

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TİTREK KAVAK (*Populus tremula* L.) HACİM VE BONİTET ENDEKS  
TABLOLARININ DÜZENLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. Müh. Şenol BAYBURTLU**

**OCAK 2007  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TİTREK KAVAK (*Populus tremula* L.) HACİM VE BONİTET ENDEKS  
TABLOLARININ DÜZENLENMESİ**

**Orm. Müh. Şenol BAYBURTLU**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.01.2007**

**Tezin Savunma Tarihi : 31.01.2007**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nuray MISIR**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hakkı YAVUZ**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Kadri Cemil AKYÜZ**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT**

**Trabzon 2007**

## ÖNSÖZ

“Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Türü Hacim Ve Bonitet Endeks Tablolarının Düzenlenmesi” adlı bu çalışma, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırmanın ilk aşamasından sonuçlandırılmasına kadar her aşamasında sürekli destek ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Nuray MISIR’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın her aşamasında değerli fikir ve katkılarıyla bana yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’a, örnek alanların alınmasında yardımlarını eksik etmeyen Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Araştırma Müdürlüğü bünyesi çalışanları ve Şebinkarahisar Orman İşletme Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca örnek alanların alınması ve değerlendirilmesi sırasında yaptığı katkılardan dolayı meslektaşım Orm. Müh. Fatih BİLGİLİ’ye teşekkür ederim.

Şenol BAYBURTLU

Trabzon, 2007

## 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. Titrek Kavak Hakkında Genel Bilgiler .....	2
1.2.1. Titrek Kavağın Doğal Yayılışı .....	2
1.2.2. Titrek Kavağın Botanik Özellikleri.....	3
1.2.3. Titrek Kavağın Ekolojik Özellikleri.....	4
1.2.4. Titrek Kavak Odununun Anatomik Özellikleri.....	5
1.2.5. Titrek Kavak Odununun Teknolojik özellikleri.....	6
1.2.6. Titrek Kavak Odununun Kullanım Yerleri.....	7
1.3. Literatür Özeti.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	13
2.1. Materyal.....	13
2.1.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Nitelikleri.....	13
2.1.2. Örnek Ağaçlarda Yapılan Ölçümler.....	15
2.2. Yöntem .....	17
2.2.1. Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi .....	17
2.2.2. Meşcere Verim Gücünün Belirlenmesi .....	24
3. BULGULAR .....	27
3.1. Ağaç Hacim Tablolarına İlişkin Bulgular Verilerinin Değerlendirilmesi.....	27
3.2. Yetiştirme Ortamı Verim Gücünün Belirlenmesine İlişkin Bulgular .....	37
4. TARTIŞMA.....	40
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	42
6. KAYNAKLAR.....	44

7. EKLER.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	53

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin ekonomik ağaç türlerinden biri olan Titrek Kavak ağaç türünün (*P. tremula* L.) tek ve çift girişli gövde hacim tabloları ile bonitet endeks tablosu oluşturulmuştur. Hacim tablolarının geliştirilmesinde türün doğal yayılış alanı içerisindeki eşityaşlı ve saf meşcerelerinden 46 örnek ağaç alınmış, bu örnek ağaçlar üzerinde gövde analizi yapılmıştır. Böylece ağaç sayısı 541'e çıkarılmıştır. 541 veriden 495'i hacim denklemlerini geliştirmede kullanılmışken, geri kalan 46'sı hacim denklemlerinin kontrolünde kullanılmıştır. Tek girişli hacim denkleminin belirtme katsayısı 0.98 olup toplam hata yüzdesi % 1.99, ortalama mutlak hata yüzdesi % 13.25'dir. göğüs çapı dışında ağaç boyu ölçümüne de gerek duyan çift girişli hacim denkleminin belirtme katsayısı 0.99, toplam hata yüzdesi % 0.07 ve ortalama mutlak hata yüzdesi % 7.4'tür.

Titrek Kavak ağaç türünün meşcerelerinin yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesi amacıyla, polimorfik yöntem kullanılarak "Bonitet Endeks Tablosu" oluşturulmuştur. Bu tablonun oluşturulabilmesi için her bonitet sınıfı için ayrı ayrı olmak üzere yaş-boy modelleri geliştirilmiştir. Standart yaş 30 yıl alınmış ve 3 bonitet sınıfı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hacim Denklemi, Titrek Kavak, Bonitet Endeks Tablosu, Polimorfik Yöntem

## SUMMARY

### **Construction of Stem Volume Tables and Site Index Tables for Trembling Aspen**

Single entry and double entry stem volume tables are constructed for *Populus tremula* L. that has easy wood is economically invaluable in Turkey.

Data were collected from 46 sample trees and were made stem analysis, thus, a number of data are increased 541 trees.

Constructing single entry and double entry stem volume tables, a lot of equations were examined according to six performance criteria. Comparison are made to determine which equation provides the best overall fit to a set of validation data for *Populus tremula* L.. The results indicate that best model chosen from the equations can be used for Turkey of 0.05 significant level.

Both of single and double stem volume equation gave the minimum Total Error and Mean Absolute Error (1.99 % and 0.07% TE; 13.25% and 7.4% MAE).

To determine site quality of trembling aspen natural stands was used polymorphic methods and was developed Site Index Table. Standard age was selected 30 years and each site classes were obtained age-height models.

**Key Words:** Volume equation, Trembling Aspen, Site Index Table, Polymorphic Methods

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Titrek Kavak ağaç türünün Türkiye'deki yayılışı .....	3
Şekil 2. Örnek ağaçların yükselti basamaklarına dağılımı. ....	14
Şekil 3. Örnek ağaçların eğim gruplarına dağılımı. ....	14
Şekil 4. Titrek Kavak bonitet sınıflaması.....	38
Şekil 5. Titrek Kavak gövde hacmi ile Kestane ve Dişbudak gövde hacimlerinin karşılaştırılması.....	41



## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Titrek Kavak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri.....	7
Tablo 2. Bazı kavak odunlarının kimyasal özellikleri.....	8
Tablo 3. 46 örnek alana ilişkin istatistiki değerleri .....	14
Tablo 4. Hacim tablosu oluşturmada ve kontrolünde kullanılan verilere ilişkin bazı istatistiki değerler .....	16
Tablo 5. Hacim tablosu oluşturma ve kontrol verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı .....	16
Tablo 6. Türkiye’de çeşitli ağaç türleri için düzenlenmiş çift girişli ağaç hacim tabloları .....	20
Tablo 7. Örnek ağaçların boylanma eğrilerine ilişkin parametre tahmin değerleri .....	27
Tablo 8. 495 ağacın göğüs çapı, boyu ve kabuklu gövde hacmi değerleri.....	29
Tablo 9. Tek girişli hacim denklemlerine ilişkin bulgular .....	34
Tablo 10. Tek girişli hacim denklemlerine ait ölçüt değerleri .....	35
Tablo 11. Çift girişli hacim denklemlerine ilişkin bulgular .....	36
Tablo 12. Çift girişli hacim modellerine ilişkin ölçüt değerleri ile başarı puanları	36
Tablo 13. Titrek Kavak türüne ilişkin bonitet sınıflaması.....	37
Tablo 14. Bonitet sınıflarına ilişkin yaş-boy denklemleri.....	39
Ek Tablo 1. Titrek Kavak tek girişli ağaç hacim tablosu .....	49
Ek Tablo 2. Titrek Kavak çift girişli ağaç hacim tablosu.....	50
Ek Tablo 3. Titrek Kavak bonitet endeks tablosu.....	52

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ülkemizde bir yandan artan nüfusun gereksinimlerini karşılayabilmek, diğer yandan sosyal, ekonomik ve ekolojik açıdan sahip olduğu önemi de göz önüne alarak doğal kaynakların en başında gelen ormanlardan faydalanmanın planlanması gerekir. Teknolojinin hızla gelişmesiyle orman ürünlerine karşı birçok ikame malın üretilmesine rağmen odun ürünlerine olan talebin giderek artması, bu planlamanın önemini arttırmaktadır.

Amenajman planlarının düzenlenmesinde meşcerelerin verim güçleri, ekolojik koşulları, silvikültürel durumları, artım ve büyüme ilişkilerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Ormanların planlanmasında birçok karar, büyüme ilişkilerinin tahminine ihtiyaç duyar. Bunlar planlama seçeneklerinin ortaya konması ve en iyi seçeneğin belirlenmesine katkıda bulunurlar (Meyers, 1974).

Orman işletmelerinin sermayelerinin çok büyük bir kısmını ağaç serveti oluşturmaktadır. Orman işletmeleri iyi bir planlama yapabilmek için mevcut ağaç serveti miktarının bilinmesine ihtiyaç duyarlar. Ağaç hacim tabloları tek ağaç ya da meşcere hacmini bulmakta kullanılırlar. Meşcere hacminin bulunması demek orman işletmelerinin ne kadar bir ağaç servetine sahip oldukları anlamına gelmektedir.

Orman işletmelerini planlamak, gerekli kararları alabilmek için ormanların bugünkü ve gelecekteki üretim miktarının bilinmesine ihtiyaç duyarlar. Ormanların artım ve büyümesi ile o arazinin arasında sıkı bir ilişki vardır. Dolayısıyla sermayenin çok büyük bir kısmını oluşturan ormanların planlanmasında üzerindeki ağaç serveti kadar orman arazisinin verim gücünün de bilinmesi oldukça önemlidir. Bir meşcerenin yetişme ortamı verim gücü iki şekilde ifade edilmektedir. Bir meşcerede büyümeye etki eden tüm faktörlerin en uygun şekilde bir araya gelmesiyle elde edilen verim gücüne potansiyel verim gücü denmektedir. Yani o meşcerenin ideal verim gücünü ifade eder. İkincisi meşcerenin o anda var olan verim gücü; yani doğal verim gücü olarak ifade edilmektedir. Gerek silvikültürel gerekse kültürel müdahale eksikliği ya da yanlışlığı nedeniyle bir meşcere, potansiyel verim gücüne göre daha düşük bir verim gücüne sahip olmaktadır.

Titrek Kavak ülkemizde geniş yayılış gösteren, soğuğa dayanıklı, odunu sanayinin bazı dallarında önemli ölçülerde kullanılan doğal bir ağaç türümüzdür. Ülkemizde pek çok ağaç türünde artım ve büyüme ilişkileri üzerine birçok araştırma yapılmasına karşın, Titrek Kavak için henüz böyle bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışma; bu tür için tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının oluşturulması ve yetiştirme ortamı verim gücünü ortaya koyan bonitet endeks tablosunun düzenlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki Titrek Kavak meşcerelerinden alınan 46 adet ağaçtan elde edilen gövde analizi verileri kullanılmıştır.

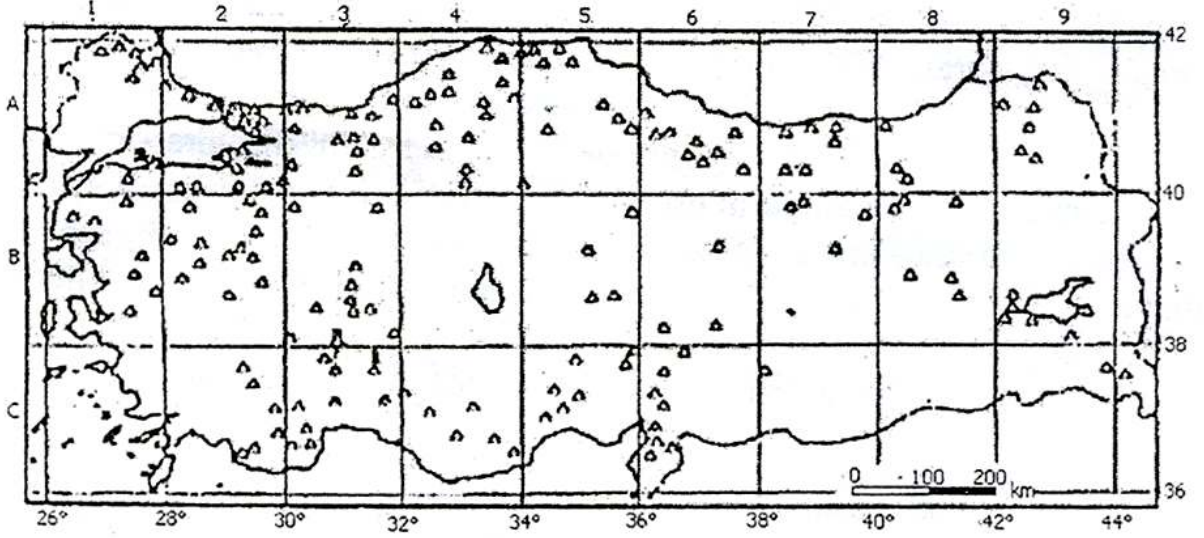
## **1.2. Titrek Kavak Hakkında Genel Bilgiler**

### **1.2.1. Titrek Kavağın Dünyada ve Türkiye'deki Doğal Yayılışı**

Titrek Kavak öncü orman ağaçlarından biridir. Büyük yangın ve hastalıklardan sonra alana ilk gelip yerleşen öncü ağaç türlerindedir. Step alanları dışında hemen her yerde yetişmektedir. Özellikle dere ve nehir boylarında, orman içi açıklıklarda görmek mümkün olmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997; Yaltırık, 1993; Tunçtaner vd., 1994).

