11,635(e)^{0,1838d_{1,3}}, R^2 = 0,78, P < 0,001 \text{ dir.}$$

Ingerslev, (1999) yaptığı çalışmada 59 yaşındaki *Pinus pinea* meşçeresindeki topraküstü biyokütle çalışmasında; biyokütle ile boy arasındaki ilişkinin R² değerini 0.70 olarak bulmuştur. Grote, (2002) aynı çalışmayı yaparak toprak üstü biyokütle miktarının R² değerleri 0.5 ila 0.87 arasında tespit etmiştir. Eid vd., (2016) yapmış oldukları çalışmada *Pinus sp.*'a ait toplam topraküstü biyokütle miktarının R² değerini 0.97 ila 0.99 arasında tespit etmişlerdir.

Tüm yaş ağırlık içerisinde dal ve ibre ağırlıkları da katıldığından, dal ve ibre ağırlığındaki varyasyonun etkisiyle tüm yaş ağırlık ile çap arasındaki denklemin R² değeri, çap ile yaş gövde ağırlığı arasındaki denklemin R² değerinden daha düşüktür.

Yaş gövde ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Exponential (Üstel) fonksiyonuna ait denklemdir. Bu denkleme ait R² değeri bağımlı değişkenlerin yaş ağırlıkları ile boy arasındaki ilişkilere ait R² değerlerinin en yüksek olanıdır. Bunun nedeni de dal ve ibre ağırlıklarında varyasyonun gövde odunundaki varyasyona göre fazla olmasıdır. Yaş Gövde Ağırlığı (Y) = 9,5678(e)^{0,1864d_{1,3}}, R² = 0,81, P < 0,001 dir.

Yaş dal ağırlığı ve yaş ibre ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Quadratic

(Polinom)fonksiyondur. Dal ve ibre ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi gösteren denklemlerin R^2 değerleri tüm yaş ağırlık ve yaş gövde ağırlığı ile boy arasındaki denklemlerin R^2 değerlerine oranla çok daha düşüktür. Işık ihtiyacına paralel olarak aynı çaptaki bireylerin farklı boylanması, dolayısıyla dal ve ibre ağırlıklarında tepe yapısına ve kapalılık durumuna göre farklılıklar göstermesi R^2 değerlerinin daha düşük çıkmasına sebep olmuştur. Bu denklemler:

$$\text{Yaş Dal Ağırlığı } Y=0,9274(d_{1,3})^2+30,504(d_{1,3})+273,42, \\ R^2=0,47, P<0,001$$

$$\text{Yaş İbre Ağırlığı } Y=0,6794(d_{1,3})^2-22,328(d_{1,3})+199,99, \\ R^2=0,47, P<0,001 \text{ dir.}$$

Tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıklar ile boy arasındaki varyasyonu en iyi açıklayan fonksiyon, tüm kuru ağırlık ile kuru gövde ağırlığı için Exponential (Üstel) fonksiyonu olmasına rağmen kuru dal ağırlığı ile kuru ibre ağırlığı için Quadratic (Polinom) fonksiyonudur. Dört değişik bağımlı değişkene göre değerlendirilen fonksiyonlar arasında en yüksek R^2 değerleri bu fonksiyonlara göre tespit edilmiştir.

Tüm kuru ağırlıkla boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Exponential (Üstel) fonksiyonuna ait denklemdir. Bu;

$$\text{Tüm Yaş Ağırlık } Y= 6,9464(e)^{0,1798 d_{1,3}}, R^2=0,82, P<0,001$$

olarak tespit edilmiştir. Tüm kuru ağırlık içerisinde dal ve ibre ağırlıkları da katıldığından, dal ve ibre ağırlığındaki farklılık bu bileşendeki R^2 değerinin kuru gövde ağırlığındaki değere oranla daha düşük çıkmasına neden olmuştur.

Kuru gövde ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Exponential (Üstel) fonksiyonuna ait denklemdir. Bu denkleme ait R^2 değeri bağımlı değişkenlerin yaş ağırlıkları ile boy arasındaki en yüksek değerdir. Bunun nedeni gövde ağırlığının dal ve ibre ağırlıklarındaki varyasyonu içermemesidir. Bu denklem:

$$\text{Kuru Gövde Ağırlığı } Y= 5,8371 (e)^{0,1816 d_{1,3}}, R^2 =0,85, \\ P<0,001 \text{ dir.}$$

Yaş dal ağırlığı ve yaş ibre ağırlığı ile boy arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan denklem Quadratic (Polinom)fonksiyonudur. Dal ve ibre ağırlığına ait denklemlerin R^2 değerleri tüm kuru ağırlık ve kuru gövde ağırlığına oranla çok daha düşüktür. Işık ihtiyacına paralel olarak aynı çaptaki bireylerin farklı boylanması, dolayısıyla dal ve ibre ağırlıklarındaki tepe yapısına ve kapalılık durumuna göre farklılıklar göstermesi R^2 değerlerinin daha düşük çıkmasına sebep olmuştur.

$$\text{Kuru Dal Ağırlığı } Y=0,5147(d_{1,3})^2 +16,968(d_{1,3}) +152,37, \\ R^2=0,47, P<0,001$$

$$\text{Kuru İbre Ağırlığı } Y=0,329(d_{1,3})^2 -10,816(d_{1,3})+96,906, \\ R^2=0,47, P<0,001 \text{ dir.}$$

SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışmada, zaman ve para kaybını önlemek için çapa dayalı yapılan tahminlerin varyasyonu % 94 düzeyinde açıkladığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla Ladinde sadece çapa dayalı tespitler biyokütlenin tanımlanması ve rakamsal ifadesi için çalışma amacına bağlı olarak yeterli olabilecektir. Bu hem zaman hem de maddi anlamda tasarruf sağlayacaktır. Ancak bilimsel çalışmalar için boya dayalı tahminlerde gerekebilir. Bu çalışma ile ormancılıkta hasılat, amenajman, orman envanteri, işletme ekonomisi, ağaç teknolojisi gibi bilim dallarına yardımcı olacak, ladinin toprak üstü biyokütlesinin belirlenmesine yarayacak tablolar düzenlenmiş bulunmaktadır. Yine bu tablolar ladin meşçerelerinde toprak üstü biyoküttele depolanan karbon miktarının belirlenmesine yardımcı olacaktır. Küresel ısınmanın her geçen gün kendini biraz daha hissettirdiği dünyamızda orman ekosisteminde mevcut biyokütlenin ve dolayısıyla depolanan karbonun belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Biyokütle çalışmaları kullanılarak farklı ağaç bileşenlerine üretimden ne kadar pay ayrıldığı ve bunun ne kadarının toprağa organik madde olarak geri döndüğü belirlenebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akalp, T. (1978).** *Türkiye’de Doğu Ladini ormanlarında Hasılat Araştırmaları*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No. 261.
- Alemdağ, Ş., (1980).** *Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships*. Petawawa Natl. For. Inst., Can. For. Serv., Inf. Rep. PI-X-4, 38p.
- Alemdağ, Ş., (1981).** *Aboveground-mass Equations For Six Hardwood Species From Natural Stands Of The Resarch Forest At Petawawa, Canadian Forestry Service, Environ. Can., Inf. Rep. PI-x-6, 9p.*
- Başçetinçelik, A., Karaca, C. & Öztürk, H.H. (2004).** Bazı Avrupa Birliği Ülkelerinde Biyokütle Politikaları, *V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, Mayıs 2004, İstanbul, Bildiri Kitabı: 439-448s.
- Cairns, M.S., Brown, E.H. & Boumgardner, G. (1997).** Root Biomass Allocation in The World’s Up land Forests. *Oecologia*, **III**, 1-11.
- Carnesale, A., & Chameides, W. (2011).** *America’s climate choices. nrc/nas usa committee on america’s climate choices*, Washington, D.C., 118p.
- Çakıl, E. (2008).** *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşçereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak

- Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak, Türkiye, 111s.
- Durkaya, B. (1998).** *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak, Türkiye, 110s.
- Eid, T., Viken, K.O. & Astrup, R. (2016).** *Models predicting stand level biomass for Norway spruce (Picea spp.), Scots pine (Pinus spp.) and broadleaf dominated forest in Norway*. Norwegian University of Life Sciences, **37**, 31p.
- Grote, R. (2002).** Foliage and Branch Biomass Estimation of Coniferous and Deciduous Tree Species, *Silva Fennica*, **36**(4), 779-788.
- Ingerslev, M. (1999).** Above ground biomass and nutrient distribution in a limed and fertilized norway spruce (picea abies) plantation, *Forest Ecology and Management*, **119**(1/3), 13-20.
- İkinci, O. (2002).** *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Meşcereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak, Türkiye, 86s.
- Kayacık, H. (1960).** Doğu Ladininin Coğrafi Yayılışı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, **10**(2), 25-32.
- Köse, S., Başkent, E. Sivrikaya, F. & Yolasığmaz, H. (2002).** Karadeniz’de Orman Fonksiyonlarının Belirlenmesi ve Örnek Uygulamalar. *II. Ulusal Karadeniz Ormanlık Uygulaması*, 15-18 Mayıs 2002, Artvin, Türkiye, 78-87.
- Larr, A. & Liil, W.S. (1978).** Biomass Study in *Pinus radiata* D. Don. *South African Forestry Journal*, **107**(1), 71-76.
- Pajti’k, J., Konopka, B. & Lukac, M. (2008).** Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. *Forest Ecology and Management*, **256**, 1096-1103.
- Pastorella, F. & Paletto, A. (2014).** Biomass allocation in natural regeneration of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* trees in Italian Alps. *Metsanduslikud Uurimused*, **61**, 35-46.
- Ravindranath, N.H. & Ostwald, M. (2008).** *Carbon inventory methods: handbook for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and round wood production projects*. Berlin: Springer.
- Toksoy, D., Çolak, S. & Bayramoğlu, M.M. (2020).** A Study on The Biomass Energy Potential of Turkey: Example of Wood Pellets. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**, 867-871.
- Sun, O., Uğurlu, S. & Arash, B. (1976).** *Stepe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde biyolojik kütlelerin saptanması*. OEA Yayınları, Teknik Bülten Serisi, 48s.
- Ünsal, A. (2007).** *Adana Orman Bölge Müdürlüğü Kızılcım Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak, Türkiye, 51s.