

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) AĞAÇ HACİM TABLOLARININ
DÜZENLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. Müh. Servet PEHLİVAN

**HAZİRAN 2010
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) AĞAÇ HACİM TABLOLARININ
DÜZENLENMESİ**

Orm. Müh. Servet PEHLİVAN

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.06.2010
Tezin Savunma Tarihi : 25.06.2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nuray MISIR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hakkı YAVUZ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cengiz ACAR**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

ÖNSÖZ

"Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi" adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Başlangıç aşamasından, çalışmanın sonlandırılmasına kadar gerekli olan yoğun çalışma temposuna tek başıma katlanabilmem mümkün değildi. Bu nedenle çalışmanın tamamlanması süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen herkese teşekkür etmek zorundayım.

İlk olarak çalışma konusunun seçiminden, çalışmanın sonuçlandırılmasına kadar her aşamada desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden sıkça yararlandığım danışman hocam sayın Doç. Dr. Nuray MISIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Değerli görüş ve önerileriyle çalışmamı yönlendiren, büyük ilgi ve desteğini gördüğüm sayın hocam Prof. Dr. Hakkı YAVUZ'a teşekkürlerimi sunmayı bir görev kabul ederim.

Aynı şekilde çalışma boyunca yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Mehmet MISIR'a ve Arş. Gör. Dr. İlker ERCANLI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli arkadaşlarım; Orm. Müh. Çiğdem AYDIN ve Orm. Müh. Cemile ÜLKER'e ve ismini burada saymadığım diğer arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca arazi çalışmalarında büyük ilgi, yardım ve desteklerini gördüğüm Orman Genel Müdürlüğü personeline teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bütün hayatım boyunca beni hem maddi olarak hem de manevi olarak destekleyen ve her durumda yanımda olduklarını bildiğim aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Servet PEHLİVAN
Trabzon 2010

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Sarıçam Hakkında Genel Bilgiler	4
1.2.1. Sarıçamın Doğal Yayılışı.....	4
1.2.2. Sarıçamın Botanik Özellikleri	6
1.2.3. Sarıçamın Ekolojik Özellikleri	7
1.2.4. Sarıçamın Silvikültürel Özellikleri ve Meşcere Kuruluşları.....	8
1.2.5. Sarıçam Odununun Anatomik Özellikleri	9
1.2.6. Sarıçam Odununun Teknolojik Özellikleri.....	10
1.2.7. Sarıçam Odununun Kullanım Yerleri	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	12
2.1. Materyal	12
2.1.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Nitelikleri	12
2.1.2. Örnek Ağaçlarda Yapılan Ölçümler	14
2.2. Yöntem	17
2.2.1. Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi.....	17
3. BULGULAR.....	29
3.1. Ağaç Hacim Tablolarına İlişkin Bulgular.....	29
3.1.1. Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosuna İlişkin Bulgular	29
3.1.2. Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosuna İlişkin Bulgular	32
4. TARTIŞMA	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42

6.	KAYNAKLAR	44
7.	EKLER	48
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin hem orman varlığı hem de ekonomik değer bakımından önemli orman ağacı türlerinden biri olan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir.

Tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarını düzenleyebilmek amacıyla muhtelif yetişme ortamı ve meşcere koşullarından yetişen 90 adet örnek ağaçtan gövde analizi verisi alınmış ve ilgili ölçümleri yapılmıştır. Söz konusu 90 adet gövde analizi örneğinden 965 adet veri türetilerek ağaç hacim modellerinin geliştirilmiş, bu ağaçların kesim yaşındaki gerçek kabuklu değerleri ise geliştirilen hacim modellerin genel bazda sarıçam meşcerelerine uygunluğunun denetlenmesinde kullanılmıştır.

Uygun hacim modelinin belirlenmesinde Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi gibi ölçütlerden yararlanılmıştır. Ardından 0.05 önem düzeyinde yapılan uyguluk denetimi ile gerek tek girişli gerekse çift girişli ağaç hacim denklemlerinin Türkiye sarıçam ormanlarına uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Tek girişli ağaç hacim tablosu yukarıda sözü edilen ölçütlere göre en uygun olarak belirlenen $V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2$ denklemine göre düzenlenirken, çift girişli ağaç hacim tablosu ise $V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 H + b_4 D^2H$ denklemine göre düzenlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sarıçam, Hacim Denklemi, Ölçütler, Ağaç Hacim Tablosu, Uygunluk

SUMMARY

Construction of Tree Volume Tables of Scots Pine

Scots Pine is an important tree species in Turkey as both forest assets and also its economical value. In this study, single entry and double entry tree volume tables of Scots Pine have been constructed.

In order to constructing single entry and double entry tree volume tables, total 90 sample trees from different site and stand conditions were cut down and collected stem analysis data. Using these stem analysis data, 965 pieces of data were derived and were used to develop tree volume models. In addition, these stem analysis data are used to check the validation of these models for the Scots Pine stands at general basis.

In order to determination of the suitable volume model, six performance criteria such as Average Residuals or Bias, Average Absolute Residual, Standart Deviation of the Residual or Precision, Percent Variation Explained, Percent Total Error and Percent Absolute Mean Error are consulted. After the validation of both single entry and double entry tree volume equation for Scots Pine stands controlled in Turkey at 0.05 significant level. As a result both equations are suitable for Scots Pine stands in Turkey.

Single entry and double entry tree volume tables are constructed according to equations respectively $V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2$ and $V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 H + b_4 D^2 H$.

Key Words: Scots Pine, Volume Equation, Criteria, Tree Volume Table, Validation

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)' in Dünya'daki doğal yayılış alanı	5
Şekil 2. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)'in Türkiye'deki doğal yayılış alanı	6
Şekil 3. Örnek ağaçların yükselti basamaklarına dağılımı	13
Şekil 4. Örnek ağaçların eğim gruplarına dağılımı.....	14
Şekil 5. Örnek ağaçların bakı gruplarına dağılımı.....	14
Şekil 6. Sarıçam tek girişli ağaç hacim tablolarının karşılaştırılması.....	39
Şekil 7. Sarıçam çift girişli ağaç hacim denkleminin diğer ağaç türlerine ait çift girişli ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılması	40
Şekil 8. Sarıçam çift girişli ağaç hacim denkleminin Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemi ile karşılaştırılması	41

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Gövde analizi yapılan örnek ağaçlara ilişkin kimi istatistiki değerler	13
Tablo 2. Örnek ağaçların işletme şefliklerine dağılımı.....	13
Tablo 3. Model ve kontrol verilerine ilişkin kimi istatistiki değerler	15
Tablo 4. Model verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı	16
Tablo 5. Kontrol verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı	16
Tablo 6. Ülkemizde günümüze kadar düzenlenmiş olan ağaç hacim tabloları	22
Tablo 7. En çok kullanılan hacim fonksiyonları	23
Tablo 8. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin parametre değerleri	30
Tablo 9. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri	31
Tablo 10. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin parametre değerleri	33
Tablo 11. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri	35
Tablo 12. Borçka Orman İşletme Şefliği orman amenajman planında yer alan tek girişli ağaç hacim tablosu	39

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülkemizde hızlı nüfus artışının da bir sonucu olarak, orman ekosistemlerinin sahip oldukları fonksiyonlara olan talep hızla artmaktadır. Bu talep artışını, orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmadan, ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel işlevlerini de göz önünde bulundurarak karşılayabilmek için doğal kaynakların başında gelen orman ekosistemlerinden faydalanmanın planlanması gerekmektedir. Teknolojinin hızla gelişmesiyle orman ürünlerine karşı birçok ikame malın üretilmesine rağmen odun ürünlerine olan talebin giderek artması, bu planlamanın önemini arttırmaktadır (Bayburtlu, 2007).

Yararlanma sırasında, gelecek kuşakların orman ürün ve hizmetlerine olan gereksinimleri ve orman ekosistemlerinin sürekliliği göz ardı edilmemeli, yapılacak tüm planlar ve uygulanacak tüm müdahalelerde bu ölçütler kesinlikle dikkate alınmalıdır. Bunun için önerilebilecek çözümlerden birisi de her bir ağaçtan sağlanacak ürün çeşidi ve miktarının artırılmasıdır (Yavuz ve Sakıcı, 2002).

Bunun yanında, ormanlardan sürekli olarak yararlanmayı hedef alan bu planların hazırlanması ve uygulanmasında temeli oluşturan orman envanterinin gerçekleştirilebilmesi için meşcerelerin bugünkü yapısı ve dinamiği hakkında çok sayıda veri toplanması gerekmektedir. Envanter çalışmalarıyla meşcere hacminin belirlenmesinde, pratik olmaları da göz önünde bulundurulacak olursa, en büyük yardımcı ağaç hacim tablolarıdır (Saraçoğlu, 1988).

Ormancılıkta, tek ağaç hacminin istenen doğrulukta saptanması çok önemlidir. Gerçekte, tek ağacın sayısız doğal etkenler altında gelişerek, dönele bir cisim biçiminde oluşmasını ölçmek veya bunu kesin matematiksel bağıntılarla belirlemek olanaksızdır. Bununla beraber tek ağacın topluluktan belirli bir örnekleme yöntemi ile çekilmesi ve bu ağaca ait özelliklerden çap ve boyun rastgele değişkenler olarak varsayıp ölçülmesi, hacim için çeşitli matematiksel özelliklerle istatistiksel işlemler yürütme olanağı sağlamaktadır. Başka bir deyişle, her bir ağacın bilinen bir olasılıkla topluluktan çekilmesi, o topluluğun istenen parametrelerine ne şekilde yaklaşacağımızı belirler. Ormancılıkta ağaç ve ağaçların özelliklerine ait gerçek değerler genellikle bilinmemektedir. Örneğin,

alanı belli bir meşcerede gerçek tek ağaçların toplam hacim değerini hesaplamak için tekrarlanan sayısız tam ölçmelerin yapılması zorunludur. Bu gibi işlemler fazla zaman ve harcamayı gerektirdiğinden terk edilmiş, küçük modeller üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapılarak uygun yöntemler geliştirilmiştir (Şentürk, 1997). Ağaç hacmi, genellikle göğüs çapı ya da göğüs çapı ve boyun fonksiyonu olarak oluşturulan ağaç hacim denklemleri ile hesaplanmaktadır (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999).

Orman işletmelerinde işletme sermayesinin çok büyük bir bölümünü ağaç serveti oluşturmakta olup, tek ağaç ya da meşcerenin hacmi ile ağaç gövdesinden elde edilen odun sınıfı hacimlerinin doğru bir biçimde hesaplanması ormancılardan en önemli görevlerinden biridir (Şentürk, 1997). Bu, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde çok büyük önem taşımaktadır. Zira sürdürülebilir orman yönetimi büyüme miktarının tahmin edilmesini gerektirmektedir ve bu bilgiler üretim amacıyla orman alanlarının ayrılmasında ve ağaçların değerlendirilmesinde planlamacıya yol göstermektedir (Akindele and LeMay, 2006). Bu bağlamda dikili bir ağaç hacminin saptanması bugün de önemini koruyan güncel bir konudur.

Odun üretimi amacıyla işletilen bir orman alanından faydalanmanın temel ölçütü ticari standartlardır. Yıllardır kullanılan en genel ticari standartlar ise çap ve boydur. Geçmişte bu standartlar genellikle değişmez bir yapı göstermişlerdir. Ancak, çok sınırlı bir çeşitliliğe sahip bu standartlar kullanılabilirliklerini zamanla kaybetmişlerdir. Orman ürünlerine olan talep artışına paralel olarak ticari standartlar da hızla değişmektedir. Bu durumda, geçmişteki sabit standartlar doğrultusunda oluşturulan gövde hacmi eşitlikleri veya ağaç hacim tabloları yetersiz kalmaktadır (Yavuz ve Sakıcı, 2002).

Ağaç serveti meşceredeki her bir ağacın hacimleri toplamından oluşmaktadır. Tüm ağaç gövdeleri silindirik, paraboloid, koni ve naylonit gibi bilinen geometrik şekillere tam olarak benzemediğinden analitik yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplamak mümkün olmamaktadır. Buna karşın ağaç hacmini belirli bir hata miktarı ile tahmin eden pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanı "Ağaç Hacim Tabloları" yöntemidir (Yavuz ve Sakıcı, 2002).

Toplam gövde hacmi genellikle, ağaç hacim denklemleri ya da ağaç hacim tabloları ile hesaplanmaktadır. İhtiyaç duyulması durumunda, Ticari Hacim (Merchantable Volume) miktarları, toplam gövde hacim fonksiyonunu kullanan bir Hacim Oran Denklemi (Volume Ratio Equation) ile hesaplanabilmektedir. Alternatif olarak, dip kütükten itibaren gövde üzerindeki belirli çaplar ya da hacimler, Gövde Çapı Denklemi (Stem Taper Equation)

veya Gövde Profili Denklemi'nden (Stem Profile Equation) hesaplanmaktadır (Yavuz, 1995).

Tek ağaçların boyutlarına göre ortalama hacmini veren ağaç hacim tabloları, 19. yüzyılın başlarından beri kullanılmaktadır. Ağaç hacim tabloları; dallarıyla birlikte gövde ya da ağaç hacmini, gövde ya da toplam ağaç hacmini veya satılabilir gövde hacmini ve kabuklu ya da kabuksuz gövde hacmini tahmin etmeye yararlar. Almanya'da ilk geliştirilen ağaç hacim tabloları, satılabilirliğin alt sınırı olan 7 cm çapın üzerindeki ağaçların dallarıyla birlikte toplam ağaç hacmini vermekteydi. Buna rağmen çoğu ağaç hacim tablosu, enerji üretimi için ağaç hacminden yararlanmak amacıyla üretilmedikçe, dal hacmini içermemektedir. Modern eğilim ise toplam gövde hacmini tahmin eden hacim tabloları yapmak ve bu tabloların fonksiyonlarını geliştirmek yönündedir (Laar and Akça, 2007).

Ağaç hacim tabloları, genel olarak çok sayıda ağaçlardan oluşmuş bulunan meşcere hacimlerinin doğru olarak saptanmasında kullanılır. Belirli ağaç türü için yaş sınıfları da göz önüne alınarak yapılmaları daha sağlıklı sonuçlar alınması bakımından yararlı olsa da çap ve boy girişine göre düzenlenmekle yetinilir. Hacim tablolarındaki değerler çeşitli meşcere ilişkileri içinde yetişmiş gövdelerin ortalama hacimlerini belirlediklerinden, tablonun hazırlanmasında kullanılan materyalin alındığı meşcerelerin orta nitelikleri için çok daha iyi sonuçlar verirler (Şentürk, 1997).

Ağaç hacim tabloları bilgisayar imkanlarının olmadığı durumlarda kullanışlıdır. Ancak bilgisayar teknolojilerinin hızla geliştiği günümüzde, tahmin parametrelerinin bilgisayar hafızasında saklanabilmesi ve gerektiğinde geri alınabilmesi imkanı bulunduğu için ağaç hacim tabloları yerine ağaç hacim denklemlerini kullanmak tercih edilmelidir (Laar and Akça, 2007).

Bilindiği gibi ağaç hacmi (V), ağacın göğüs çapı (D), boyu (H) ve gövde şeklinin (F) bir fonksiyonudur. Ancak dikili haldeki bir ağacın gövde şeklini belirleyerek matematik ifadelerle ortaya koymak mümkün değildir. Bu nedenle halihazırda mevcut ağaç hacim tabloları genellikle ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı ve boyu arasında bir ilişki kurarak ağaç hacmini tahmin etmektedirler. Sadece göğüs çapını kullanan tek girişli ağaç hacim tabloları daha çok lokal bazda kullanılırken, göğüs çapına ek olarak ağaç boyunu da dikkate alan çift girişli ağaç hacim tablolarından ise genellikle bölgesel ya da genel bazda yararlanılmaktadır.

Orman ekosistemleri birçok önemli işleve sahiptirler. Bu işlevler içerisinde en önemli olanlarından biri de şüphesiz ki karbon depolama işlevidir. Bir orman ekosisteminin depoladığı karbon miktarı belirlenirken, o ormanın sahip olduğu biyokütle, bilinmesi gereken önemli unsurların başında gelmektedir. Biyokütlenin tahmini ise genellikle biyokütle dönüşüm faktörleri (BEF) yardımıyla dolaylı yoldan yapılmaktadır. Ağaç hacim tablolarından elde edilen hacim sonuçları, ilgili BEF ile çarpılarak herhangi bir orman ekosisteminin sahip olduğu biyokütle miktarı tahmin edilebilmektedir (Vallet et. al., 2006).