Coğrafi yayılışı çok geniştir. Tüm Avrupa, Kuzey Afrika, Orta Doğu, Kafkasya ve Sibirya'dan Japonya'ya kadar yayılmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997).

Ülkemizde ise; Batı Trakya, Batı Anadolu ve Karadeniz mıntıklarında çok iyi gelişme göstermekte olup, Güneydoğu ve İç Anadolu step bölgesi dışında kalan tüm orman mıntıklarındaki yapraklı ve ibrelili karışık ormanlarında kümeler halinde veya serpili olarak, yangın geçirmiş ve tıraşlama alanlarında ise saf meşcereler halinde yayılış göstermektedir (Öner ve Aslan, 2002).



Şekil 1. Titrek Kavak ağaç türünün Türkiye'deki yayılışı (Yaltırık, 1993)

### 1.2.2. Titrek Kavağın Botanik Özellikleri

Titrek Kavak sistematikte *Angiospermae*'lerin *Salicales* takımının *Salicaceae* familyasına bağlı *Populus* cinsi, *Leuce* (Duby) seksiyonu, *Trepediae* alt seksiyonuna ait bir tür olarak verilmektedir.

Türün birkaç varyete ile çeşitli formları bulunmaktadır. Bunlardan; *Populus tremula* var. *villosa* (Lang) Wesn'in taze yaprak ve sürgünleri ipek gibi tüylerle örtülüdür. *Populus tremula* var. *dauidiana* (Dode) Schneid'in yaprakları daha küçük, kenarları dişli ve oyuntuları daha az sayıda olmaktadır. İsveç'te sütun şeklinde "*Populus tremula erecta*" adlı bir Titrek Kavak'tan da söz edilmektedir. Ayrıca İngiltere'de *Populus tremula* cv. "*Pendula*" ve *Populus tremula* cv. "*Purpurea*" formlarının yetiştirildiği belirtilmektedir (Kayacık, 1981).

Titrek Kavak 20-25 m boylara ulaşan silindirik yapılı bir kavak türüdür. Yaprak sapları yandan basık ve çok uzun olduğu için hafifçe bir rüzgarla bile sallanmasından dolayı bu adı almıştır (Anşin ve Özkan, 1997).

Kabuklar yeşilimtrak-gri renkli olup parlak ve düzdür. Sürgün ve tomurcukları kızıl kestane rengindedir. Aynı zamanda cilalanmış gibi parlaktır. Tomurcukları terminal durumda olup, sürgünlere sarmal dizilmiştir. Çiçek taşıyan tomurcuklar büyük, dolgun ve

küt uçlu iken, yaprak tomurcukları sivri uçlu, daha küçük, hafif ve yapışkandır. Uzun sürgünler üzerindeki (özellikle kütük sürgünlerindeki) yapraklar sivri uçlu yumurta biçiminde, dip tarafları yürek şeklindedir. Yaprak kenarları düzensiz çift sıralı dişli olup, alt yüzleri yumuşak tüylüdür. Kısa sürgünler üzerindeki yapraklar ise uzunluğu genişliğine eşit denecek şekilde 3-7 x 3-7 cm büyüklüğünde, dairemsi, küt uçlu, dip tarafı hafif yürek biçimindedir. Yaprakların üst yüzü koyu yeşil ,alt yüzü grimsi yeşil ve çıplaktır; yaprak ayasının kenarları dilimli dişlidir (Kayacık, 1981; Yaltırık, 1993).

Erkek çiçek başakçıkları (çiçek kurulları) hafif kıvrık olup ortalama 4-10 cm boyunda; 1 cm çapında olup uzun tüylerle kaplıdır. Yumurtalık (Ovaryum) canlı yeşil renkte konik sivri uçlu, çok kısa saplıdır. Tabanında az tüylü (kirpikli) brahte bulunur. Tepecik (Stigma) kırmızı renktedir ve ikiye ayrılmıştır (Anşin ve Özkan, 1997).

### 1.2.3. Titrek Kavağın Ekolojik Özellikleri

Ormanlarda en çok görülen kavak türüdür. Hızlı büyür, kuvvetli kök sürgünü yapar. Çok geniş yayılış alanında iklim ve toprak seçen bir ağaç türü değildir. Odunsu bitki örtüsü kalkan yada kaldırılan yerlerde, çoğunlukla geçici orman toplulukları kurarak kendinden sonra gelecek ağaç türlerine elverişli iklim ve toprak koşulları hazırlarlar. Dağlarda oldukça yüksek yerlere çıkar. Nemli kuzey yamaçlarda çeşitli ağaç türlerinin oluşturduğu ormanlarda (Gökmar, Kayın, Sarıçam, Karaçam ve Meşe ile birlikte) karışıma katılırlar. Denizden 1800-1900 m yüksekliğe kadar çıkar. Türkiye'deki Titrek Kavakları'nda öz çürümesi 40-50 yaşları arasında başlar ve yaşlandıkça artar.

Titrek Kavak çok kuru ve ağır kil topraklarından hoşlanmaz, hava sıcaklığı isteği azdır, donlara karşı dayanıklıdır. Işık ağacıdır ve ışık isteğinin karşılanması için sürekli olarak tepe serbestliği ister. Gençlik çağında kazık kök geliştiren Titrek Kavak daha sonraki gelişme çağlarında ise dalıcı (sığ) kök sistemi geliştirdiğinden fırtınadan kolaylıkla devrilebilir (Ata ve Demirci, 1993; Anşin ve Özkan, 1997).

Biyolojik, ekolojik ve morfolojik farklılıklar gösteren diş ve erkek fertlerinin bulunduğu populasyonda erkek bireylerin daha çok sayıda olduğu ve bunların toprak istekleri daha az olduğu için daha fakir yerlerde yetişebildiği, aynı şekilde bu türde büyük boyutlu, daha geniş tepeli ve daha gelişmiş kök sistemlerine sahip fertlerinin bulunduğu, yine erkek fertlerde odunun daha iyi teknik özelliklere sahip olduğu, direncin de %4-18 daha fazla olduğu; buna karşılık diş bireylerin ise *Fomes igniarus* Fr., *F. tremula*

mantarının meydana getirdiği çürüklüğe karşı daha dayanıklı oldukları belirtilmektedir (Öner ve Aslan, 2002).

Titrek Kavak kök sürgünü yapan ağaç türlerinden olduğundan ancak kök çeliği ile üretilmesinde başarılı olunabilir. Yaşlı ağaçların gövdelerinde öz çürüklüğü sıkça görülür. O nedenle Titrek Kavaklar fazla yaşlanmadan kesip, değerlendirmek gerekir (Anşin ve Özkan, 1997; Ata ve Demirci, 1993).

#### **1.2.4. Titrek Kavak Odununun Anatomik Özellikleri**

Titrek kavak odunu, kirli beyaz renkte, yıllık halkalar geniş olup yaz odun tabakası koyuca, kokusuz, çok hafif ve yumuşaktır (Aytuğ, 1984).

Titrek kavak dağınık traheli olup, yıllık halka içerisinde sayıları farklılık göstermektedir. Trahelerin oranı %26.4, liflerin %60.9 ve öz ışınlarının %12.7'dir. trahelerin perforasyon tablası basittir (Göker, 1983).

Odunun kullanım alanlarını etkileyen odun öğelerinden biri olan öz ışınları, sadece odunların tanısını yapmada büyük özellikler içermekte, aynı zamanda teknolojik yönden odunu kullanma ve yararlanma alanını belirleyen önemli öğelerden olduğu belirtilmektedir (Bozkurt, 1967).

Odununda mm<sup>2</sup>'deki trahe sayısının 135 olduğu, alçak rakımlı yörelerden yüksek rakımlı yörelere çıkıldıkça, başka bir ifadeyle, denizden yükseldikçe mm<sup>2</sup>'deki bu sayının arttığı belirtilmektedir (Bozkurt, 1986).

Trahelerin radyal yöndeki çapları, gerek ilkbahar, gerekse yaz odununun teğetsel yöndeki çaplarından fazla olmaktadır. Dolayısıyla, trahenin enine kesitlerdeki görünüşleri, radyal yönde uzun, tek traheler elips, oval grup traheler ise köşeli veya yuvarlak kenarlı olmaktadır (Bozkurt, 1967)

İlkbahar odununda radyal ve teğet çap ortalamaları sırasıyla 88.0819, 66.1418 mikron; çeper kalınlığı ortalaması ise 2.1948 mikron kadar olabilmektedir (Bozkurt, 1986).

Titrek kavakta trahe hücrelerinin delikçikleri soyutlanmıştır. Tek başına bulunan bu trahe hücrelerinde yapılan bu incelemelere göre, trahelerin iki ucu sivri, bir ucu sivri, bir ucu küt, iki ucu küt olabilmekte, tek delikli olan perforasyon tablasındaki delik oval, yuvarlak ve bazen de elipsoid şekilde ve trahelerin boyuna çeperleri üzerindeki kenarlı geçitler ise "almaçlı(diyagonal)" olmaktadır. Geçitler bazen tüm yüzde veya çeperin belirli kısımlarında yer almaktadır (Bozkurt, 1986).

Trahe gruplaşmaları, genel olarak ışınsal yönde 2-6 adet, çok az bir bölümünde de 7'li ve 8'li; küme biçiminde ise çoğunlukla 3-8'li, bir arada ve çok azı da 9'lu veya 10'lu kümeler oluşturmaktadır (Bozkurt, 1967).

Kavak odununun tanımını kolaylaştıran çok önemli özelliklerden biri de, öz ışınlarını oluşturan hücrelerin homoselüler bir yapıda olmasıdır. Titrek kavaklarda öz ışınları "tek sıralı (üniseri)"dir (Atik, 1995).

Titrek kavak odunundaki mm<sup>2</sup>'deki öz ışın sayısının 52, ortalama lif boylarının 1.297 mm, lif genişliğinin 26 mikrob olduğu, lif çeper kalınlıkları ortalamasın da 6.074 mikron ve öz ışınların oduna katılım oranının %17 olduğu bildirilmektedir (Bozkurt, 1986).

Titrek kavakta traheler dağınık dizilişte olup, odunu homojendir ve 120-140 trahe hücresi bulunmaktadır. Öz ışınları homoselüler olup, 1 mm<sup>2</sup>'de 114, mm<sup>2</sup>'de 50-60 öz ışını bulunmaktadır. Öz ışınlarının yüksekliği 22, genişliğinin ise bir hücre kadar olduğu, perforasyon tablasının basit olduğu ve spiral kalınlaşma olmadığı aynı şekilde öz lekelerinin bulunmadığı belirtilmektedir (Bozkurt, 1986).

### 1.2.5 Titrek Kavak Odununun Teknolojik Özellikleri

Bir ağacın teknolojik özellikleri, o ağacın fiziksel, mekanik, kimyasal ve bu niteliklerine etkili olan anatomik özelliklerini kapsamaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi, o ağacın odununun kullanım yerlerinin tespitinde belirleyici olmaktadır. Ülkemizde bazı ağaç türlerinin odunlarının fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini tespit etmek amacıyla ülkemizde yapılmış olan birçok araştırmalar bulunmaktadır (Bozkurt, 1986). İncelenen bu araştırmalardan odunun bu özelliklerine uygun kullanım yerleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bugüne kadar *Populus tremula* L.'nin teknolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine yurdumuzda yapılmış bazı araştırmalar bulunmaktadır (Bozkurt, 1986). Bu araştırmalardan Titrek Kavak'ın fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Titrek Kavak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri

Ölçülen Özellik	Öner'e (1996) göre	Erten vd.'ne (1995) göre
Hava Kurusu Özgül Ağırlık(g/cm <sup>3</sup> )	0.42190	0.51990
Tamkuru Özgül Ağırlık(g/cm <sup>3</sup> )	0.38350	0.49580
Hacim Ağırlık Değeri (g/cm <sup>3</sup> )	0.33620	-
Yıllık Halka Genişliği (mm)	-	1.98130
Yaz Odunu Genişliği (mm)	-	0.68570
İlkbaharOdunuGenişliği (mm)	-	1.29560
Radyal Yönde Şişme(%)	4.37260	8.29850
Teğet Yönde Şişme(%)	8.28950	6.26700
Liflere Paralel Yönde Şişme(%)	0.37120	-
Toplam Hacimsel Şişme(%)	13.36872	14.70950
Radyal Yönde Çekme(%)	3.94480	6.36760
Teğet Yönde Çekme(%)	8.05490	5.52380
Liflere Paralel Yönde Çekme(%)	0.35880	-
Toplam Hacimsel Çekme(%)	12.04446	11.66970
Elastite Modülü(kp/cm <sup>2</sup> )	-	102.45500
Eğilme Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	761.75770	906.58060
Dinamik Eğilme Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	0.522990	-
JankaSertlik(LiflereParalel)(kp/cm <sup>2</sup> )	258.81300	376.22400
Janka Sertlik (Liflere Dik) (kp/cm <sup>2</sup> )	356.52100	311.99250
Makaslama Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	69.79000	89.40000
Çekme Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	-	709.72600
Basınç Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	395.6100	562.00000