Ağaç hacim tablolarının hazırlanabilmesi için, bağımlı ve bağımsız değişkenler genellikle yersel ölçümlerle elde edilmektedir. Ancak günümüzde, özellikle de teknolojik imkanların gelişmesiyle, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının yardımıyla da ağaç hacim tablolarını düzenleyebilmek mümkün hale gelmiştir.

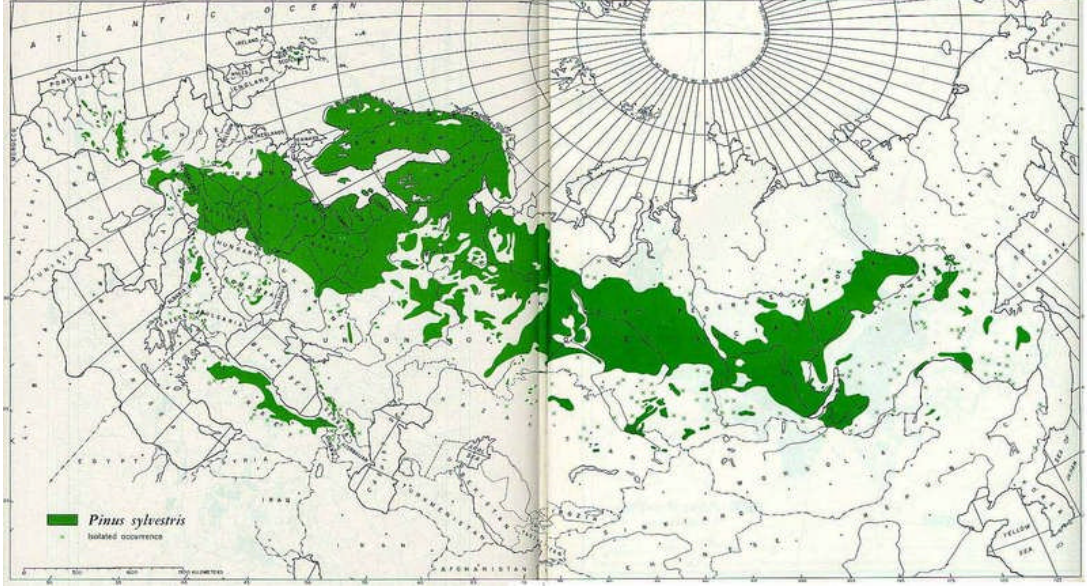
Yukarıda da değinildiği üzere meşcere hacminin hesaplanması, orman envanteri çalışmalarında halen önemini korumaktadır. Pratikte meşcere serveti ağaç hacim tablolarından yararlanılarak hesaplanmakta ancak çoğu durumda uygun hacim tablosuna ya da uygun hacim denklemine ulaşmak mümkün olamamaktadır. Bu da hatalı servet hesaplarının yapılmasına neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı; hem yayılış alanı bakımından hem de ekonomik değeri bakımından ülkemiz için önemli orman ağacı türlerinden biri olan sarıçam için güncel bir ağaç hacim tablosu geliştirerek, orman envanteri çalışmalarına katkıda bulunmaktır.

1.2. Sarıçam Hakkında Genel Bilgiler

1.2.1. Sarıçamın Doğal Yayılışı

Mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışı olan sarıçam, Avrupa ve Asya'da takriben 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda (37°-70° N ve 7°-137° E) çok geniş bir doğal yayılış alanına sahiptir. Kuzey sınırı, İskoçya, Norveç, İsveç ve Finlandiya'nın kuzeyinde 70 inci enlem derecesine kadar olan yerlerde, Sibiry steplerinde Sibiry Melezi ile birlikte iğne yapraklıların orman sınırını teşkil eder. Güney sınırı ise İspanya'da Pirene Dağları'nın yüksek kesimlerinde, Alpler'de, Karpatlar'da, serpilmiş durumda Yugoslavya ve Bulgaristan'da, Anadolu'da, Kırım ve Kafkaslar'da

bulunmaktadır (Alemdağ, 1967;Anonim, 1994). Sarıçamın dünyada en güney yayılışı Kayseri-Pınarbaşı mntıkasında 38°34' kuzey enlemidir (Demirci, 2006).



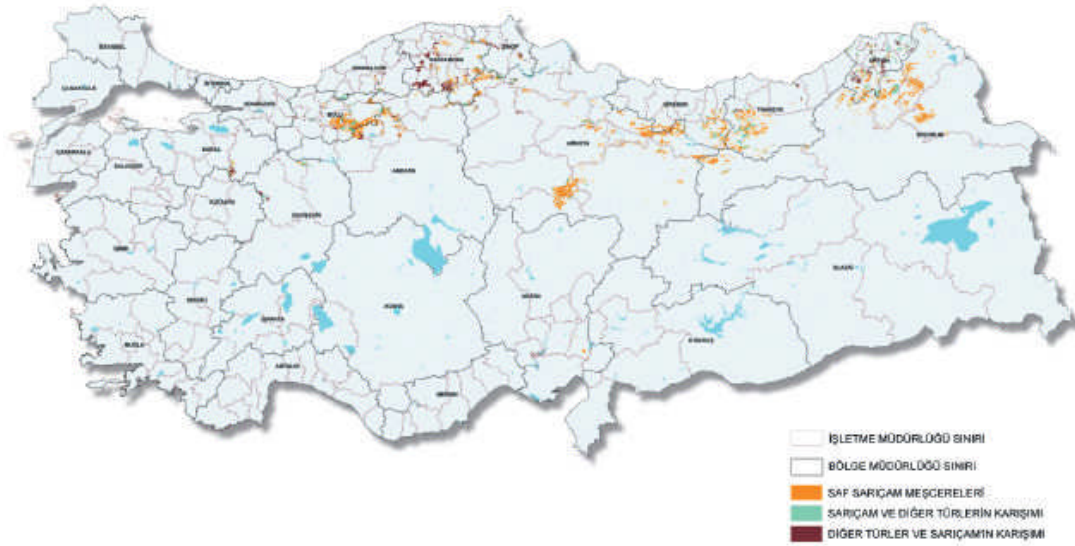
Şekil 1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)' ın Dünya'daki doğal yayılış alanı (URL-2)

Türkiye'de sarıçam, kuzeyde 41°48' N (Ayancık), güneyde 38°34' N (Pınarbaşı) enlem dereceleriyle, doğuda 43°05' E (Kağızman), batıda 28°50' E (Orhaneli) boylam dereceleri arasında bulunmaktadır. Ülkemizde Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı ve Orta Anadolu sarıçamın esas yayılış bölgeleridir. En yoğun yayılışını Kuzey Anadolu'nun iç mntıklarında yapar ve bu mntıklardan İç Anadolu'ya sarkar. Kuzey Anadolu mntıklarındaki ana yayılışı esas itibariyle deniz ikliminin ulaşamadığı sahil dağlarının iç taraflarında olmakla beraber yalnız Of-Sürmene arasında Çamburnu'nda küçük sahalar halinde denize kadar iner (Alemdağ, 1967; Demirci, 2006).

Sarıçam Karadeniz kıyı mntıkasının rutubetli doğusunda 2000 m'nin üzerinde yüksek yerlerde ve denize bakmayan taraflarda bulunur. Doğu Anadolu'nun kuzeyinde Sarıkamış, Göle ve Ardahan mntıklarında ortalama 2300 m yüksekliklerde iğne yapraklı ormanların büyük bir kısmını saf sarıçam ormanları oluşturur. Gümüşhane çevresinde Yazdar ve Diri Dağları'nda 2400 m'de, Erzincan çevresinde Spikör Dağı'nda 2500 m'de bulunur. En yüksek yayılışını Sarıkamış Ziyaret Tepesi'nde 2700 m'de yapar. Orta Anadolu'da dağların daha çok kuzey yamaçlarında 1000 m'den başlayarak ağaç sınırına

kadar uzanır. Güney yamaçlarında ise 1400-1500 m'lerden yukarılarda yer alır. Sarıçam ortalama olarak Türkiye'de 1000-2500 m'ler arasında yer almaktadır (Demirci, 2006).

Sarıçam ülkemizde toplam 1241083 ha alanda yayılış göstermekte ve bu geniş yayılış alanı ile sarıçam ülkemiz ormanlarının yaklaşık olarak %6'lık kısmını oluşturmaktadır. Dolayısıyla sarıçam bu özellik bakımından ülkemiz ormanlarını oluşturan ağaç türleri arasında üçüncü sırada bulunmaktadır (OGM, 2009). Saf halde ya da diğer ağaç türleriyle karışık olarak böylesine geniş bir yayılışı bulunması ve odunun çok çeşitli kullanım olanaklarına sahip olması Sarıçam türünü ülkemiz için çok önemli bir konuma getirmiştir (Alemdağ, 1967).



Şekil 2. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın Türkiye'deki doğal yayılış alanı (URL-1)

1.2.2. Sarıçamın Botanik Özellikleri

Yetiştirme ortamlarına göre 20-40 metre boylarında narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Aslında bu son özellikler ağacın yaşlılığı ile oluşur. Bazen de fakir topraklarda ve kayalıklarda, arktik bölgelerde çalı halinde, bodur biçimde bulunmaktadır (Alemdağ, 1967; Anşin, 2001).

Önemli bir anahtar özellik kabuktur. Kabuk genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kesimlerinde tilki sarımsı, kirli sarımsı kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir. Gövdenin altlarında ve yaşlı ağaçlarda önceleri sarı olan renk koyulaşmakta ve gri

kahverengi, kalın ve çatlaklı bir biçim almaktadır. Genç sürgünler önceleri yeşilimsi sarı, sonraları grimsi sarıdır ve tüysüzdür (Anşin, 2001; Davis, 1965).

Tomurcuklar uzun yumurta biçiminde, 6-12 mm uzunluğunda, kırmızı kahverengi ve az çok sivri veya küt uçlu, genellikle reçinesizdir. Ancak kurak yetiştirme yerlerinde tomurcuğun korunması amacıyla reçine ile örtülüdür. İğne yaprakların boyları yetiştirme yerlerine göre 3-8 cm'dir. Kısa sürgünlerde ikişer adet, sert, mavimsi yeşil renkte, uçları sivri batıcı ve kenarları ince dişlidir. Ortalarından dikkati çekecek şekilde kıvrıktır (Anşin, 2001; Davis, 1965).

Erkek çiçekler son senenin uzun sürgünlerinin diplerinde yer almakta, kükürt sarısı rengindedir. Polenlerini mayısta döker. Dişi çiçekler de erkek çiçeklerle aynı zamanda belirir ve sürgünlerin uçlarına doğru çevrel olarak dizilmiş yan tomurcuklardan oluşmaktadır. Teker teker bulunabildiği gibi, bazen de 2-3 adedi bir arada bulunurlar (Anşin, 2001).

Çiçek evresinde pembe, sonra yeşilimsi, olgun evrede ise mat koyu sarı olan kozalaklar saplıdır, aşağıya sarkarlar. Kozalaklar 3-6 cm uzunluğunda, dip tarafı çarpık, rengi ise boz mat ya da koyu sarıdır. Tohum küçük 3-4 mm, kanat kendisinden 3-4 kat daha uzundur (Anşin, 2001).

1.2.3. Sarıçamın Ekolojik Özellikleri

Sarıçam, Avrupa ve Asya kıtalarında 14700 km boyunda çok geniş bir şerit üzerinde yayılmaktadır. Yayılış alanlarında ekolojik özelliklerinin çeşitliliği, sarıçamın çok farklı ortamlarda yaşayabildiğini göstermektedir. Bir taraftan polar iklim kuşağına yaklaşırken, diğer taraftan subtropik iklim kuşağı içinde yayılış göstermektedir. Sarıçama, denizden yükseltisi 0-2700 m arasında olan çeşitli yükselti kademelerinde rastlanır. Genellikle dağlık bölgelerde yayılmakta ise de, yüksek ovalarda ve dar vadi tabanlarında da görülür. Sarıçam ormanları genellikle kuzey bakılı yamaçları tercih etmektedir ve çok eğimli (%18-36) ve orta eğimli (%10-17) yamaçlarda daha fazla bulunmaktadır (Anonim, 1994).

Sarıçamın yetiştiği yerlerde 2-9 aylık vejetasyon süresi olduğu, yıllık ortalama sıcaklığın 4-10 °C arasında bulunduğu; +40 °C ile -60 °C gibi ekstrem sıcaklıklara karşı duyarlı olmadığı ve ilkbahar donlarından etkilenmediği belirtilmektedir. Yine bu yayılış alanlarında yıllık yağış 400-600 mm ve kurak devre ise Temmuz ve Ağustos aylarında bulunmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi sarıçam kuraklığa dayanıklı olup fazla yağış

istememektedir. Sarıçam ormanlarında şiddetli rüzgarlar nedeniyle devrilme ve kırılma gibi zararlar görülebilmektedir (Anonim, 1994).

Sarıçam tipik bir ışık ağacıdır ve ışık isteği yetiştirme ortamının fakirleşmesi oranında artar. Ancak toprak isteği bakımından kanaatkardır. Çünkü sarıçam, bu geniş yayılışında çeşitli toprak ve anakayaların üzerinde bulunmaktadır. Gevşek, derin ve nemli kum toprakları bu türün isteklerine çok uyar. Büyümesi yavaşlamakla birlikte kuru kum ve çakıl topraklarında ve ıslak turbalıklarda bile gelişebilir. Değişken nemli topraklara, özellikle su taşmalarına karşı duyarlıdır (Çepel vd., 1977; Demirci, 2006).

Sarıçamın yetiştirme ortamlarında görülen toprak tipleri çeşitli olup, kireçli ve kireçsiz kahverengi (esmer) orman toprakları, regosoller, vertisoller, rankerler, rendzinalar, alüvyal topraklar ile flišler bunlara örnek olarak söylenebilir. Bununla birlikte Türkiye'deki sarıçam ormanlarının genel yayılışını kapsayacak şekilde yapılan bir çalışmada, %54'lük bir oranla en yaygın tekstürün kumlu killi balçık olduğu, geriye kalan %16'sının kumlu balçık, %14'ünün killi balçık, %13'ünün kil ve %3'ünün ise balçık tekstüründeki topraklar olduğu görülmüştür (Çepel vd., 1977).

1.2.4. Sarıçamın Silvikültürel Özellikleri ve Meşcere Kuruluşları

Sarıçamda derine giden kazık kök tipiktir. Bu bakımdan derin köklü ağaçlar sınıfındandır. Taze derin topraklarda kazık kök çok uzar ve köklerin yatay yönde yayılışı sınırlı kalır. Toprak besin maddelerince fakirleştikçe, köklenme sahası da o oranda genişler. Besin maddeleri ile birlikte toprak nemi de azaldıkça yan kökler çatallaşır ve yüzeye yakın toprak tabakasında uzun ince kökler halinde gövdeden uzak mesafelere kadar yayılır. Sarıçamın derin köklü olması meşcereleri fırtına tehlikesine karşı dayanıklı hale getirmektedir. Bu durum, bu ağaç türünün silvikültürel açıdan önemli hale getirmektedir. Doğal sarıçam meşcereleri, yüksek boylar yaparak çok sık ve sıkışık büyürler. Bu yüzden zamanında bakım işlemi uygulanmamış genç ve orta yaşlı meşcerelerde kar kırması, kar devirmesi ve hatta fırtına büyük zararlar yapar. Bunun yanında Çamkeseböceği (*Thaumetopoea pityocampa*) ve K.S.Ç. antenli yaprakarı (Neodiprion sertifer) iğne yapraklarda, büyük orman bahçevanı (*Blastophagus piniperda*) ve küçük orman bahçevanı (*B. minor*) böcekleri kabukta zararlı olurlar (Demirci, 2006).

Sarıçam, özellikle normal kapalı saf meşcerelerinin doğal yolla büyük alanlarda gençleştirilmesinde başarı vaat eder. Sarıçamın büyük miktalı siper işletmesiyle

gençleştirilmesi tekniğinde, onun ekolojik açıdan kanaatkar olması, gençliklerinin ileri derecede siper ihtiyacı duymaması, zengin tohum yıllarının sık olması gibi bazı silvikültürel özellikleri önemli rol oynar (Anonim, 1994).

Sarıçam ekstrem ve ekstreme yakın iklim (tipik kara iklimi) ve toprak koşulları (sığ, kuru, iskeletçe zengin ve genellikle fakir) altında saf ormanlar oluştururlar. Karışık sarıçam ormanları ise iklim bakımından, göknar, kayın, ladin, karaçam ve meşenin daha elverişli olduğu yörelerde bulunur. Titrek kavak ve birçok ağaççık ve çalı türleri de sarıçam meşcerelerini tür bakımından zenginleştirir. Işık ağacı olarak sarıçam, karışık meşcerelerin kurulmasına uygundur. Ancak gençlikte hızlı büyümesi ve bazı orijinleri itibariyle kötü şekiller (azmanlar) geliştirebilme özelliğinin oluşu zorluklar yaratabilmektedir (Demirci, 2006).

1.2.5. Sarıçam Odunun Anatomik Özellikleri

Yetiştirme muhiti odunun özellikleri üzerine çok etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Dağlık bölgelerde yetişen üstün özellikli odunlarda koyu renkli bir özodunu vardır. Alçak yerlerde yetişen üstün özellikli odunlarda da koyu renkli özodunu oluşur. Kötü yetiştirme koşullarında ise özodunu oluşmaz. Boyuna reçine kanalları enine, radyal ve teğet kesit düzlemlerinde çıplak gözle rahatlıkla görülür. İlkbahar odunu traheitlerinin radyal çeperlerindeki kenarlı geçitler çoğunlukla üniseridir. Yaz odunu traheitlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı geçitlere rastlanabilir. Özışınları üniseri ve heterojendir. Özışını paranzim hücrelerinin horizontal çeperleri bazen ince ve geçitsiz, bazen kalın ve geçitlidir. Enine traheitler marjinal ve ara durumludur ve çeperleri belirgin testere dişi gibi kalınlaşma içerir. Enine traheitler bol miktarda küçük kenarlı geçitlidir. Boyuna traheitlerle özışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Reçine kanalları normal boyuna ve enine kanallardır. Boyuna kanallar genellikle yaz odunu zonunda yer alır (Merev, 2003).

1.2.6. Sarıçam Odunun Teknolojik Özellikleri

Sarıçam odunu traheitlerinin uzunluğu en az 1.6 mm, en çok 5.7 mm ve ortalama 3.7 mm'dir. Sarıçam odununda, % 41.9 oranında selüloz, % 12.8 oranında heksozan, % 8.7 oranında pentozan, % 29.5 oranında lignin, % 3.2 oranında yağ ve % 1.3 oranında kül bulunmaktadır. Ancak bu kimyasal maddeler, ağacın çeşitli kısımlarında farklı miktarlarda bulunmaktadır. Ayrıca sarıçamın diri odununda % 4.19 oranında, özodununda ise % 9.17 oranında terebantın bulunmaktadır (Anonim, 1994).

Sarıçam odunun, ortalama olarak, tam kuru özgül ağırlık değeri 0.487 gr/cm^3 ve hacim ağırlık değeri ise 437 kg/m^3 tür. Yaşayan ağaçlarda mevcut olan odun rutubeti ağaç türü, ağacın yaşı, yetiştirme muhiti şartları ve mevsimlerle ilgili olarak değişik bulunmakla birlikte aynı ağacın diri odun ve özodunu kısımlarında da farklılıklar göstermektedir. Dikili haldeki sarıçam ağaçlarının odun rutubet miktarları diri odunda %130, özodununda ise % 50 oranındadır (Bozkurt, 1982). Odunsu hücre çeperi, tam kuru hal olan % 0 ile lif doygunluğu rutubet derecesi olan ortalama %30 rutubet miktarları arasında bünyesine su alarak hacmini genişletmekte ve aynı şekilde su kaybederek hacmini daraltmaktadır. Bu değişim miktarları odunun her yönünde aynı değildir. En büyük değişim yıllık halkalara teğet yönde meydana gelmektedir. Sarıçam odununun daralma miktarı; lif yönünde % 0.3, çap yönünde % 4.3, teğet yönde % 8.3 ve hacmen % 12.7 oranındadır. Sarıçam odunun ortalama yarıma direnci radyal yönde 9.1 kgf/cm^2 ve yıllık halkalara teğet yönde ise 9.5 kgf/cm^2 miktarındadır (Anonim, 1994). Bunun yanında, sarıçam odunun ortalama basınç ve eğilme direnci değerleri sırasıyla; 55.94 N/mm^2 ve 104.21 N/mm^2 dir (Keskin ve ark., 2003).

1.2.7. Sarıçam Odununun Kullanım Yerleri

Sarıçam iyi kaliteli gövdeler oluşturması ve kolay işlenebilir odunun oldukça geniş bir kullanım alanı olması açısından ekonomik olarak ülkemiz için oldukça önemli bir ağaç türüdür. Mantarlara karşı dayanma bakımından diğer ağaç türlerine göre üstünlük gösteren sarıçam odununu, eğilme ve basınç dirençlerinin oldukça yüksek, haber verme özelliğinin iyi ve geniş bir özodununa sahip olması nedenleriyle; elektrik, telefon ve maden direği, çit ve iskele kazığı yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca hafifliği ve iyi çivi tutması gibi

özellikleri nedeniyle inşaat iskelesi olarak da sarıçam odunundan yararlanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Anonim, 1994).

Bunların yanında sarıçam odunu doğal dayanma süresinin uzun oluşu nedeniyle travers, ısı iletkenliğinin kötü ve çivi tutma yeteneğinin yüksek olması nedeniyle inşaat yapımında döşeme amacıyla, köprü inşaatı, deniz araçları yapımı, ambalaj sanayi, mobilya ve tarım lif levha, yonga levha ve kontrplak gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır. Ancak sarıçam odununun reçineli oluşu kağıt hamuru üretiminde özel teknolojilerin kullanılmasını zorunlu kılmıştır (Bozkurt, 1971; Anonim, 1994).

Sarıçam odununun selüloz verimi % 42 civarındadır. Ek olarak destilasyon yoluyla elde edilen katran ve petrol, gemicilikte, tıpta ve emprenye işleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ortalama olarak % 13.5 oranında sepi maddesi içeren sarıçam kabuğu ise dericilikte ve yakacak amacıyla kullanılmaktadır (Anonim, 1994).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Türkiye’de oldukça geniş bir alanda doğal olarak yayılış gösteren ve önemli bir orman ağacı türü olan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) için ağaç hacim tablosu düzenleyebilmek amacıyla Sarıçam meşcerelerinden örnek ağaçlar alınmıştır.

2.1. Materyal

2.1.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Nitelikleri

Bilindiği gibi herhangi bir ağaç türü için ağaç hacim tablosu düzenleyebilmek amacıyla ilgili türün doğal olarak yayılış gösterdiği meşcerelerden yeterli sayıda ve nitelikte örnek ağaçlar seçilmelidir. Bu amaçla seçilecek ağaçlar mümkün olduğu kadar sağlıklı, düzgün gövdeli, canlı, sağlam tepeli ve budanmamış olmalıdır. Bunun yanında örnek ağaçlar değişik çap ve boy kademelerine de mümkün olduğunca eşit sayıda dağıtılmalıdır.

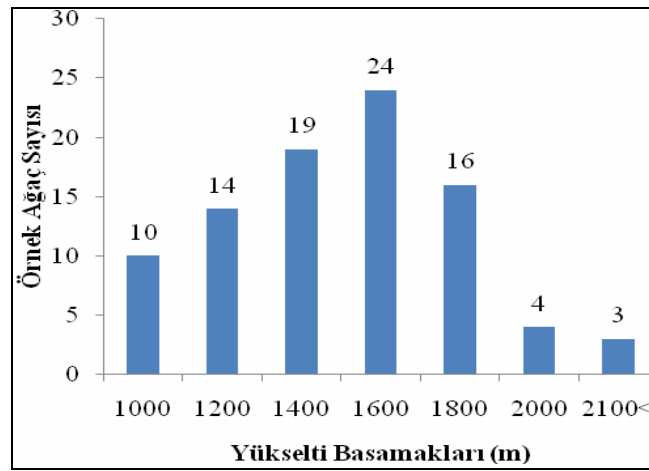
Bu çalışmada kullanılan örnek ağaçların seçiminde de aynı koşulların sağlanmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca seçilen örnek ağaçlar, hacim sonuçlarında görülmesi muhtemel varyasyonları yansıtabilecek şekilde; bakı, eğim ve yükselti gibi değişik ekolojik özelliklere ve farklı meşcere özelliklerine sahip alanlardan seçilmiştir. Bu şekilde toplam 90 adet örnek ağaç belirlenerek gövde analizi uygulaması yapılmıştır. Gövde analizi sonucunda elde edilen 965 adet veri ise ağaç hacim tablosunun yapımında kullanılmıştır. Gövde analizi yapılan örnek ağaçlara ilişkin kimi istatistiki değerler Tablo 1’de ve örnek ağaçların işletme şefliklerine dağılımı Tablo 2’de gösterilmiştir. Bunun yanında ilgili örnek ağaçların alındığı meşcerelerin yükselti basamaklarına, eğim gruplarına ve bakı gruplarına dağılımı da sırasıyla Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Gövde analizi yapılan örnek ağaçlara ilişkin kimi istatistikî değerler

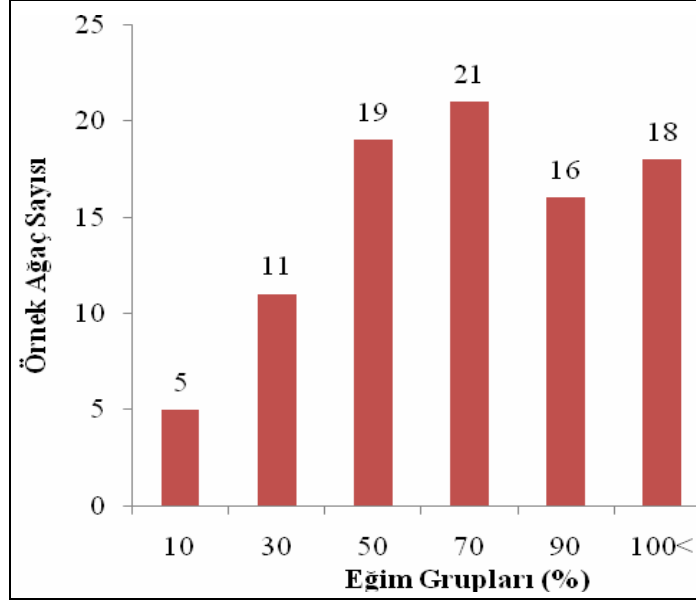
	Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)	Yaş (yıl)
Minimum	5.2	4.00	11
Maksimum	66.4	35.10	190
Ortalama	30.1	17.80	80.9
Standart Sapma	16.3	7.91	48.5

Tablo 2. Örnek ağaçların işletme şefliklerine dağılımı

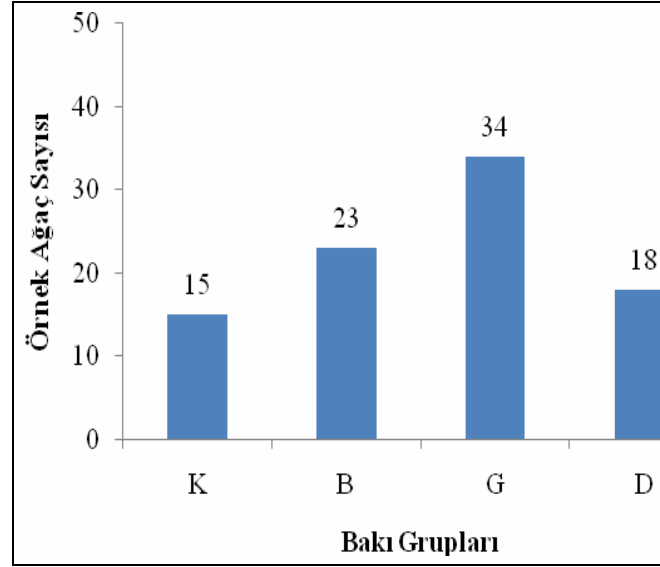
Bölge Müdürlüğü	İşletme Müdürlüğü	İşletme Şefliği	Adet
Sinop	Ayancık	Çangal	7
Bolu	Gerede	Koroğlu	1
Bolu	Gerede	Dörtdivan	1
Bolu	Mengen	Yalakkuz	3
Erzurum	Göle	Yalnızçam	1
Zonguldak	Dirgine	Çaldere	1
Amasya	Vezirköprü	Kunduz	11
Artvin	Artvin	Zeytinlik	3
Artvin	Artvin	Tütüncüler	3
Artvin	Borçka	Borçka	30
Kastamonu	Karadere	Karadere	4
Kastamonu	Karadere	Handüzü	5
Kastamonu	Karadere	Akkaya	16
Kastamonu	Taşköprü	Taşköprü	4
Toplam			90



Şekil 3. Örnek ağaçların alındığı meşcerelerin yükselti basamaklarına dağılımı



Şekil 4. Örnek ağaçların alındığı meşcerelerin yükselti basamaklarına dağılımı



Şekil 5. Örnek ağaçların alındığı meşcerelerin yükselti basamaklarına dağılımı

2.1.2. Örnek Ağaçlarda Yapılan Ölçümler

Sarıçam meşcerelerinden seçilen tüm ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kestirilerek mümkün olduğunca düzenli bir şekilde (0.3 m, 1.3 m, 3.3 m gibi) gövde analizi kesitleri alınmıştır. Ancak özellikle orman işletmelerinin üretim politikalarının izin

vermediği durumlarda işletme uygulamalarına göre kesitler alınmıştır. Bunun ardından en uygun hacim modelinin belirlenmesi amacıyla büro çalışmalarına geçilmiştir.

Bilindiği gibi uygun hacim modeli seçildikten sonra, belirlenen modelin uygunluğunun test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla söz konusu 90 adet örnek ağacın kesim yaşındaki kabuklu değerleri hacim modellerinin uygunluğunun kontrolü amacıyla ayrılmıştır. Gövde analizi yardımıyla türetilen 965 adet ağaç ise uygun hacim modelinin geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Hacim tablosunun yapımında ve geçerliliğinin kontrolünde kullanılan örnek ağaçlara ilişkin kimi istatistikî değerler Tablo 3’de verilmiştir. Ayrıca model ve kontrol verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı da sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 3. Model ve kontrol verilerine ilişkin kimi istatistikî değerler

	Model Verileri			Kontrol Verileri		
	Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)	Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m ³)
Minimum	1.3	1.50	0.0002	5.2	4.00	0.0075
Maksimum	69.0	35.10	4.5524	66.4	35.10	4.7921
Ortalama	18.4	11.56	0.3292	30.1	17.80	0.9330
Standart Sapma	12.7	7.46	0.6090	16.3	7.91	1.1146

Tablo 4. Model verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çaplar (cm)	Boylar (m)																	Σ	
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33		35
2	49	39	3																91
6	3	66	43	13															125
10		13	50	47	32														142
14		1	11	27	41	34	8		2										124
18			3	10	20	31	32	19	10	1									126
22				3	5	12	23	23	14	16	1								97
26						6	12	16	20	13	10	1							78
30							2	6	9	13	10	11	2						53
34									3	7	11	5	6	3					35
38								2	4		3	10	6	2	2				29
42									3			1	6	5	2	1			18
46								1					6	3	4				14
50													3	6	1				10
54														4	3			1	8
58														3	1	1			5
62														1	1	3			5
66															2	1	1		4
70															1				1
Σ	52	119	110	100	98	83	77	67	65	50	35	28	29	27	17	6	1	1	965

Tablo 5. Kontrol verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çaplar (cm)	Boylar (m)															Σ			
	5	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35				
6	3	1																	4
10	3	5	4																12
14		2	3	1		1													7
18		1	1	2		1													5
22				3	3	1	1												8
26				4	1	3	1			1									10
30				2	2		1		1										6
34							1	3	4	2									10
38									1	2									3
42					2	2	1				1		1						7
46									2				1		1				4
50										1									1
54										1		1	2	1	1	1			7
62											1	1			1				3
66													1	1	1				3
Σ	6	9	8	12	8	8	5	5	7	7	3	4	3	4	1				90

2.2. Yöntem

2.2.1. Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi

Ağaç hacim tabloları, dikili bir ağacın göğüs çapı, göğüs çapı-boy veya göğüs çapı-boy-şekil katsayısı gibi değişkenlere göre, kalın odun hacmini ya da ticari hacmini veren tablolarıdır. Bu tablolar; ağaç türü, yaş sınıfı, göğüs çapına göre veya göğüs çapı ve boya göre düzenlenmiş tablolarıdır. Bu tablolar sadece göğüs çapına göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Tabloları (Single Entry Volume Tables veya Tariff Tables)” adını alıp belirli bir yöre için yapılır. Göğüs çapı ve boya göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Tabloları (Double Entry Volume Tables)”, göğüs çapı ve boya ek olarak üç ya da daha fazla değişkene göre (şekil katsayısı, tepe yüksekliği, tepe uzunluğu, tepe uzunluğunun ağaç boyuna oranı ve gövdenin belirli bir yükseklikteki çapı (örneğin d_6 , d_7) gibi değişkenler) düzenlendiklerinde “Çok Girişli Ağaç Hacim Tabloları (Multiple Entry Volume Tables)” olarak adlandırılmaktadırlar (Loetsch et al., 1973; Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1995; Şentürk, 1997; Bayburtlu, 2007).