Titrek Kavak odunu yeni kesildiğinde açık renkli, diri odunu beyaz, sarımsı beyaz veya fildişi rengindedir. Kuruduktan sonra öz odununun rengi uçuklaşır. Ancak koyu renkli bir öz odunu yoktur ve tamamen diri odun karakterindedir. Yaz odun tabakası koyuca ve kokusuzdur. Genellikle odunu ince veya orta tekstürlü ve düzgün liflidir. Perforasyonu basit, spiral kalınlaşmaları ve öz lekeleri bulunmamaktadır. Tekdüze bir yapıya sahiptir. Çok hafif ve yumuşak bir odunu vardır. (As, 1992). Yıllık halka sınırları enine kesitte bariz olup 1.98 mm genişliktedir (Atik, 1995).

### 1.2.6. Titrek Kavak Odununun Kullanım Yerleri

Titrek Kavak odununun çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Odununun yeknesak yapıda olması, yumuşak ve kolayca soyulabilmesi, eğilme direncinin yüksek olması, kimyasal maddeleri absorbe etme özelliği ve yandığında is çıkarmaması, yıllık halkalarının dar olması, koyu renkli bir öz odununun bulunmaması ve düzgün lifli olması



nedeniyle soyma makinelerinde kolaylıkla tabakalar halinde soyulabilmesi gibi nedenlerle kibritle yapımında kullanılmaktadır.

Titrek Kavak odununda, lignin oranının %17.40 ile diğer kavak türlerinin çoğundan daha düşük oranlarda bulunması, tersine selüloz oranının yüksek olması, kolayca beyazlatılabilmesi ve lif uzunluğunun 1.366 mm olması gibi nedenlerle kağıt üretimine elverişli bir tür olduğu söylenebilir (Atik, 2001). Ayrıca hektar başına kuru odun hammaddesi veriminin yüksek olması da (hektarda 6.7 ton kuru odun hammaddesi verimi) Titrek Kavak'ı kağıt ve selüloz üretiminde aranan bir tür yapmaktadır. Titrek Kavak ve bazı kavak türü odunlarının kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bazı Kavak Odunlarının Kimyasal Özellikleri (Atik, 2001)

Kavak Türü	Kül	Alkol Benzende Çözünürlük (%)	Sıcak Suda Çözünürlük (%)	%1'lik NaOH'da Çözünürlük (%)	Pentosan	Lignin	Kahverengi Selüloz
<i>P. tremula</i>	0.28	3.53	3.44	19.89	26.13	17.40	-
<i>P. euphrotic</i>	1.75	2.52	3.96	20.45	23.41	25.44	74.29
<i>P. tomentosa</i>	0.49	4.65	4.44	18.88	24.61	23.03	45.55

Titrek Kavak odunundan yapılacak odun kaplama levhalarının hafifliği ve şeklini muhafaza ederek çarpılmaması, yeknesak bir şekilde çalışması dolayısıyla konstrüksiyon levhalarının iç ve dış kısımlarında ve kaplama levhalarına stabil bir zemin oluşturması gibi kullanım alanları bulunmaktadır (Berkel, 1970).

Kontraplak sanayiinde soyma makinelerinde soyulmadan kalan 12 cm çaplı tomruk artıkları biçilerek sandık kutu gibi ambalaj imalinde veya kürdan üretiminde de Titrek Kavak odunu değerlendirilebilir.

Titrek Kavak odunu dış mekanlarda, böcek ve mantara karşı dayanıklı olmadığından ham haliyle pek kullanılmamaktadır. Ancak iyi kurutularak iç mekanlarda, basit köy evlerinin çatı kirişlerinde ve kerpiç bina iskeletlerinde kullanılabilir. Ayrıca odunun yumuşak ve esnek oluşu nedeni ile jimnastik salonlarının zemin döşemelerinde, bina pencerelerinin jaluzi üretiminde ve pedavra imalinde de kullanılabilir.

Odununun hafifliğine rağmen dayanıklı olması, nakliyat ücretlerinin azlığı, kokusuz ve reçinesiz olması, yüksek eğilme direncine sahip olması, çivi tutma kabiliyetinin iyi ve

çivilenme sırasında çatlamaması ve kıymık yapmaması gibi nedenlerle ambalaj sanayiinde de kullanılmaktadır.

Titrek Kavak odunu şimendifer vagonlarının iç kısımlarında dolgu materyali olarak, yeterli mukavemeti nedeniyle suni bacak ve kol protezinde, ayrıca mutfak aletleri, şapka kalıpları, heykel ve biblolar, saat yuvaları, maden döküm modelleri, makara, ayakkabı topukları, resim tahtaları, oyuncaklar, fiçı tıkaçları, tersimat masaları yapımında da kullanılabilir.

Kalın çaplı Titrek Kavak gövdeleri yumuşak ve yeknesak yapıları olduğundan kaplama ve kontrplak sanayinin önemli bir hammaddesini oluşturmaktadır. Kesme kaplama sanayinde 40 cm'den fazla çapa sahip odunlar kullanılabilir. Mevcut soyma makineleri ile 85 cm çapındaki gövdeleri ince levhalara soymak mümkündür. Bu sanayide kullanılacak tomrukların sağlam ve budaksız olması gerekmektedir. Kesme kaplamada daha kaliteli gövdeler, soyma kaplama ve kontrplak için ise daha az kaliteli gövdeler kullanılabilir.

### 1.3. Literatür Özeti

Beck (1971), bonitet endeks eğrilerinin oluşturulmasındaki hata kaynaklarını araştırmıştır. Galip ve yarı galip ağaçların çoğunun *P. strobus* türü olduğu 42 doğal eşityaşlı meşcereden alınan boy büyümesi verilerine göre yeni boy büyümesi eğrileri oluşturmuştur. Boy büyümesi eğrilerinin şekli bonitet endeksi ile ilişkili olarak değişiklik göstermiştir. Ayrıca meşcere yoğunluğu ile boy büyümesi arasında bir ilişki bulunmadığını göstermiştir.