Yukarıda bahsedilen bağımsız değişkenlere ek olarak bazı çalışmalarda farklı bağımsız değişkenler de kullanılmıştır. Örneğin Vallet et. al., (2006) Fransa’da 7 farklı orman ağacı türü üzerinde yaptıkları çalışmada ağaç hacmini iki bağımsız değişkene göre tahmin etmişlerdir. Ancak burada ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı yerine, ağacın göğüs yüksekliğindeki çevresinden yararlanmışlardır.

Tek girişli ağaç hacim tabloları, 19. yüzyılın sonlarına doğru Fransa’daki değişik yaşlı ormanların ve İsviçre’deki değişik yaşlı karışık ormanların planlanması için geliştirilmiştir. “Tariff” olarak da adlandırılan ve hacmi sadece göğüs çapına göre tahmin eden bu tablolardan elde edilen hacim değerleri ile gerçek hacim değerleri arasında belirli sapmalar görülmektedir (Laar and Akça, 2007). Tek girişli ağaç hacim tablolarının hata miktarı % 10-15 (en fazla % 40) olmaktadır. Hacmi böylesine hatalı miktarlarda tahmin etmelerine rağmen, meşcere ölçümlerinde çok fazla sayıda ağacın ölçülmesi söz konusu olduğundan + ve – yönündeki hataların birbirini sıfırlayacağı ve böylece toplam hatanın azalacağı düşüncesiyle, uygulamada tek girişli hacim tabloları kullanılmaktadır (Fırat, 1973; Eler, 2003).

Çift girişli ağaç hacim tabloları geniş coğrafi bölgelerdeki orman envanteri çalışmalarında kullanılabilir olduğu halde, özgün silvikültürel işlemlerin ya da yetiştirme

ortamı koşullarının bulunduğu alt bölgeler için de benzer tablolar geliştirilmelidir (Laar and Akça, 2007). Göğüs çapına ek olarak ağaç boyunu da bağımsız değişken olarak kullanan çift girişli ağaç hacim tablolarının hata miktarı ise ortalama olarak % 3-6 (en fazla % 15) civarındadır (Firat, 1973).

Bazı çalışmalar; tepe başlangıç yüksekliği, ağaç boyunun % 30'undaki gövde çapı ya da yerden 7 m yükseklikteki gövde çapı gibi üçüncü bir bağımsız değişkenin ağaç hacmini daha doğru bir şekilde tahmin ettiğini belirtmektedir. Bu nedenle üç ya da daha fazla bağımsız değişken yardımıyla ağaç hacmini tahmin eden çok girişli ağaç hacim tablolarını envanter çalışmalarında kullanılması önerilmektedir (Laar and Akça, 2007).

Ağaç türü belirlendikten sonra, yalnız tek girişli ağaç hacim tabloları hızlı bir orman envanteri için çok yararlıdır. Sadece göğüs çapı ile ilişkili olarak oluşturulan bu tablolarda kesin bir çap-boy ilişkisi varsayımından hareket edilmektedir. Daha açık olarak, bir çap kademesindeki tüm ağaçların aynı boy ve şekil katsayısına sahip oldukları kabul edilmektedir. Çift girişli ağaç hacim tablolarında, göğüs çapına ek olarak ağaç boyunun da kullanılması tek girişli ağaç hacim tablolarına göre daha iyi sonuçlar verse de gövde şeklindeki varyasyonları hesaba katmamaktadırlar (Avery, 1967; Loetsch et al., 1973; Yavuz, 1995).

Ağaç hacim tabloları geçerlilik alanının büyüklüğüne göre de Yöresel, Bölgesel ve Genel (Standart) Hacim Tabloları olarak adlandırılmaktadır. Yöresel tablolar belli bir yöre için düzenlenen tek girişli hacim tablolarıdır. Bu tablolar sadece düzenlenmiş oldukları orman bölgesindeki belirli bir ağaç türü, yetiştirme ortamı ve meşcere tipi için geçerli olabilirler. Başka bir yörede veya meşcere tipinde kullanılmaları doğru değildir (Kalıpsız,1984). Bazı durumlarda; benzer gövde şekline sahip ağaç türleri için ortak ağaç hacim tablosu üretilmektedir. Hatta bazen iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç türleri için de ortak birer hacim tablosu yapılabilmektedir (Avery, 1967; Kalıpsız, 1984).

Bölgesel Hacim Tabloları belirli bir ağaç türü için göğüs çapına ve ağaç boyuna göre düzenlenen çift girişli tablolardır. Ülke çapında düzenlenirler ve o ağaç türü için kullanılabilirler. Ancak bu tabloları kullanmadan önce, ölçümü yapılan meşcereye uygunluğunun kontrol edilmesi gerekir (Şentürk, 1997; Bayburtlu, 2007).

Genel (Standart) Hacim Tabloları belli türler, hatta bazen tüm ağaç türleri için ortak hazırlanmış ve her yerde kullanılacak bir dizi halindeki tek girişli hacim tablolarıdır. Ancak, bunları kullanmadan önce hacimlendirilecek ağaçların bulunduğu meşcerenin tarife numarasının bilinmesi gerekmektedir. Tarife numarası, tablonun özelliğine göre ya

meşcere orta ağacının göğüs çapına ve orta boyuna göre düzenlenen ikinci bir tablodan alınmakta ya meşcerede en çok ağaç bulunan çap basamağından kesilen birkaç örnek ağaç üzerinden hesaplanan ortalama hacme uygun sütun olarak bulunmakta ya da meşcerede ağaç sayısının 1/10 veya 1/15 oranında kesilen örnek ağaçların her birinin uyduğu tarife numaralarının aritmetik ortalaması olarak hesaplanmaktadır (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984).

Homojen yetiştirme ortamı ya da meşcere sıklık koşullarına sahip alanlar için bir hacim tablosu, toprak ve topoğrafik yapı değişiyorsa, her bir yetiştirme ortamı için ayrı birer hacim tablosunun düzenlenmesi önerilmektedir (Loetsch et al., 1973; Şentürk, 1997).

Bir tür ya da türler grubu için hacim denklemi oluşturmadan önce, eğer daha önce bu tür ya da tür grubuna ilişkin herhangi bir hacim denklemi ya da tablosu varsa, bunların ne derece eksik ya da hatalı olduğunun saptanması önerilmekte ve küçük bir alandan alınan verilerle düzenlenmiş olan hacim denklem ve tablolarının, orijinal alanlardan daha geniş alanlarda uygulanması nedeniyle sistematik hata yapıldığı belirtilmektedir (Loetsch et al., 1973; Saraçoğlu, 1988).

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi amacıyla değişik yöntemler kullanılmaktadır. Spurr, bu yöntemleri “Doğrudan Yöntemler” ve “Dolaylı Yöntemler” olarak sınıflandırmıştır. Dolaylı yöntemde ağaç hacim tablosu yapılacak ağaç türünün göğüs boyu şekil katsayısı çeşitli çap ve boy basamakları için hesaplanır. Ardından bu şekil katsayıları kullanılarak ağaç hacimleri bulunmaktadır. Miraboğlu, ülkemizdeki göknar türleri için düzenlediği ağaç hacim tablolarında bu yöntemi kullanmıştır. Ağaç hacim tabloları doğrudan yöntemle düzenlenirken ise şekil katsayısı kullanılmamakta; bunun yerine hacim, göğüs çapı ve ağaç boyu ile doğrudan ilişkiye getirilmektedir (Alemdağ, 1962; Asan, 1984).

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde ağaçlar üzerindeki ölçümlerden sağlanan verilerin dengelenmesi söz konusu olup, bunun için “Grafik Yöntem” ya da istatistiksel bir yöntem olan “Regresyon Analizi” yönteminden yararlanılmaktadır (Loetsch et al., 1973; Kalıpsız, 1984; Şentürk, 1997). Dengeleme işleminde daha önce denenmiş ya da denenmemiş aritmetik ve logaritmik denklemler uygulanmaktadır. Matematik yöntem grafik yöntemine göre daha objektiftir ve hacmi belirlemek için seçilen denkleme belirli verileri uygulayan herkes aynı sonuçları elde eder (Kalıpsız, 1984; Şentürk, 1997).

Bu çalışmada da sarıçam ağaç türü için ağaç hacim tablosu geliştirmek amacıyla, matematik yöntemden yararlanılmıştır.

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde üç aşama söz konusudur. Bu aşamalar;

- 1- Yeterli sayıda ve uygun örnek ağaç seçimi,
- 2- Hacim denklemlerinin oluşturulabilmesi için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ölçümü,
- 3- Farklı istatistikî modellerin test edilmesi ve en uygun hacim denkleminin seçimi.

şeklinde sıralanmaktadır (Loetsch et al., 1973).

Bir hacim denkleminin oluşturulabilmesi için dikili ya da kesilmiş halde kaç adet örnek ağacın ölçülmesi gerektiği sorusunun basit bir cevabı yoktur. Herhangi bir türe ait yöresel bir ağaç hacim tablosu geliştirebilmek için bir görüşe göre 30-100 adet örnek ağaç (Avery, 1967), diğer bir görüşe göre ise 50-100 adet örnek ağaç (Loetsch et al., 1973) üzerinde ölçüm yapılması gerektiği belirtilmektedir. Ancak seçilen örnek ağaçlar tüm çap ve boy basamaklarına dağıtılmış olmalıdır. Daha geniş bölgelerde kullanılacak olan bir ağaç hacim denklemi ya da tablosu için tüm yetişme ortamları ve yaş ögesini de içermesi açısından birkaç yüz ya da birkaç bin örnek ağaca ihtiyaç duyulabilir. Ekolojik farklılıkların olduğu yerlerde de her ekolojik tip için ayrı hacim denklemleri geliştirilmesi uygun olur. Orman envanterinde öncelikle örnekleme yapıldığı için, örnekleme alanlarında tüm alanı temsil eden örnek ağaçların seçimi, alanın merkezine en yakın iki ağacın alınması şeklinde sonuçlanabilir. Veri toplamak için örnek ağaçlar genel olarak kesilmektedir. Ancak ölçümler dikili ağaçlar üzerinden yapılmaktadır. Eğer örnek ağaçlar kesilirse bağımsız değişkenlerin daha hatasız ölçülmesi garanti altına alınacaktır. Bağımlı değişken olan ağaç hacmi ise kural olarak bölümleme yöntemiyle hesaplanmalıdır (Loetsch et al., 1973).

Bu çalışmada da örnek ağaçların hacmi hesaplanırken “Smalian Hacim Formülü” kullanılarak bölümleme yönteminden yararlanılmıştır. Buna göre ağaç hacim modellerinde bağımlı değişkeni oluşturacak olan, örnek ağaçların hacmi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned}
 V = & ((\pi / 4) * d_{0,3}^2 * 0.30) + ((\pi / 4) * ((d_{0,3}^2 + d_{1,3}^2) / 2)) + \dots + \\
 & + (((\pi / 4) * ((d_{1,3}^2 + d_{3,3}^2) / 2)) * 2) + (((\pi / 4) * ((d_{k-1}^2 + d_k^2) / 2)) * 2) + \dots + \\
 & + ((\pi / 4) * d_k^2 * \ell)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Burada; V, ağacın hacmini, $d_{0,3}$, $d_{1,3}$, $d_{3,3}$, ..., d_k yerden sırasıyla 0.3 m, 1.3 m, 3.3 m gibi düzenli mesafelerle ölçülen gövde çaplarını ve ℓ ise ağacın uç parça boyunu ifade

etmektedir (Özçelik et al.,2009). Ancak burada kullanılan göğüs çaplarının ve sonuçta elde edilen ağaç hacimlerinin kabuksuz olduğu unutulmamalıdır.

Dünyada ağaç hacim tabloları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, farklı araştırmacıların farklı ağaç türleri için oldukça değişik sayıda örnek ağaçtan yararlandığı görülmektedir. Örneğin; Pilsbury ve Reimer, 1997 yılında Kaliforniya’da kentsel ağaçlandırma amacıyla kullanılan 10 farklı ağaç türü için ağaç hacim denklemi geliştirmek amacıyla her ağaç türü için 50’şer adet örnek ağaç kullanmıştır (Pilsbury and Reimer, 1997). Brooks ve ark., 2008 yılında Mut Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yayılan kızılçam, toros sediri ve toros göknarı türleri için ağaç hacim denklemi geliştirmek amacıyla sırasıyla; 127, 78 ve 82 adet örnek ağaçtan yararlanmıştır (Brooks et. al., 2008). Turski ve ark., 2008 yılında Polonya’da tıraşlama işletilen saf sarıçam meşcerelerinden aldığı 750 adet örnek ağaç ile ağaç hacim denklemi geliştirmiştir (Turski et. al., 2008). Akindele ve LeMay, 2006 yılında Nijerya yağmur ormanlarında yetişen ekonomik değeri yüksek 77 ağaç türü için toplam 2391 adet ölçüm yaparak ilgili türler için ağaç hacim denklemleri geliştirmiştir (Akindele and LeMay, 2006). Son olarak, Kurinobu ve ark., ise Endonezya’nın Doğu Java bölgesindeki *Paraserianthes falcataria* türü için 172 adet örnek ağaçtan yararlanarak ağaç hacim denklemi geliştirmiştir (Kurinobu et. al., 2007).

Ülkemizde günümüze kadar düzenlenmiş olan ağaç hacim tabloları; ağaç türü, bölge, kullanılan örnek ağaç sayısı, ortalama hatası veya çoğul korelasyon katsayısı ve hangi araştırmacı tarafından düzenlendiği Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Ülkemizde günümüze kadar düzenlenmiş olan ağaç hacim tabloları

Ağaç Türü	Bölgesi	Örnek Ağaç Sayısı	Yöntemi	R ²	MH %	Düzenleyen ve Düzenleme Tarihi
Kızılçam	Güney Anadolu	361	Matematik		9.0	Alemdağ (1962)
Kızılçam	Genel (Türkiye)	1160	Matematik	0.963		Sun (1978)
Sarıçam	Bolu	129	Grafik			Erkin (1948)
Sarıçam	Genel (Türkiye)	390	Matematik		10.0	Alemdağ (1967)
Sarıçam	Genel (Türkiye)	540	Matematik	0.990		Sun (1978)
Karaçam	Genel (Türkiye)	6295	Grafik			Gülen (1959)
Karaçam	Batı-Güney Anadolu	1113	Matematik	0.996		Sun (1978)
Karaçam	Kuzey Anadolu	450	Matematik	0.943		Sun (1978)
Gök nar	Kuzey Anadolu	4213	Matematik			Miraboğlu (1955)
Gök nar	Kuzey Anadolu	318	Matematik			Miraboğlu (1955)
Gök nar	Genel (Türkiye)	1258	Matematik	0.909		Sun (1978)
Gök nar	Balıkesir	368	Matematik		8.7	Asan (1984)
Gök nar	Batı Karadeniz		Matematik	0.994	6.7	Saraçoğlu,Ö. (1993)
Ladin	Genel (Türkiye)	775	Matematik	0.990		Akalp (1978)
Ladin	Genel (Türkiye)	309	Matematik	0.994		Sun (1978)
Sedir	Genel (Türkiye)	1027	Grafik			Evcimen (1963)
Sedir	Genel (Türkiye)	754	Matematik	0.905		Sun (1978)
Ardıç	Genel (Türkiye)	1780	Matematik		5.7	Aykın (1978)
Meşe	Trakya	308	Grafik			Eraslan (1954)
Kayın	Genel (Türkiye)	3556	Grafik			Kalıpsız (1962)
Kayın	Genel (Türkiye)	400	Matematik	0.999		Sun (1978)
Ökalyptus	Tarsus	333	Grafik			Fırat-Kalıpsız (1963)
Melezkavak	Genel (Türkiye)	540	Matematik	0.999		Birler (1983)
Karakavak	Genel (Türkiye)	499	Matematik			Birler (1984)
Kızılağaç	Doğu Karadeniz	510	Matematik		8.7	Saraçoğlu,N. (1988)
Ökalyptus	Adana-Mersin	928	Matematik			Birler vd. (1995)
Sarıçam	Taşköprü	379	Matematik		7.8	Yavuz (1995)
Karaçam	Taşköprü	431	Matematik		9.3	Yavuz (1995)
Kestane	Batı Karadeniz	182	Matematik	0.984	13.6	Özcan (1997)
Dişbudak	Genel (Türkiye)	391	Matematik	0.964	10.1	Şentürk (1997)
Toros Gök narı	Akdeniz	604	Matematik	0.994	7.7	Bozkuş-Carus (1997)
Sedir	Akdeniz	260	Matematik	0.995	7.7	Bozkuş-Carus (1997)
Kestane	Genel (Türkiye)	691	Matematik	0.800	13.2	Kapucu vd. (2001)
Titrekkavak	Genel (Türkiye)	495	Matematik	0.990	13.2	Bayburtlu (2007)
Sahil Çamı	Sinop	1309	Matematik	0.981	7,9	Ercanlı vd (2008)

R²: Belirtme Katsayısı, % MH: Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde oldukça fazla sayıda ve karmaşık modeller kullanılmaktadır. Bu modellerden en çok kullanılanları Tablo 7’de verilmiştir. Böylesine karmaşık ve çok sayıdaki modellerin parametrelerinin hesaplanması, her ne kadar günümüzde bilgisayar teknolojileri kullanımıyla kolaylaşıyor olsa da, oldukça fazla zaman ve emek isteyen hesaplamalar yapmayı gerektirmektedir.

Tablo 7. En çok kullanılan hacim fonksiyonları (Loetsch et al., 1973).

Bağımsız Değişken	Yazar	Formül
d	Kopezky-Gehrhardt Dissescu-Meyer Hohenadl-Krenn Berkhout Yöresel Hacim T. (Husch1963) Brenac	$V = b_0 + b_1 d^2$ ($V = b_0 + b_1 g$) $V = b_1 d + b_2 d^2$ $V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$ $V = b_0 d^{b_1}$ $\log V = b_0 + b_1 \log d$ $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2(1/d)$
d, h	Sabit Şekil Katsayısı (Spurr) Birleşik Değişken (Spurr) Ogaya Stoate (Avustralya) Naslund (Ladin) Meyer (Kapsamlı) Meyer (Değiştirilmiş) Takata Schumacher-Hall Spurr 1952 Orman Araştırma Enstitüsü Baden-Wuerttemberg	$V = b_1 d^2 h$ $V = b_0 + b_1 d^2 h$ $V = d^2 (b_0 + b_1 h)$ $V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h$ $V = b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 h^2$ $V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h + b_5 h$ $V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h$ $V = d^2 h / (b_0 + b_1 d)$ $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h$ $\log V = b_0 + b_1 \log d^2 h$ $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log d^2 + b_3 \log h + b_4 \log h^2$
d, h, h _c ve/ya da B	Naslund (Güney İsviçre) Ladin Naslund (Güney İsviçre) Çam Naslund (Güney İsviçre) Huş	$V = b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 h^2 + b_5 d^2 h_c$ $V = b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 d^2 h_c + b_5 d h B$ $V = b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 h^2 + b_5 d h B$
d, h ve k _i ya da d _i ya da d _{0,3h}	Spurr (Kısıtlanmış) Spurr (Birleşik Değişken) Schiffel Ogaya Pollanschütz Schmid Spurr (Şekil Çapı) Spurr (Birleşik Değişken)	$V = b_0 + b_1 k_i d^2 h = b_0 + b_1 d d h$ $V = b_0 + b_1 k_i + b_2 d^2 h + b_3 k_i d^2 h$ $V = d^2 h (b_0 + b_1 k_i + b_2 (1/k_i h))$ $V = b_0 + b_1 d_{0,5h} d h$ $V = (\pi/4)(b_0 d^2 h + b_1 d d_{0,3h} h + b_2 h^2)$ $V = b_0 + b_1 d + b_2 h + b_3 d_7 + b_4 d h + b_5 d^2 + b_6 h^2 + b_7 d_7^2 + b_8 h d_7^2 + b_9 d^2 d_7 + b_{10} d h^2 d_7$ $\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 \log d_i$ $\log V = b_0 + b_1 \log(d_i d h)$

Bu çalışma kapsamında ağaç hacim tablolarının düzenlenebilmesi için yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen modeller ve ayrıca bunlara ek olarak iyi sonuçlar vereceği düşünülen kimi modeller denenmiştir.

Tek girişli ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi için aşağıdaki denklemler denenmiştir.

$$V = b_0 + b_1 D^2 \text{ (Kopezky-Gehrhardt, 1899)} \quad (2)$$

$$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 \text{ (Hohenadl-Krenn, 1899)} \quad (3)$$

$$V = b_1 D + b_2 D^2 \text{ (Dissescu 1956; Meyer, 1952)} \quad (4)$$

$$V = b_0 D^{b_1} \text{ (Berkhout, 1923)}$$

Doğrusal halde

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D \quad (5)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 (1/D) \text{ (Brenac)} \quad (6)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{log}D)^4 \quad (7)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{log}D)^2 \quad (8)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{log}D)^4 + b_2 (1/D) \quad (9)$$

$$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 D + b_3 (1/D) \quad (10)$$

$$V^{(1/2)} = b_0 + b_1 D \quad (11)$$

$$V = e^{(b_0 + b_1 (D / (b_2 + D)))} \quad (12)$$

Çift girişli ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi için aşağıdaki denklemler denenmiştir.

$$V = b_1 D^2 H \text{ (Constant Form, S. G. Spurr, 1952)} \quad (13)$$

$$V = b_0 + b_1 D^2 H \text{ (Combined Variable, S. G. Spurr, 1952)} \quad (14)$$

$$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 H + b_3 D^2 H \text{ (Generalized Com. Var.)} \quad (15)$$

$$V = b_0 D^{b_1} H^{b_2} \text{ (Logaritmik, Schumacher-Hall, 1953)}$$

Doğrusal halde

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{log}D + b_2 \text{Log}H \quad (16)$$

$$V = D^2 / (b_0 + b_1 H^{-1}) \text{ (Honer Transformed Variable)} \quad (17)$$

$$V = D^2 (b_0 + b_1 H) \text{ (Ogaya, 1968)} \quad (18)$$

$$V = b_1 D^2 + b_2 DH^2 + b_3 D^2 H \quad (19)$$

$$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 H + b_4 D^2H \quad (20)$$

$$V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2 + b_3 DH + b_4 D^2H \text{ (Meyer, 1953)} \quad (21)$$

$$V = (D^2H) / (b_0 + b_1 D) \text{ (Takata)} \quad (22)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}(D^2H) \text{ (Log. Com. Var., S. H. Spurr)} \quad (23)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^2 + b_2 (\text{Log}H)^2 \quad (24)$$

$$V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 DH^2 + b_3 D^2H \quad (25)$$

$$V = b_1 D + b_2 D^2 + b_3 H + b_4 DH + b_5 D^2H \quad (26)$$

$$V = b_1 D + b_2 D^2 + b_3 DH + b_4 D^2H \quad (27)$$

$$V = b_1 D^2 + b_2 DH^2 + b_3 D^2H^2 \quad (28)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 \text{Log}H + b_3 (1/D) \quad (29)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^4 + b_2 \text{Log}H \quad (30)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^4 + b_2 (\text{Log}H)^4 \quad (31)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^2 + b_2 \text{Log}H \quad (32)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 D + b_2 H + b_3 D^2 + b_4 H^2 + b_5 DH^2 + b_6 D^2H \quad (33)$$

$$V = b_1 DH + b_2 D^2H \quad (34)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 (\text{Log}H)^2 \quad (35)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 (\text{Log}H)^4 \quad (36)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 \text{Log}H + b_3 (1/H) \quad (37)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 \text{Log}H + b_3 D^2 \quad (38)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 \text{Log}H + b_3 D^2H \quad (39)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 \text{Log}H + b_3 H^2 \quad (40)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 \text{Log}D + b_2 \text{Log}H + b_3 DH^2 \quad (41)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^2 + b_2 H \quad (42)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^4 + b_2 H \quad (43)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^4 + b_2 H + b_3 (1/H)^2 \quad (44)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^4 + b_2 H + b_3 (1/H)^2 + b_4 (1/H) + b_5 (1/D)^2 \quad (45)$$

$$\begin{aligned} \text{Log}V = b_0 + b_1 (\text{Log}D)^4 + b_2 H + b_3 (1/H)^2 + b_4 (1/H) + b_5 (1/D)^2 \\ + b_6 (1/D) \end{aligned} \quad (46)$$

$$V = b_0 + b_1 D^{b_2} H^{b_3} \quad (47)$$

$$V = b_0 D^{b_1} H^{(3-b_1)} \quad (48)$$

$$V = b_0 D^{b_1} (H^2 / (H - 1.3))^{b_2} \quad (49)$$

$$V^{(1/2)} = b_0 + b_1 D^2 + b_2 H \quad (50)$$

$$V = b_0 + b_1 H + b_2 (D/H) + b_3 D + b_4 DH + b_5 (1/H) \quad (51)$$

$$V = b_0 + b_1 D + b_2 (1/D) + b_3 D^2H + b_4 D^2H^2 \quad (52)$$

En iyi sonuç veren hacim denkleminin seçiminde, gerçek değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farklara (residual) dayanan ve aşağıda açıklanan altı ölçüt kullanılmıştır. Bu ölçütlerden ilk dördü en iyi model seçiminde tüm regresyon modelleri için kullanılan genel ölçütlerdir. Geri kalan iki ölçüt ise sadece hacim denklemleri için birer ölçüt olarak kullanılmaktadır.

1. Ortalama Hata (Average Residual or Bias):

$$\bar{D} = (\sum D_i) / N \quad (53)$$

2. Ortalama Mutlak Hata (Average Absolute Residual):

$$|\bar{D}| = (\sum |D_i|) / N \quad (54)$$

3. Hataların Standart Sapması (Standart Deviation of the Residual or Precision):

$$S_D = \{[(\sum D^2) - (\sum D)^2 / N] / N-1\}^{(1/2)} \quad (55)$$

4. Açıklanan Varyans Yüzdesi (Percent Variation Explained):

$$\% PVE = \{[\sum (V_i - V_{ort})^2 - (\sum D^2)] / \sum (V_i - V_{ort})^2\} * 100 \quad (56)$$

5. Toplam Hata Yüzdesi (% Error):

$$\% TH = [(\sum (V_i - \hat{V}_i)) / \sum V_i] * 100 \quad (57)$$

6. Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (% Absolute Error):

$$\% MH = (\sum |(V_i - \hat{V}_i)| / \sum V_i) * 100 \quad (58)$$

Burada;

$$D_i = V_i - \hat{V}_i$$

V_i = Ölçülen ağaç hacmini

\hat{V}_i = Denklemden hesaplanan ağaç hacmini

V_{ort} = Ölçülen ortalama ağaç hacmini

N = Örnek ağaç sayısını

ifade etmektedir.

Uygun ağaç hacim denkleminin geliştirilebilmesi için ise SPSS 11.5 istatistiksel paket programı kullanılarak regresyon analizi yönteminden yararlanılmıştır. Hem tek girişli hem de çift girişli hacim tablosunu geliştirebilmek için yukarıdaki denklemler denenmiş ve bunlardan belirtme katsayısı (R^2) en yüksek, standart hatası ($S_{y.x}$) en düşük olan denklem seçilmiştir.

Bilindiği gibi ağaç hacim tabloları düzenlenirken örnek ağaçların kabuklu göğüs çaplarının ve kabuklu hacimlerinin bilinmesi zorunludur. Ancak gövde analizi ile elde edilen örnek ağaçların göğüs çapları ve hacimleri kabuksuz olmaktadır. Bu amaçla gövde analizi yapılan 90 adet örnek ağacın kesim yaşındaki kabuksuz hacimleri ile kabuklu hacimleri arasında bir ilişki aranmıştır. Türetilen örnek ağaçların kabuklu göğüs çaplarını belirleyebilmek için ise bu 90 adet örnek ağacın kesim yaşındaki kabuklu ve kabuksuz çaplarına ek olarak daha önce sarıçam meşcerelerinden alınan örnekleme alanı verilerindeki çift kabuk kalınlığı ölçümlerinden yararlanılmıştır. Böylece toplam 701 adet veriye ait kabuksuz göğüs çapları ile kabuklu göğüs çapları arasında bir ilişki aranmıştır. Bu amaçla SPSS 11.5 istatistiksel paket programı kullanılarak regresyon analizi yönteminden yararlanılmıştır. Ağaç hacim denklemlerinde olduğu gibi burada da belirtme katsayısı (R^2) en yüksek, standart hatası ($S_{y.x}$) en düşük olan model seçilmiştir.

Kullanılan hacim denklemleri içerisinde logaritmik olan denklemler de bulunmaktadır. Bu denklemler hacmi logaritma cinsinden hesapladığı için tahmin edilen hacim değerleri gerçek hacimden daha düşük değerlere sahip olacaktır. Bu durum logaritmik hacim denklemleri ile yapılan hacim tahminlerinin, belli bir sistematik hatanın etkisi altında olduğu anlamına gelmektedir. Meyer, bu hatanın giderilmesi için, hesaplanan hacimlerin 1'den büyük bir düzeltme faktörüyle çarpılması gerektiğini belirtmektedir. Standart hataya bağlı olarak değişen bu düzeltme faktörünü ise aşağıdaki formülle ifade etmiştir.

$$f = 10^{(1.1513*SE^2)} \quad (59)$$

Burada, SE denklemin standart hatasını ifade etmektedir (Alemdağ, 1962; Asan, 1984).

Ağaç hacim tablosu yaparken en uygun denklemin belirlenebilmesi için yapılan bir diğer işlem de yukarıdaki başarı ölçütlerini kullanarak her modele başarı puanı (Rank) verilmesidir. Uygun hacim denklemine karar verebilmek için, bu ölçütlerden “Açıklanan Varyans Yüzdesinin” en yüksek değerlerinin ise en düşük olması istenmektedir. Bu şekilde bütün hacim denklemlerine 1’den başlayarak puan verilirken, aynı olanlara ise sıra sayılarının aritmetik ortalaması verilmiştir. Ardından her bir hacim modelinin toplam başarı puanı (Rank) hesaplanmıştır. Sonuçta en düşük başarı puanına sahip olan model en uygun hacim denklemi olarak seçilmiştir.

En uygun ağaç hacim denklemi belirlendikten sonra yapılması gereken önemli bir işlem de denklemin sarıçam meşcerelerine uygunluğunun test edilmesidir. Bu aşamada ilk olarak eşleştirilen örneklerin varyanslarının eşit olup olmadığı t istatistiği ile test edilir. Eğer örneklerin varyanslarının eşit olduğu sonucuna varılırsa “Eşlendirilmiş t-testi”nden, aksi durum söz konusu olduğunda ise “Wilcoxon Testi”nden yararlanılmaktadır.

3. BULGULAR

Gövde analizi yapılan 90 adet örnek ağacın kesim yaşındaki kabuksuz hacimleri ile kabuklu hacimleri arasında

$$V_{\text{kabuklu}} = 1.134551 * V_{\text{kabuksuz}}^{0.969541} \quad (60)$$

biçiminde üssel bir ilişki olduğu görülmüştür. Regresyon denkleminin belirtme katsayısı (R^2) 0.999, standart hatası ($S_{y.x}$) 0.04788, $F = 94471.24$ olup her iki parametresi de $P < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlıdır. Denklemin düzeltme faktörü (f) ise 1.0061 olarak hesaplanmıştır.

Daha sonra türetilen verilerin kabuklu göğüs çaplarının belirlenmesi amacıyla 90 adet gövde analizi verisine, daha önce aynı ağaç türü için alınan örnekleme alanlarına ait veriler de eklenerek toplam 701 adet veriden yararlanılmış ve kabuksuz göğüs çapları ile kabuklu göğüs çapları arasında

$$d_{\text{kabuklu}} = 0.880886 + 1.110505 * d_{\text{kabuksuz}} - 0.000659 * d_{\text{kabuksuz}}^2 \quad (61)$$

biçiminde bir ilişki bulunmuştur. Elde edilen regresyon denkleminin belirtme katsayısı (R^2) 0.997, standart hatası ($S_{y.x}$) 1.35501, $F = 102859.85$ olup her üç parametresi de $P < 0.001$ önem düzeyi ile anlamlıdır.