Halupa vd. (1975), Titrek Kavak I 214 klonlarında 5,2x 3 m aralık mesafe ile plantasyon alanları oluşturmuş, ilk aralamada gövdelerin %50'sini çıkartarak 6 bonitet sınıfına ayırmış ve hasılat tabloları geliştirmiştir.

Fralish vd. (1975), Amerika'nın Wisconsin bölgesinde 32 adet kesim çağına gelmiş Titrek Kavak topluluğunda toprak ile yetişme ortamı özellikleri araştırmıştır. Çoğul regresyon analizleri; toprak tekstürünün, su tutma kapasitesinin, taban su seviyesinin ve meşcere bakışının bonitet endeks tahmininde en önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Bonitet endeks değişiminin %62'sini açıklayan bu faktörlerin birleşiminden iki model geliştirmiş ve modellerin geçerliliğini farklı 10 adet kesime olgunluk çağına gelmiş Titrek Kavak meşceresinden sağladığı verileri kullanarak test etmiştir.

Halupa and Kiss (1976), Macaristan'da 1974 yılında yaptığı çalışmada kullandığı yöntemle *Populus robusta*, *P. marilandica* ve *P. I 214* için yeni hasılat tabloları geliştirmiştir. *Populus robusta* için iki ayrı model kullanmıştır. Birinci modelde ağaç başına düşen alanın 9 m<sup>2</sup>'den daha küçük olup 1-2 adet aralama yapılmış plantasyonları kullanırlarken, ikinci modelde ağaç başına düşen ortalama alan 16 m<sup>2</sup> (ha'da 625 adet ağaç) olup en çok bir aralamanın yapıldığı alanları kullanmışlardır. İlk modelde daha fazla hacim elde edilmiş iken, diğer modelde iki farklı idare süresi (20 ve 40 yıl olmak üzere) belirlenmiştir.

Patton and Jones (1977), Amerika'nın güney batısında Titrek Kavak meşcerelerinde yaban hayatı ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Forslund (1982), *Populus tremuloides* için geometrik bir çift girişli ağaç hacim denklemi geliştirmiştir. Ağaçların ağırlık merkezinin gövde boyunun yaklaşık olarak %30'una rast geldiğini ve hacim denklemindeki en başarılı değişkenin 0.3 m'deki çapın olduğunu bulmuştur.

Ruark ve Bockheim (1988), Kuzey Wisconsin bölgesinde Titrek Kavaklar üzerinde yaptığı araştırmada toprak üstü biyokütle miktarının 18-32 yılları arasında en yüksek düzeyde olduğunu belirtmiştir.

Scott ve Crouch (1988), güney batı Kolorado'daki Titrek Kavak meşcerelerinde, yapılan müdahalelerle kuş sayısı arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmıştır. Sonuçta kuş yoğunluğunun yalnızca traşlama kesimleri ile ilişkili olduğu sonucuna varmıştır.

Yang ve Hazenberg (1991), Ontoria'da 101 Titrek Kavak ağacında, ağaç yaşı ile diri odun ve öz odun oranı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışma sonucunda, Titrek Kavak türünde diri odun/öz odun oranı ile diri odun yüzeyinin üzerinde ağaç yaşının önemli bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Hahn ve Hansen (1991), Indiana, Illinois, Missouri ve Iowa eyaletlerindeki 23 tür ve tür grupları için kalın odun hacmini, parametrelerinin göğüs çapı ve bonitet endeksi oluşturduğu Weibull fonksiyonuna göre tahmin etmişlerdir. Bu amaç için 5000'den fazla örnek ağaç almışlardır.

Uluer ve Özay (1993), Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesindeki Titrek Kavaklarda gövde çürüklüğünün nedenlerini incelemişlerdir. Gövde çürüklüğü sebebi olarak *Phellinus tremulae* (Bond.) Bond.& Borisov mantarını göstermişlerdir. Çürüklüğün 16 yaşında başladığını, çürük odun oranının %14.7'lik oranla 60 yaşında maksimuma ulaştığını, bu yaştan sonra çürüklük oranının azaldığı ortaya koymuşlardır.

Silva vd. (1994), ağaç hacim tahmininde göğüs boyu şekil katsayısını, Girard'ın şekil katsayısı ve doğal şekil katsayısı ile karşılaştırmış ve göğüs boyu şekil katsayısının her durumda çok iyi sonuç verdiğini bulmuştur.

Wong ve Blackett (1994), Gana'daki yedi meşcere tipinde 61 tür için göğüs çapına bağlı olarak tek girişli hacim denklemi geliştirmişlerdir.

Erten, Önal ve Özer (1995), 20 örnek ağaçta yaptıkları gövde analizi ile Titrek Kavak odununun fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir.

Yahyaoglu ve Üçler (1997), Titrek Kavak ve Kafkas İhlamurunda, farklı sakkaroz, BAP,BAP+IBA, kinetin, kinetin+IBA doz ve kombinasyonlarının sürgün oluşumundaki etkilerini incelemişlerdir.

Chen vd. (1998), British Kolombiya'daki Titrek Kavak meşcerelerinden elde ettikleri verilerle şartlı lojistik, Chapmann-Richards ve şartlı Chapman-Richards fonksiyonlarını kullanarak bonitet endeks modelleri geliştirmiştir. Modelin genç meşcerelerin bonitet endeksinin tahmininde daha düşük doğruluğa sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Alberta ve Ontorio bölgeleri için geliştirilen modellerle karşılaştırmış ve aralarında fark olduğunu bulmuştur. Bu sonuç karşısında, geliştirdiği modelin, farklı bölgelerde kullanılamayacağı sonucuna varmıştır.

Yun vd. (1999), New York 'ta üç aylık bir çalışma ile Titrek Kavak klonlarının ozona karşı olan duyarlılığını incelemiştir. Bu amaç için de değişken olarak yaprak yaralanmaları, biyokütle miktarı, yaprak yüzeyi, gövde çapı ve boyu kullanmışlardır.

Gatzojannis ve Grigoriadis (2000), Yunanistan'ın Arnea bölgesinde *Q. frainetto* türü için polimorfik yöntemi kullanarak bonitet endeks tablosu düzenlemişlerdir. Bu amaç için 82 örnek ağaçta gövde analizi yapmışlardır. Oluşturdukları bonitet endeks denklemlerini "Parametre tahmin metodu"nu kullanan King'in bonitet endeks modeli ve Eriksson'un modeli karşılaştırmışlardır. Sonuçta Eriksson'un modelinin en iyi model olduğu sonucuna varmışlardır.

Carmean vd. (2001), Kuzey Ontorio'daki çam türleri için 383 deneme alanındaki galip ve yarı galip ağaçlardan elde ettiği gövde analizi verileri ile polimorfik yöntemle bonitet endeks eğrileri oluşturmuştur. Daha sonra her çam türü için ayrı ayrı oluşturduğu bonitet endeks eğrilerini birleştirmiştir.

Atik (2001), Titrek kavak ( *Populus tremula L.*) odununa farklı pişirme yöntemleri uygulayarak kağıt hamuru üretimi üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Öner ve Aslan (2002), Titrek Kavak odununun teknik özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırma yapmışlardır.

Yaman ve Sarıbaş (2004), Türkiye'nin Euxine bölgesindeki doğal *Populus L.* taksonlarında trahe boyutlarının yükselti ile değiştiği sonucuna varmışlardır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Türkiye’de doğal yayılış gösteren Titrek Kavak türü için ağaç hacim tabloları ve bonitet endeks tabloları düzenleyebilmek amacıyla Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki Titrek Kavak meşcerelerinden örnek ağaçlar alınarak gerekli ölçüm ve saptamalar yapılmıştır.

### **2.1. Materyal**

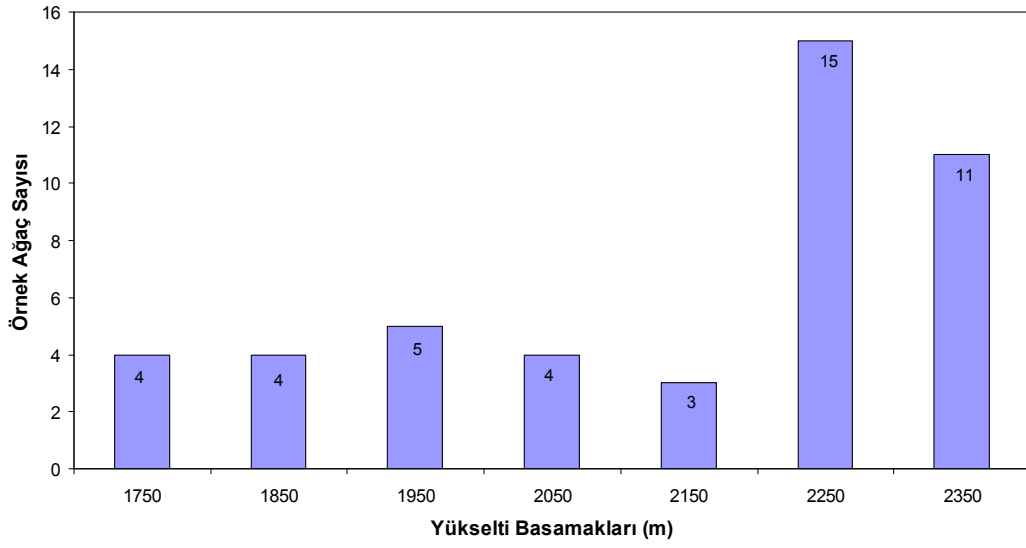
#### **2.1.1. Örnek Ağaçların Seçimi ve Nitelikleri**

Herhangi bir ağaç türüne göre ağaç hacim tabloları düzenleyebilmek için o türün yayılış bölgesi içerisindeki meşcerelerinden değişik yaşlarda, değişik çap ve boylarda örnek ağaçların alınması gerekmektedir. Yetiştirme ortamı verim gücünün polimorfik yöntemle belirlenebilmesi için ise yaşlı meşcereler seçilmeli ve bu meşcerelerdeki baskı görmemiş ya da serbest büyüyen galip ağaçlar seçilerek gövde analizi yapılmalıdır.

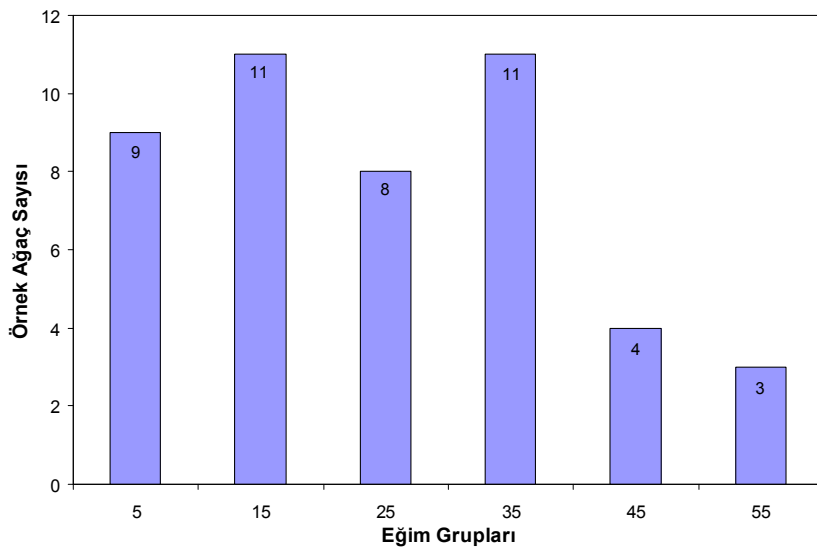
Bu çalışmada, Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki eşityaşlı saf Titrek Kavak meşcerelerinden galip durumlu 46 adet örnek ağaç alınmıştır. Örnek ağaçlar Titrek Kavak türünün değişik yaşlarda, değişik çap ve boylardaki bireyleridir. Bu ağaçların seçiminde galip durumlu ve değişik çap ve boy basamaklarına olabildiğince eşit dağılmış olmalarının yanı sıra dahil oldukları meşcerelerin yükselti, bakı, eğim gibi farklı yetiştirme ortamı özelliklerine sahip olmasına da dikkat edilmiştir. Ayrıca örnek ağaçların düzgün gövdeli, sağlam tepeli ve sağlıklı olmalarına; buldukları ortamda serbest büyümüş ya da galip durumda olmalarına özen gösterilmiştir. Bu şekilde seçilen 46 adet örnek ağaca ilişkin kimi istatistikî değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Örnek ağaçların yükselti basamakları ile eğim gruplarına dağılımı ise Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir.