3.1. Ağaç Hacim Tablolarına İlişkin Bulgular

3.1.1. Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosuna İlişkin Bulgular

Tek girişli ağaç hacim tablosunu düzenleyebilmek amacıyla 2.2.1. bölümünde verilen 11 farklı regresyon denklemi (2-12 nolu denklemler) denenmiştir ve bu denklemlerden 10 ve 12 nolu denklemler diğerleriyle kıyaslanamayacak kadar başarısız sonuçlar verdiğiinden değerlendirmeye alınmamıştır. Söz konusu regresyon denklemlerine ilişkin parametre tahmin değerleri, parametrelerin önemlilik düzeyleri ve logaritmik olan

denklemler için Meyer'in önerdiği şekilde hesaplanan "Düzeltilme Faktörü (f)" Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin parametre değerleri

Denklemler No	Katsayılar				f D. F.
	b_0	b_1	b_2	b_3	
2	-0.1018 ***	0.0009 ***			
3	0.0691 ***	-0.0175 ***	0.0012 ***		
4		-0.0120 ***	0.0011 ***		
5	-4.0037 **	2.5064 ***			1.0486
6	-4.6192 ***	2.9138 ***	1.4396 ***		1.0338
7	-4.0037 ***	0.6266 ***			1.0486
8	-4.0037 ***	1.2532 ***			1.0486
9	-4.6192 ***	0.7285 ***	1.4396 ***		1.0338
11	-0.1544 ***	0.0328 ***			

NS = $P > 0.05$, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$

Bunun yanında, bölüm 2.2.1. de bahsedildiği gibi, en uygun regresyon denkleminin seçiminde kullanılan altı farklı ölçüt (Ortalama Hata = \bar{D} , Ortalama Mutlak Hata = $|\bar{D}|$, Hataların Standart Sapması = S_D , Açıklanan Varyans Yüzdesi = % PVE, Toplam Hata Yüzdesi = % TH ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi = % OMH) değerleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir. Bu tabloda ayrıca bütün regresyon denklemleri başarı ölçütleri ile ilişkili olarak büyüklük sırasına göre puanlandırılmış ve sonuçta her bir ölçüt itibarıyla alınan puanlar toplanmıştır. Bu şekilde toplam başarı puanı (Rank) isminde yedinci bir başarı ölçütü elde edilmiştir.

Tablo 9. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri

Denklem No	\bar{D}	$ \bar{D} $	S_D	PVE	TH	MH	Rank
	m^3	m^3	m^3	%	%	%	
2	0.000 1.5	0.073 9	0.101 6	97.23 6	-0.001 1.5	22.03 9	33
3	0.000 1.5	0.037 1	0.068 1	98.74 1	-0.001 1.5	11.20 1	7
4	-0.010 4	0.046 5.5	0.73 2	98.55 2	-3.117 4	14.12 6	23.5
5	-0.022 7	0.042 3	0.089 4	96.74 4	-6.783 8	12.70 3	29
6	0.022 7	0.050 7.5	0.147 8.5	94.06 8.5	6.563 5.5	15.31 7.5	44.5
7	-0.022 7	0.042 3	0.089 4	97.74 4	-6.783 8	12.70 3	29
8	-0.022 7	0.042 3	0.089 4	97.74 4	-6.783 8	12.70 3	29
9	0.022 7	0.050 7.5	0.147 8.5	94.06 8.5	6.563 5.5	15.31 7.5	44.5
11	-0.004 2	0.046 5.5	0.103 7	97.13 7	-1.147 3	14.03 5	30.5

Başarı puanlaması yapılırken modellerin tamamı her bir ölçüte göre ayrı ayrı değerlendirilerek; ortalama hata, ortalama mutlak hata, hataların standart sapması, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi ölçütlerine göre en küçük değere, açıklanan varyans yüzdesi ölçütüne göre ise en büyük değere 1 puan verilmiş ve giderek artan şekilde puanlama yapılmıştır. Eğer iki ya da daha çok değer birbirine eşit çıkmışsa, bunlara da birbirini takip eden sıra sayılarının aritmetik ortalamaları verilmiştir. Sonuçta bütün regresyon denklemlerinin her bir ölçütten elde ettikleri puanlar toplanmış ve toplam başarı puanları belirlenmiştir. Sonunda en düşük toplam başarı puanına, diğer bir ifadeyle rank'a sahip denklem en uygun tek girişli ağaç hacim denklemi olarak seçilmiştir.

Buna göre Tablo 9'dan da görülebileceği gibi, 7 puanlık rank'a sahip olan 3 nolu model, en uygun Sarıçam Tek Girişli Ağaç Hacim denklemi olarak belirlenmiştir. 3 nolu hacim denklemindeki katsayılardan üçü de $P < 0.05$ önem düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur. Bu modele ilişkin F değeri 37652.87 olarak hesaplanmış ve elde edilen hacim denkleminin $P < 0.001$ önem düzeyinde verilere uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu denklemin belirtme katsayısı (R^2) 0.987 ve standart hatası ($S_{y.x}$) ise 0.069 olarak

hesaplanmıştır. Buna göre, en uygun tek girişli ağaç hacim modelinin \bar{D} , $|\bar{D}|$, S_D , % PVE, % TH ve % MH ölçütlerine göre verdiği sonuçlar sırasıyla 0.000 m^3 , 0.037 m^3 , 0.068 m^3 , % 98.74, % -0.001 ve % 11.20'dir.

Bilindiği gibi, sarıçam tek girişli ağaç hacim tablosunun oluşturulabilmesi için yukarıda bahsedilen işlemler süreci sonunda, en uygun model olarak seçilen hacim denkleminin genel anlamda kullanılabilirliğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ayrılan 90 adet veriden yararlanılmıştır. İlk olarak “Eşlendirilmiş t -testi”nin uygulanabilme koşulu olan varyansların eşitliği ayrıca bir t -testi ile denetlenmiştir. Buna göre $t = 0.005$ ve $P = 0.942$ olarak hesaplanmış ve varyansların birbirine eşit olduğu sonucuna varılmıştır ($P > 0.05$). Ardından uygunluk denetimi için “Eşlendirilmiş t -testi” yapılmış ve $t = -0.428$ ve $P = 0.670$ olarak hesaplanmıştır. Bu durum, $P > 0.05$ olduğu için, elde edilen tek girişli ağaç hacim denkleminin % 95 güvenle kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Sarıçam için düzenlenen tek girişli ağaç hacim tablosu değerleri Ek Tablo 1’de verilmiştir.

3.1.2. Çift Girişli Ağaç Hacim Tablolarına İlişkin Bulgular

Çift girişli ağaç hacim tablosunu düzenleyebilmek amacıyla 40 adet değişik regresyon denklemi (13-52 nolu denklemler) denenmiştir. Ancak bunların içerisinde 3 adedinin (17, 18 ve 22 nolu denklemler) diğerleriyle karşılaştırılmayacak kadar başarısız sonuç verdikleri görülmüş ve bu nedenle bu denklemler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Söz konusu regresyon denklemlerine ilişkin parametre tahmin değerleri, parametrelerin önemlilik düzeyleri ve logaritmik olan denklemler için Meyer’in önerdiği şekilde hesaplanan “Düzeltilme Faktörü (f)” Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin parametre değerleri

Denklem No	Katsayılar							f D. F.
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	
13		0.00031 ***						
14	0.0183 ***	0,000031 ***						
15	-0.0018 NS	0.0003 ***	-0.0020 ***	0.00042 ***				
16	-3.9551 ***	1.9677 ***	0.5965 ***					1.0374
19		0.0002 ***	-0.000005 ***	0.000027 ***				
20	0.0207 ***	-0.0076 ***	0.0005 ***	0.0027 **	0.000018 ***			
21	0.0196 **	-0.0054 ***	0.0004 ***	0.000047 NS	0.000019 ***			
23	-3.9239 ***	0.8604 ***						1.0396
24	-3.9551 ***	0.9839 ***	0.2983 ***					1.0374
25	-0.0103 ***	0.0002 ***	-0.000004 ***	0.000026 ***				
26		-0.0059 ***	0.0005 ***	0.0053 ***	-0.0002 ***	0.00002 ***		
27		-0.0024 ***	0.0003 ***	-0.00003 NS	0.000021 ***			
28		0.0004 ***	-0.0000004 NS	0.000001 ***				
29	-4.4964 ***	2.4235 ***	0.4817 ***	1.2440 ***				1.0268
30	-3.9551 ***	0.4919 ***	0.5965 ***					1.0374
31	-3.9551 ***	0.4919 ***	0.1491 ***					1.0374
32	-3.9551 ***	0.9839 ***	0.5965 ***					1.0374
33	-3.2203 ***	0.1692 ***	0.0411 ***	-0.0038 ***	-0.0007 NS	-0.0009 ***	0.0001 ***	1.0371
34		0.0001 ***	0.000028 ***					
35	-3.9551 ***	1.9677 ***	0.2983 ***					1.0374
36	-3.9551 ***	1.9677 ***	0.1491 ***					1.0374
37	-4.7495 ***	2.0535 ***	1.0861 ***	1.5023 ***				1.0214
38	-3.8569 ***	1.8381 ***	0.6050 ***	0.000085 ***				1.0328

Tablo 10.'un devamı

39	-3.8856 ***	1.8903 ***	0.5922 ***	0.000002 ***				1.0339
40	-3.8270 ***	1.9504 ***	0.4048 ***	0.0004 ***				1.0304
41	-3.8744 ***	1.9062 ***	0.5541 ***	0.000005 ***				1.0331
42	-3.7528 ***	1.0183 ***	0.0249 ***					1.0276
43	-3.7528 ***	0.5091 ***	0.0249 ***					1.0276
44	-3.9159 ***	0.5475 ***	0.0218 ***	0.5406 ***				1.0260
45	-3.4970 ***	0.5171 ***	0.0147 ***	3.1080 ***	-1.9813 ***	-0.1085 NS		1.0220
46	-3.5422 ***	0.5264 ***	0.0140 ***	3.1512 ***	-2.0380 ***	-0.3218 NS	0.2177 NS	1.0221
47	-0.0044 NS	0.0001 *	2.1046 *	0.6098 *				
48	0.0003 *	2.0177 *						
49	0.00006 *	2.1077 *	0.6697 *					
50	-0.0033 NS	0.0003 ***	0.0223 ***					
51	0.5137 ***	-0.0701 ***	-0.0761 **	0.0015 NS	0.0027 ***	-0.5758 ***		
52	0.0097 NS	-0.0009 NS	-0.0127 NS	0.000042 ***	-0.0000004 ***			

NS = $P > 0.05$, * = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$

En iyi çift girişli ağaç hacim denkleminin seçiminde, tek girişli denklemlerde de geçerli olduğu gibi bölüm 3.1.1.'de kullanılan ölçütler (Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi) dikkate alınarak başarı puanlaması (Rank) yapılmıştır. Bu şekilde en uygun çift girişli ağaç hacim denklemi belirlenmiştir. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri

Denklem No	\bar{D}	$ \bar{D} $	S_D	PVE	TH	MH	Rank
	m^3	m^3	m^3	%	%	%	
13	-0.014 20	0.030 12.5	0.59 14	98.99 14.5	-4.399 21	9.19 12	94
14	0.000 4.5	0.031 14.5	0.59 14	99.06 13	0.000 4.5	9.38 14	65
15	0.000 4.5	0.025 8.5	0.052 7.5	99.27 7.5	0.000 4.5	7.61 8.5	41
16	-0.027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
19	0.004 14	0.025 8.5	0.052 7.5	99.26 9	1.167 14	7.60 8.5	61.5
20	0.000 4.5	0.024 3.5	0.051 3	99.30 1	0.000 4.5	7.21 2.5	19
21	0.000 4.5	0.024 3.5	0.051 3	99.29 4.5	0.000 4.5	7.21 2.5	22.5
23	-0.028 34	0.045 28.5	0.123 29	95.70 29	-8.405 34	13.73 28	82.5
24	-0,027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
25	0.000 4.5	0.025 8.5	0.052 7.5	99.27 7.5	0.000 4.5	7.66 10	42.5
26	-0.001 9.5	0.024 3.5	0.051 3	99.29 4.5	-0.277 9	7.34 6	35.5
27	-0.001 9.5	0.025 8.5	0.051 3	99.29 4.5	-0.403 10	7.52 7	42.5
28	0.012 16.5	0.063 16	0.056 11	99.11 11	3.516 16	10.16 16	86.5
29	0.010 15	0.031 14.5	0.077 16	98.39 16	2.920 15	9.47 15	91.5
30	-0.027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
31	-0.027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
32	-0.027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
33	0.017 24.5	0.054 34	0.215 37	87.41 37	5.038 24	16.43 34	190.5
34	-0.002 11.5	0.027 11	0.058 12	99.10 12	-0.618 12	8.07 11	69.5
35	-0.027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
36	-0.027 30	0.041 24	0.106 25	96.78 25	-8.088 30	12.50 24	158
37	0.016 23	0.035 19	0.085 19	97.99 19	4.883 23	10.73 19	122
38	0.017 24.5	0.048 32	0.188 35	90.43 35	5.136 25	14.62 32	183.5

Tablo 11.'in devamı

39	0.012 16.5	0.045 28.5	0.170 34	92.17 32	3.517 17	13.77 29	157
40	0.019 26	0.046 30.5	0.145 30	94.26 30	5.650 26	14.06 30.5	173
41	0.014 20	0.046 30.5	0.162 31	92.86 31	4.295 20	14.06 30.5	163
42	0.030 35.5	0.055 35.5	0.169 32.5	92.07 33.5	9.022 35.5	16.56 35.5	208
43	0.030 35.5	0.055 35.5	0.169 32.5	92.07 33.5	9.022 35.5	16.56 35.5	208
44	0.037 37	0.060 37	0.194 36	89.53 36	11.203 37	18.25 37	220
45	0.013 18	0.034 17.5	0.086 20	97.96 20	4.010 18	10.37 17	110.5
46	0.014 20	0.034 17.5	0.087 21	97.89 21	4.159 19	10.45 18	116.5
47	0.000 4.5	0.024 3.5	0.051 3	99.29 4.5	0.000 4.5	7.21 2.5	22.5
48	-0.015 22	0.030 12.5	0.050 14	98.99 14.5	-4.557 22	9.21 13	98
49	0.003 13	0.024 3.5	0.052 7.5	99.28 6	0.820 13	7.21 2.5	45.5
50	-0.002 11.5	0.038 20	0.082 18	98.21 18	-0.532 11	10.91 20	98.5
51	0.000 4.5	0.050 33	0.079 17	98.34 17	0.000 4.5	15.06 33	109
52	0.000 4.5	0.024 3.5	0.053 10	99.23 10	0.000 4.5	7.29 5	37.5

Tablo 11 incelendiğinde, 19 puanlık rank'la en uygun Sarıçam Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemine 20 nolu hacim denklemi olduğu görülmektedir. Söz konusu hacim denkleminin katsayılarından dördü $P < 0.001$ önem düzeyinde, biri de $P < 0.01$ önem düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur. Bu modele ilişkin F değeri 34018.82 olarak hesaplanmış ve elde edilen hacim denkleminin $P < 0.001$ önem düzeyinde verilere uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre, en uygun çift girişli ağaç hacim denkleminin \bar{D} , $|\bar{D}|$, S_D , % PVE, % TH ve % MH ölçütlerine göre verdiği sonuçlar sırasıyla 0.000 m^3 , 0.024 m^3 , 0.051 m^3 , % 99.30, % 0.000 ve % 7.21'dir.

Tek girişli ağaç hacim denkleminde olduğu gibi, seçilen çift girişli ağaç hacim denkleminin de genel anlamda sarıçam meşcerelerine uygunluğu denetlenmiştir. Bu amaçla yine aynı şekilde 90 adet kontrol verisinden yararlanılmıştır. Yapılan t -testi sonucunda $t = 0.0001$ ve $P = 0.993$ olarak hesaplanmış ve varyansların birbirine eşit

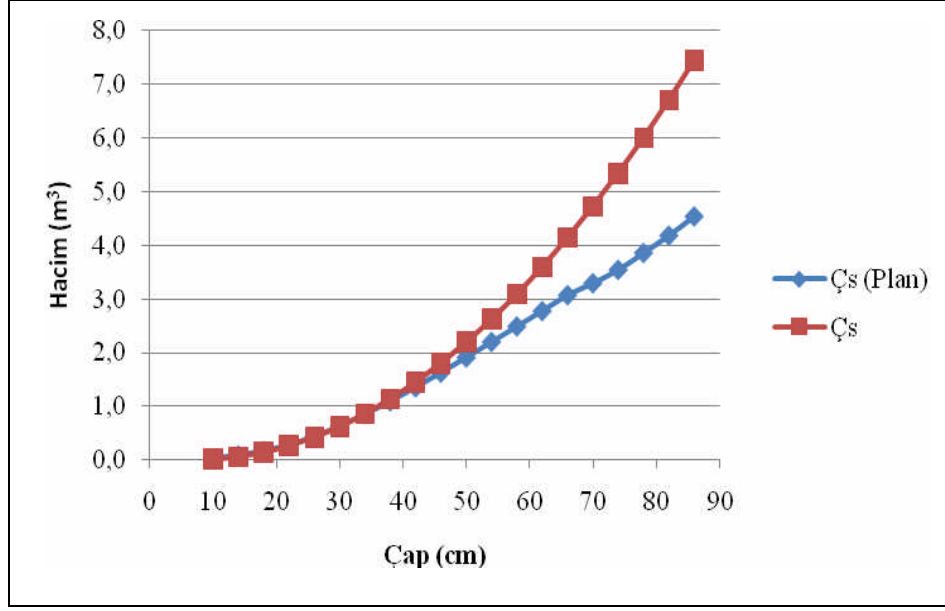
olduğu sonucuna varılmıştır ($P > 0.05$). Ardından, gerekli koşul sağlandığı için, “Eşlendirilmiş t -testi” ile uygunluk denetimi yapılmış ve $t = -0.073$ ve $P = 0.942$ olarak hesaplanmıştır. Bu durum, $P > 0.05$ olduğu için, elde edilen çift girişli ağaç hacim denkleminin % 95 güvenle kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Sarıçam için dzenlenen çift girişli ağaç hacim tablosu değerleri Ek Tablo 2’de verilmiştir.

4. TARTIŞMA

Sarıçam tek girişli ağaç hacim tablosu 3 nolu ağaç hacim denklemine göre düzenlenmiştir. Bilindiği gibi tek girişli ağaç hacim denklemleri, sadece göğüs çapının ölçülmesini gerektirdiği için kullanımları oldukça kolay olan ve bu özelliklerinden dolayı ülkemiz ormancılık pratiğinde en çok kullanılan ağaç hacim denklemleridir. Düzenlenen tek girişli ağaç hacim denkleminin ortalama mutlak hata yüzdesi % 11.20'dir. Ağaç hacim denklemlerinin ortalama mutlak hata yüzdelerinin genellikle % 10'u aşmaması istendiği de düşünüldüğünde, düzenlenen tek girişli ağaç hacim denkleminin nispeten başarısız sonuçlar verdiği akla gelebilir. Ancak ağaç hacmindeki değişimi sadece göğüs çapı ile açıklamaya çalışması da düşünülürse bu ortalama mutlak hata yüzdesi değerinin kabul edilebilir olduğu söylenebilir. Toplam hata yüzdesinin de % -0.001 olması, ormancılık uygulamaları için de oldukça önemlidir.

Bu çalışma sonunda elde edilen sarıçam tek girişli ağaç hacim tablosu Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Şefliği'ne ait orman amenajman planında yer alan tek girişli sarıçam ağaç hacim tablosu (Tablo 12) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta elde edilen tek girişli ağaç hacim tablosu ile planda bulunan ağaç hacim tablosunun arasında $P < 0.05$ önem düzeyinde fark bulunduğu görülmüştür. Şekil 6'dan da görülebileceği gibi, özellikle ileri çap değerlerinde planda bulunan ağaç hacim tablosu ağaç hacimlerini çok daha düşük tahmin etmektedir.

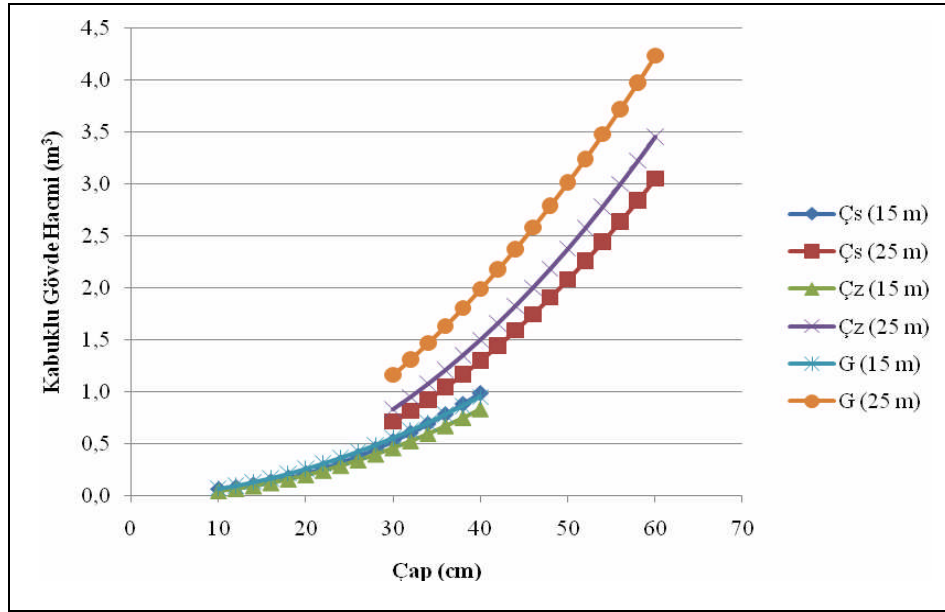


Şekil 6. Sarıçam tek girişli ağaç hacim tablolarının karşılaştırılması

Tablo 12. Borçka Orman İşletme Şefliği orman amenajman planında yer alan tek girişli ağaç hacim tablosu

Çap Kademesi Genişliği (cm)	Çap Kademesi Ortası (cm)	Hacim (m ³)	
		Amenajman Planı	Araştırma Sonucu
8 – 11.9	10	0.050	0,014
12 – 15.9	14	0.099	0,059
16 -19.9	18	0.179	0,143
20 – 23.9	22	0.295	0,265
24 – 27.9	26	0.458	0,425
28 – 31.9	30	0.640	0,624
32 – 35.9	34	0.862	0,861
36 – 39.9	38	1.109	1,137
40 – 43.9	42	1.364	1,451
44 – 47.9	46	1.639	1,803
48 – 51.9	50	1.919	2,194
52 – 55.9	54	2.208	2,623
56 – 59.9	58	2.496	3,091
60 – 63.9	62	2.782	3,597
64 – 67.9	66	3.067	4,141
68 – 71.9	70	3.298	4,724
72 – 75.9	74	3.546	5,345
76 – 79.9	78	3.861	6,005
80 – 83.9	82	4.185	6,703
84 – 87.9	86	4.539	7,439

Sarıçam çift girişli ağaç hacim denklemi 20 nolu ağaç hacim denklemine göre düzenlenmiş olup, ortalama mutlak hata yüzdesi % 7.21 bulunmuşken toplam hata yüzdesi ise % 0.000 bulunmuştur. Özellikle ortalama mutlak hata yüzdesi ülkemizde bu zamana kadar iğne yapraklı ağaç türlerimiz için geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemlerinin birçoğundan oldukça düşüktür. Örnek verilecek olursa; ortalama mutlak hata yüzdesi kızılçam için % 9.29 (Alemdağ, 1962) ve göknar için % 8.74 (Asan, 1984)'tür. Alemdağ tarafından 1967 yılında sarıçam için geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ise % 10.33 ortalama mutlak hata yüzdesine sahiptir. Sarıçam ağaç türü için geliştirilen ağaç hacim denkleminin ülkemizdeki diğer iğne yapraklı ağaç türlerinden bazıları için geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılması Şekil 7'de gösterilmiştir.



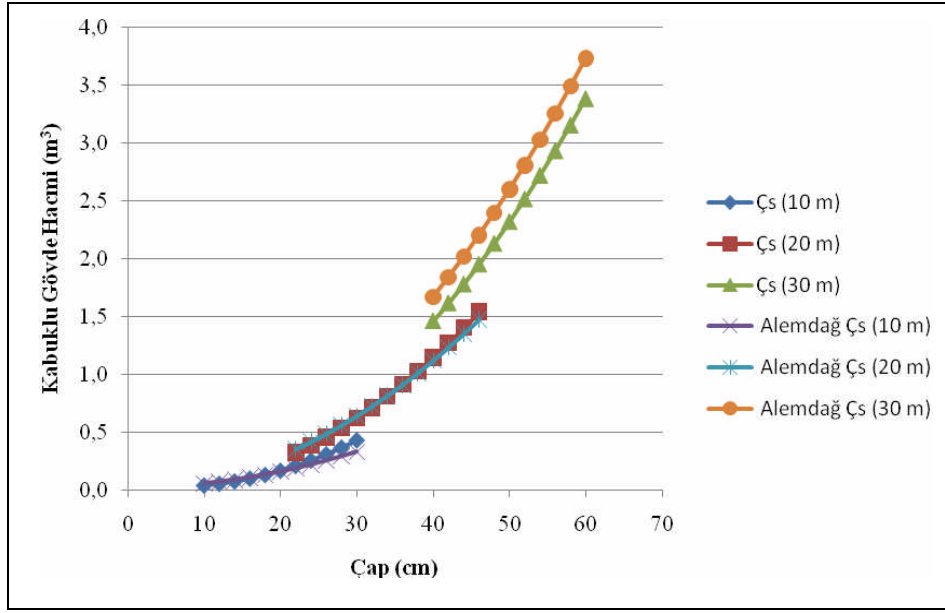
Şekil 7. Sarıçam çift girişli ağaç hacim denkleminin diğer ağaç türlerine ait çift girişli ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılması

Sarıçam çift girişli ağaç hacim denklemi, tek girişli ağaç hacim denklemi ile karşılaştırıldığında ortalama mutlak hata yüzdesini % 35.6 oranında azaltmıştır. Aynı şekilde Alemdağ tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemine göre de ortalama mutlak hata yüzdesinin % 30.2 oranında azaldığı görülmektedir. Sarıçam için geliştirilen çift girişli ağaç hacim denkleminin, Alemdağ (1967) tarafından sarıçam için geliştirilen çift

girişli ağaç hacim denklemi ile karşılaştırılması Şekil 8’de gösterilmiştir. Alemdağ tarafından geliştirilen sarıçam çift girişli ağaç hacim denklemi,

$$V = 21.81446 + 0.034392 D^2H \quad (62)$$

biçimindedir.



Şekil 8. Sarıçam çift girişli ağaç hacim denkleminin Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemi ile karşılaştırılması

Gerek tek girişli olsun gerekse çift girişli olsun geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin logaritmik olmamaları ve dolayısıyla tahminlerde herhangi bir düzelme yapılmasına ihtiyaç duymamaları pratik açıdan da oldukça önemli özelliklerindedir.

Ancak çift girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılabilmesi için göğüs çapına ek olarak ölçülmesi nispeten daha zor olan ağaç boyunun da ölçülmesi zorunluluğu bu denklemlerin olumsuz yönleri olarak düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sarıçam tek girişli ağaç hacim denklemini geliştirebilmek için 11 farklı regresyon denklemi, çift girişli ağaç hacim denklemini geliştirebilmek için ise 40 farklı regresyon denklemi denenmiştir. Gerek tek girişli gerekse çift girişli ağaç hacim denklemleri arasından en uygun olanına karar verebilmek için ise Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ölçütleri temel alınarak, başarı puanlaması yapılmış ve en düşük başarı puanına sahip olan model seçilmiştir.

Buna göre sarıçam tek girişli ağaç hacim tablosu

$$V = 0.0691 - 0.0175 D + 0.0012 D^2 \quad (63)$$

şeklindeki denkleme göre düzenlenmiştir. Bu denklemin belirtme katsayısı (R^2) 0.987, toplam hata yüzdesi % -0.001 ve ortalama mutlak hata yüzdesi ise % 11.20'dir.

Aynı şekilde sarıçam çift girişli ağaç hacim tablosu da

$$V = 0.0207 - 0.0076 D + 0.0005 D^2 + 0.0027 H + 0.000018 D^2H \quad (64)$$

biçimindeki regresyon denklemine göre düzenlenmiştir. Sarıçam çift girişli ağaç hacim denkleminin ise belirtme katsayısı (R^2) 0.993, toplam hata yüzdesi % 0.000 ve ortalama mutlak hata yüzdesi % 7.21'dir.

Her iki ağaç hacim denklemi için de 90 adet örnek ağaçtan oluşan bağımsız bir veri grubu kullanılarak "Eşlendirilmiş *t*-testi" ile uygunluk denetimi yapılmış ve $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde Türkiye'deki sarıçam meşcerleri için uygun oldukları sonucuna varılmıştır. Bunun yanında her iki ağaç hacim denkleminin bütün katsayılarının $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde anlamlı oldukları da ifade edilmelidir.

Ağaç hacim tabloları orman envanteri çalışmalarında önemli bir yardımcı olmaktadır. Zira tek ağaçların hacimleri toplamı ile toplam ağaç serveti hesaplanmaktadır. Ancak tek tek her bir ağacın hacmini hesaplamak mümkün olmayacağından, ağaç hacim tabloları yardımıyla bu sorun aşılmaktadır.

Ülkemizde önemli orman ağacı türlerimiz başta olmak üzere birçok ağaç türümüz için ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Ancak çoğu tablo ülke geneli bazında düzenlenmiştir. Oysa ki aynı ağaç türünün bireyleri arasında dahi yetiştirme ortamı ve meşcere koşullarına bağlı olarak değişik hacim değerlerine ulaşılabilmektedir. Dolayısıyla ağaç hacim tablolarını özellikle yetiştirme ortamı koşullarındaki değişimi daha iyi yansıtabilecek şekilde lokal bazda düzenlemek daha olumlu olabilecektir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi çift girişli ağaç hacim tablolarını kullanabilmek için göğüs çapına ek olarak ağaç boyunun da ölçülmesi zorunluluğu vardır. Bu durum çift girişli ağaç hacim tablolarının uygulamada çok fazla tercih edilmemesine neden olmakta ve tek girişli ağaç hacim tablolarını daha üstün kılmaktadır. Ancak çift girişli ağaç hacim tablolarının ağaç boyundaki varyasyonu da dikkate alarak hacmi tahmin ettikleri için tek girişli ağaç hacim tablolarına göre daha doğru sonuçlar verdikleri de unutulmamalıdır.

Bilindiği gibi bir ağaç hacim tablosu düzenleyebilmek için oldukça fazla sayıda örnek ağaç üzerinde doğrudan gövde çapları ve ağaç boyu ölçümü yapmak gerekmektedir. Böylesine yoğun ve emek gerektiren bir işlemi her zaman yapabilmek mümkün olmayabilir ya da yeter sayıda örnek ağaca ulaşamayabilir. Bu gibi sorunların olduğu ya da olabileceği durumlarda ise gövde analizi yöntemi yardımıyla veri türetilerek örnek sayısı arttırılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abbot, P., Lowore, J. and Werren, M., 1997. Models for the Estimation of Single Tree Volume in Four Miombo Woodland Types, Forest Ecology and Management, 97, 25-37.
- Akindele, S.O. and LeMay, V.M., 2006. Development of Tree Volume Equations for Common Timber Species in the Tropical Rain Forest Area of Nigeria, Forest Ecology and Management, 226, 41-48.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara, 160 s.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara, 160 s.
- Anonim, 1994. Sarıçam, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Sinem Ofset, Ankara.
- Anonim, 2003. Borçka Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anşin, R., 2001. Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular), I. Cilt, III. Baskı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 296 s.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknaarı (*Abies equi-trojani* Aschers, et Sinten.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 3205, O.F. Yayın No: 365, Taş Matbaası, İstanbul, 207 s.
- Avery, T.E., 1967. Forest Measurements, McGraw Book Company, USA.
- Batu, F., 1995. Uygulamalı İstatistik Yöntemler, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No:179, Fakülte Yayın No: 22, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Hacim ve Bonitet Endeks Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bozkurt, A.Y., 1971. Önemli Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Tanımı, Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Yerleri, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 1653, O.F. Yayın No: 177, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., 1982. Ağaç Teknolojisi, II. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 2839, O.F. Yayın No: 296, Taş Matbbası, İstanbul.

- Bozkuş, H.F. ve Carus, S., 1997. Toros Göknaı (Abies cilicica Carr.) ve Sedir (Cedrus libani Link.)'in Çift Girişli Gövde Hacim Tabloları ve Mevcut Tablolarla Karşılaştırılması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 47, 1, 51-70.
- Brooks, J.R., Jiang, L. and Özçelik, R., 2008. Competible Stem Volume and Taper Equations for Brutian Pine, Cedar of Lebanon and Cilicica Fir in Turkey, Forest Ecology and Management, 256, 147-151.
- Çepel, N., Dünder, M. ve Günel, A., 1997. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler, Tübitak Yayın No: 354.
- Davis, P.H., 1965. Flora of Turkey and East Aegean Islands, Volume I, Edinburgh.
- Demirci, A., 2006. Silvikültürün Temel İlkeleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları Serisi No: 83, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 198 s.
- Eler, Ü., 2003. Dendrometri, S.D.Ü. Orman Fakültesi, S.D.Ü. Yayın No: 30, Isparta.
- Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A. ve Altun, L., 2008. Sinop Yöresi Sahilçamı (Pinus pinaster Ait.) Ağaçlandırmalarına İlişkin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi, K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 8, 1, 14-25.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri, IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1800, O.F. Yayın No: 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1981. İstatistik Yöntemler, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 2837, O.F. Yayın No: 294, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 3194, O.F. Yayın No: 354, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U. ve Mısır, N., 2002. Kestane Meşcerelerinin Hasılatı ve Amenajman Esasları, Tübitak TAGTOG TARP-2229 No'lu Proje, 118 s.
- Keskin, H., Atar, M. ve Kurt, R., 2003. Lamine Edilmiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 1, 75-84.
- Kurinobu, S., Prehadin, D., Mohanmad, N. and Matsune, K., 2007. A Stem Taper Equation Compatible to Volume Equation for *Paraserianthes falcataria* in Pare, East Java, Indonesia: Its Implications for the Plantation Management, Journal of Forest Research, 12, 473-478.
- Laar, A.V. and Akça, A., 2007. Forest Mensuration, ISBN 13-978-1-4020-5990-2, AA Dordrecht, The Netherlands.
- Loetsch, F., Zöhrer, F. and Haller, K.E., 1973. Forest Inventory, Volume II, ISBN 3-405-10812-8, BLV Verlagsgesellschaft München Benn Wien, München.

- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Muukkonen, P., 2007. Generalized Allometric Volume and Biomass Equations for Some Tree Species in Europa, European Journal of Forest Research, 126, 157-166.
- OGM, 2009. 2008 Yılı Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri Raporu, Ankara.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Brooks, J.R. and Wiant Jr., H.V., 2009. Estimating Tree Bole Volume Using Artificial Neural Network models for Four Species in Turkey, Journal of Environmental Management, 91, 742-753.
- Pilsbury, N.H. and Reimer, J.L., 1997. Tree Volume Equations for 10 Urban Species in California, USDA Forest Service Gen. Tech. Rep., PSW-GTR-160, 465-477.
- Saraçoğlu, N., 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* var. *barbata* (C. A. Mey.) Ledeb.) Gövde Hacim Tablolarının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sharma, M., Oderwald, R.G. and Amateis, R.L., 2002. A Consistent System of Equations for Tree and Stand Volume, Forest Ecology and Management, 165, 183-191.
- Srivastava, V.K., Rai, A.M., Dixit, R.K., Oza, M.P. and Narayana, A., 1999. Preparation of Volume Table of SAL (*Shorea robusta*)-An Approach Using Satellite Data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 1, 3-4, 214-221.
- Şentürk, N., 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subps. *oxycarpa* (Bieb. Ex Willd.) Franco & Rocha Afonso) Gövde Hacim ve Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Turski, M., Beker, C., Kazmierczak, K. and Najgrakowski, T., 2008. Allometric Equations for Estimating the Mass and Volume of Fresh Assimilational Apparatus of Standing Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Trees, Forest Ecology and Management, 255, 2678-2687.
- URL-1, <http://www2.ogm.gov.tr/agacturleri/agac1.htm>. 4 Mart 2010.
- URL-2, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/ScotsPine_map.jpg 17 Mayıs 2010.
- Vallet, P., Dhôte, J.-F., Le Moguedec, G., Ravart, M. and Pignard G., 2006. Developmnet of Total Above Ground Volume Equations for Seven İmportant Forest Tree Species in France, Forest Ecology and Management, 229, 98-110.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Trabzon, 101 s. (Basılmamıştır).

- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 5, 1181-1188.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç İçin Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 5, 1275-1282.
- Yavuz, H. ve Sakıcı, O.E., 2002. Gövde Profili Modellerinin Bilimsel ve Pratik Açıdan İrdelenmesi, Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 233-241.

7. EKLER

Ek Tablo 1. Sarıçam tek girişli ağaç hacim tablosu

Çap (cm)	Hacim (m ³)	Çap (cm)	Hacim (m ³)	Çap (cm)	Hacim (m ³)
5	0,0016	37	1,0644	69	4,5748
6	0,0073	38	1,1369	70	4,7241
7	0,0054	39	1,2118	71	4,8758
8	0,0059	40	1,2891	72	5,0299
9	0,0088	41	1,3688	73	5,1864
10	0,0141	42	1,4509	74	5,3453
11	0,0218	43	1,5354	75	5,5066
12	0,0319	44	1,6223	76	5,6703
13	0,0444	45	1,7116	77	5,8364
14	0,0593	46	1,8033	78	6,0049
15	0,0766	47	1,8974	79	6,1758
16	0,0963	48	1,9939	80	6,3491
17	0,1184	49	2,0928	81	6,5248
18	0,1429	50	2,1941	82	6,7029
19	0,1698	51	2,2978	83	6,8834
20	0,1991	52	2,4039	84	7,0663
21	0,2308	53	2,5124	85	7,2516
22	0,2649	54	2,6233	86	7,4393
23	0,3014	55	2,7366	87	7,6294
24	0,3403	56	2,8523	88	7,8219
25	0,3816	57	2,9704	89	8,0168
26	0,4253	58	3,0909	90	8,2141
27	0,4714	59	3,2138	91	8,4138
28	0,5199	60	3,3391	92	8,6159
29	0,5708	61	3,4668	93	8,8204
30	0,6241	62	3,5969	94	9,0273
31	0,6798	63	3,7294	95	9,2366
32	0,7379	64	3,8643	96	9,4483
33	0,7984	65	4,0016	97	9,6624
34	0,8613	66	4,1413	98	9,8789
35	0,9266	67	4,2834	99	10,0978
36	0,9943	68	4,4279	100	10,3191

Ek Tablo 2' nin devamı

Çaplar (cm)	Boylar (m)							
	20	21	22	23	24	25	26	27
23	0,3548							
24	0,3877							
25	0,4222	0,4362						
26	0,4585	0,4733	0,4882	0,5031				
27	0,4964	0,5123	0,5281	0,5439	0,5597	0,5756	0,5914	0,6072
28	0,5361	0,5530	0,5698	0,5866	0,6034	0,6202	0,6370	0,6538
29	0,5776	0,5954	0,6132	0,6311	0,6489	0,6668	0,6846	0,7024
30	0,6207	0,6396	0,6585	0,6774	0,6963	0,7152	0,7341	0,7530
31	0,6656	0,6856	0,7056	0,7256	0,7456	0,7656	0,7855	0,8055
32	0,7121	0,7333	0,7544	0,7755	0,7967	0,8178	0,8389	0,8601
33	0,7604	0,7827	0,8050	0,8273	0,8496	0,8720	0,8943	0,9166
34	0,8105	0,8340	0,8575	0,8810	0,9045	0,9280	0,9515	0,9750
35	0,8622	0,8870	0,9117	0,9365	0,9612	0,9860	1,0107	1,0355
36	0,9157	0,9417	0,9677	0,9937	1,0198	1,0458	1,0718	1,0979
37	0,9708	0,9982	1,0255	1,0529	1,0802	1,1076	1,1349	1,1622
38	1,0277	1,0564	1,0851	1,1138	1,1425	1,1712	1,1999	1,2286
39	1,0864	1,1164	1,1465	1,1766	1,2067	1,2368	1,2668	1,2969
40	1,1467	1,1782	1,2097	1,2412	1,2727	1,3042	1,3357	1,3672
41	1,2088	1,2417	1,2747	1,3076	1,3406	1,3736	1,4065	1,4395
42	1,2725	1,3070	1,3414	1,3759	1,4103	1,4448	1,4793	1,5137
43	1,3380	1,3740	1,4100	1,4460	1,4820	1,5180	1,5539	1,5899
44	1,4053	1,4428	1,4804	1,5179	1,5555	1,5930	1,6305	1,6681
45	1,4742	1,5134	1,5525	1,5917	1,6308	1,6700	1,7091	1,7483
46	1,5449	1,5856	1,6264	1,6672	1,7080	1,7488	1,7896	1,8304
47	1,6172	1,6597	1,7022	1,7446	1,7871	1,8296	1,8720	1,9145
48	1,6913	1,7355	1,7797	1,8239	1,8680	1,9122	1,9564	2,0005
49	1,7672	1,8131	1,8590	1,9049	1,9508	1,9968	2,0427	2,0886
50	1,8447	1,8924	1,9401	1,9878	2,0355	2,0832	2,1309	2,1786
51	1,9240	1,9735	2,0230	2,0725	2,1220	2,1716	2,2211	2,2706
52	2,0049	2,0563	2,1077	2,1591	2,2104	2,2618	2,3132	2,3645
53	2,0876	2,1409	2,1942	2,2474	2,3007	2,3540	2,4072	2,4605
54	2,1721	2,2272	2,2824	2,3376	2,3928	2,4480	2,5032	2,5584
55	2,2582	2,3154	2,3725	2,4297	2,4868	2,5440	2,6011	2,6583
56		2,4052	2,4644	2,5235	2,5827	2,6418	2,7009	2,7601
57			2,5580	2,6192	2,6804	2,7416	2,8027	2,8639
58			2,6534	2,7167	2,7799	2,8432	2,9065	2,9697
59				2,8160	2,8814	2,9468	3,0121	3,0775
60					2,9847	3,0522	3,1197	3,1872
61						3,1596	3,2292	3,2989
62							3,3407	3,4126

Ek Tablo 2' nin devamı

Çaplar (cm)	Boylar (m)							
	28	29	30	31	32	33	34	35
28	0,6706	0,6874	0,7043					
29	0,7203	0,7381	0,7559	0,7738	0,7916			
30	0,7719	0,7908	0,8097	0,8286	0,8475			
31	0,8255	0,8455	0,8655	0,8855	0,9055	0,9255		
32	0,8812	0,9023	0,9235	0,9446	0,9657	0,9869	1,0080	
33	0,9389	0,9612	0,9835	1,0058	1,0281	1,0504	1,0727	1,0950
34	0,9985	1,0220	1,0455	1,0690	1,0926	1,1161	1,1396	1,1631
35	1,0602	1,0850	1,1097	1,1345	1,1592	1,1840	1,2087	1,2335
36	1,1239	1,1499	1,1759	1,2020	1,2280	1,2540	1,2801	1,3061
37	1,1896	1,2169	1,2443	1,2716	1,2989	1,3263	1,3536	1,3810
38	1,2573	1,2860	1,3147	1,3434	1,3720	1,4007	1,4294	1,4581
39	1,3270	1,3571	1,3871	1,4172	1,4473	1,4774	1,5075	1,5375
40	1,3987	1,4302	1,4617	1,4932	1,5247	1,5562	1,5877	1,6192
41	1,4724	1,5054	1,5383	1,5713	1,6043	1,6372	1,6702	1,7031
42	1,5482	1,5826	1,6171	1,6515	1,6860	1,7204	1,7549	1,7893
43	1,6259	1,6619	1,6979	1,7338	1,7698	1,8058	1,8418	1,8778
44	1,7056	1,7432	1,7807	1,8183	1,8558	1,8934	1,9309	1,9685
45	1,7874	1,8266	1,8657	1,9049	1,9440	1,9832	2,0223	2,0615
46	1,8712	1,9120	1,9527	1,9935	2,0343	2,0751	2,1159	2,1567
47	1,9569	1,9994	2,0419	2,0843	2,1268	2,1692	2,2117	2,2542
48	2,0447	2,0889	2,1331	2,1772	2,2214	2,2656	2,3097	2,3539
49	2,1345	2,1804	2,2263	2,2723	2,3182	2,3641	2,4100	2,4559
50	2,2263	2,2740	2,3217	2,3694	2,4171	2,4648	2,5125	2,5602
51	2,3201	2,3696	2,4191	2,4687	2,5182	2,5677	2,6172	2,6667
52	2,4159	2,4673	2,5187	2,5700	2,6214	2,6728	2,7241	2,7755
53	2,5137	2,5670	2,6203	2,6735	2,7268	2,7800	2,8333	2,8866
54	2,6136	2,6688	2,7239	2,7791	2,8343	2,8895	2,9447	2,9999
55	2,7154	2,7726	2,8297	2,8869	2,9440	3,0012	3,0583	3,1155
56	2,8192	2,8784	2,9375	2,9967	3,0558	3,1150	3,1741	3,2333
57	2,9251	2,9863	3,0475	3,1086	3,1698	3,2310	3,2922	3,3534
58	3,0330	3,0962	3,1595	3,2227	3,2860	3,3492	3,4125	3,4757
59	3,1428	3,2082	3,2735	3,3389	3,4043	3,4696	3,5350	3,6003
60	3,2547	3,3222	3,3897	3,4572	3,5247	3,5922	3,6597	3,7272
61	3,3686	3,4383	3,5079	3,5776	3,6473	3,7170	3,7867	3,8563
62	3,4845	3,5564	3,6283	3,7002	3,7720	3,8439	3,9158	3,9877
63	3,6024	3,6765	3,7507	3,8248	3,8989	3,9731	4,0472	4,1214
64	3,7223	3,7987	3,8751	3,9516	4,0280	4,1044	4,1809	4,2573
65			4,0017	4,0805	4,1592	4,2380	4,3167	4,3955
66			4,1303	4,2114	4,2926	4,3737	4,4548	4,5359

Ek Tablo 2' nin devamı

Çaplar (cm)	Boylar (m)				
	36	37	38	39	40
33	1,1173	1,1396	1,1619	1,1842	1,2065
34	1,1866	1,2101	1,2336	1,2571	1,2806
35	1,2582	1,2830	1,3077	1,3325	1,3572
36	1,3321	1,3581	1,3842	1,4102	1,4362
37	1,4083	1,4357	1,4630	1,4903	1,5177
38	1,4868	1,5155	1,5442	1,5729	1,6016
39	1,5676	1,5977	1,6278	1,6578	1,6879
40	1,6507	1,6822	1,7137	1,7452	1,7767
41	1,7361	1,7690	1,8020	1,8350	1,8679
42	1,8238	1,8582	1,8927	1,9271	1,9616
43	1,9138	1,9497	1,9857	2,0217	2,0577
44	2,0060	2,0436	2,0811	2,1187	2,1562
45	2,1006	2,1398	2,1789	2,2181	2,2572
46	2,1975	2,2383	2,2790	2,3198	2,3606
47	2,2966	2,3391	2,3816	2,4240	2,4665
48	2,3981	2,4423	2,4864	2,5306	2,5748
49	2,5018	2,5478	2,5937	2,6396	2,6855
50	2,6079	2,6556	2,7033	2,7510	2,7987
51	2,7162	2,7658	2,8153	2,8648	2,9143
52	2,8269	2,8783	2,9296	2,9810	3,0324
53	2,9398	2,9931	3,0464	3,0996	3,1529
54	3,0551	3,1103	3,1654	3,2206	3,2758
55	3,1726	3,2298	3,2869	3,3441	3,4012
56	3,2924	3,3516	3,4107	3,4699	3,5290
57	3,4146	3,4757	3,5369	3,5981	3,6593
58	3,5390	3,6022	3,6655	3,7287	3,7920
59	3,6657	3,7310	3,7964	3,8618	3,9271
60	3,7947	3,8622	3,9297	3,9972	4,0647
61	3,9260	3,9957	4,0654	4,1350	4,2047
62	4,0596	4,1315	4,2034	4,2753	4,3472
63	4,1955	4,2697	4,3438	4,4179	4,4921
64	4,3337	4,4101	4,4866	4,5630	4,6394
65	4,4742	4,5530	4,6317	4,7105	4,7892
66	4,6170	4,6981	4,7792	4,8603	4,9414
67	4,7621	4,8456	4,9291	5,0126	5,0961
68	4,9095	4,9954	5,0813	5,1672	5,2532
69	5,0591	5,1475	5,2359	5,3243	5,4127
70	5,2111	5,3020	5,3929	5,4838	5,5747

ÖZGEÇMİŞ

05.08.1985 yılında İstanbul' da doğan Servet PEHLİVAN; ilk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2003 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü' nü kazanmış ve 2008 yılında Orman Mühendisi olarak mezun olmuştur. Aynı yıl K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı' nda başladığı yüksek lisans eğitimini halen sürdürmektedir.

Servet PEHLİVAN orta derecede İngilizce bilmektedir.