Tablo 3. 46 örnek ağaca ilişkin istatistiki değerler

	Yaş(yıl)	Göğüs Çapı(cm)	Boy(m)
Minimum	23	6.3	5.47
Maksimum	97	40.6	19.60
Ortalama	48.3	19.73	12.226
Standart Sapma	14.11	7.454	3.0733



Şekil 2. Örnek ağaçların yükselti basamaklarına dağılımı



Şekil 3. Örnek ağaçların eğim gruplarına dağılımı

### 2.1.2. Örnek Ağaçlarda Yapılan Ölçümler

Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki Titrek Kavak meşcerelerinden seçilen 46 adet örnek ağaç kesilerek, dip kütük yüksekliği ( $d_{0,3}$ ) ve göğüs yüksekliği ( $d_{1,3}$ ) ile göğüs yüksekliğinden sonra kısa boylu ağaçlarda birer, diğerlerinde ikişer metre ara ile enine kesitler alınmıştır. Her ağacın son enine kesitiyle tepesine kadar olan bölümü çelik şerit metre ile santimetre duyarlılığında ölçülerek alınan son kesitin yüksekliği ile toplanmış ve her bir ağacın boyu ölçülmüştür. Alınan enine kesitleri, Fakültemizin Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında zımparalandıktan sonra, yine Fakültemizin Orman Hasılatı Laboratuvarına getirilerek her bir enine kesitteki yıllık halkalar sayılmıştır. Örnek ağaçların 0.30 m yüksekliğinden alınmış enine kesitlerindeki yıllık halkala sayısı ağacın 0.3 m yükseklikten en uç noktasına ulaşınca kadar geçen yıl sayısıdır. Örnek ağaçların yerden 0.3 m yüksekliğe ortalama 1 yılda ulaştıkları kabul edilerek her bir ağacın 0.3 m' den alınan kesitindeki yıllık halkaların sayısına bir yıl ekleyerek ağaçların yaşları bulunmuştur. Daha sonra ağacın yaşına bağlı olarak ikişer, üçer, dörder veya beşer yıllık yaş periyotlarına göre kabuksuz çaplar ile kesim yaşındaki kabuklu çaplar, birbirine dik iki yönlü olmak üzere iletke ile milimetre duyarlılığında ölçülmüştür.

46 adet örnek ağaçta yapılan gövde analizi sonucunda 495 adet çap, boy ve hacim değerine ulaşılarak örnek sayısı 541'e çıkarılmıştır. Bunlardan 495 adeti hacim tablosu geliştirmede, geri kalan 46 adeti ise geliştirilen hacim tablosunun örneklerin alındığı meşcerelerde kullanılıp kullanılmayacağını kontrolünde kullanılmıştır. Hem hacim tablosu oluşturmada hem de oluşturulan hacim tablosunun kontrolünde kullanılan verilerin bazı istatistikî değerleri Tablo 4'de verilirken, bu örneklerin dörder santimetrelik çap basamakları ile ikişer metrelik boy basamaklarına dağılımı Tablo 5'de verilmiştir.



Tablo 4. Hacim tablosu oluşturmada ve kontrolünde kullanılan verilere ilişkin bazı istatistiksel değerler

	Model Oluşturma Verisi			Kontrol Verileri		
	Gövde Çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Gövde Çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )
Minimum	0.25	1.19	0.00003	0.38	0.98	0.00006
Maksimum	39.92	19.16	0.79442	38.63	18.78	0.6987
Ortalama	10.16	7.40	0.0527	9.26	6.16	0.0467
Standart Sapma	6.6169	3.6019	0.07527	7.8765	3.8976	0.06543

Tablo 5. Hacim tablosu oluşturma ve kontrol verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çap Basamakları Ortası (cm)	Boy Basamakları (metre)										Σ
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	
2	17 <sup>a</sup>	72	13	1							103
	(2) <sup>b</sup>	(2)	(1)								(5)
6	1	17	62	20	3						103
		(2)	(4)	(1)							(7)
10			14	50	30	7	1				102
			(2)	(1)	(1)		(2)				(6)
14				11	41	26	16	1			95
				(2)	(3)	(2)		(1)			(8)
18				1	12	24	13	2			52
			(1)	(1)	(2)	(3)	(3)				(10)
22					3	5	16	1			25
						(2)	(1)	(1)			(4)
26						2	3	4	1		10
							(1)		(1)		(2)
30								4			4
							(2)	(1)			(3)
34											
36										1	1
										(1)	1
Σ	18	89	89	83	89	64	49	12	1	1	495
	(2)	(4)	(8)	(5)	(6)	(7)	(9)	(3)	(1)	(1)	(46)

a: Model verilerini

b: Kontrol verilerini göstermektedir.

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada kullanılan yöntemler; ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde kullanılan yöntemler ve meşcere verim gücünün belirlenmesinde kullanılan yöntemler olmak üzere iki başlık altında incelenecektir.

### 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 tablolar olup bir ağacın hacmini, kalın odun hacmini veya ağaç hacmini verirler.

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. Tek bir ağacın hacmini % 10-15 (en fazla %40) hata ile verir. 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  $d_6$ ,  $d_7$  gibi değişkenler) düzenlendiklerinde “ Çok Girişli Ağaç Hacim Tabloları ( Multiple Entry Volume Tables)” olarak adlandırılmaktadırlar (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, yetişme ortamı ve meşcere tipi için geçerli olabilirler. Başka bir yörede veya meşcere tipinde kullanılmaları doğru değildir. Tür sayısının fazla olması halinde katılma payı az olan benzer birkaç tür için ortak bir tablo düzenlenebilmektedir. Hatta bazen “yapraklı” ve “iğne yapraklı” olarak iki ayrı tablo ile yetinilmektedir (Kalıpsız, 1984).

Bölgesel Hacim Tabloları belirli bir ağaç türü için göğüs çapına ve ağaç boyuna göre düzenlenen çift girişli tablolarıdır. Ülke çapında düzenlenir ve o ağaç türü için kullanılabilir. Ancak bunları kullanmadan önce, ölçümü yapılan meşcereye uygunluğunun kontrol edilmesi gerekir.

Genel Hacim Tabloları belli türler, hatta bazen tüm ağaç türleri için ortak hazırlanmış ve her yerde kullanılabilir bir dizi halindeki tek girişli hacim tablolarıdır. Ancak, bunu kullanmadan önce hacimlendirilecek ağaçların bulunduğu meşcerenin “tarife numarası”nın bilinmesi gerekir. 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).

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 (Yavuz, 1995; Şentürk, 1998). Dengeleme işleminde daha önce denenmiş ya da denenmemiş denklemler kullanılmaktadır. Matematik yöntem, grafik yönteme kıyasla daha objektif olup hacmi belirlemek için seçilen bir denkleme belirli verileri uygulayan herkes aynı sonuçları elde eder (Kalıpsız, 1984).

Ağaç türü belirlendikten sonra, yalnız göğüs çapının ölçümünü gerektiren tek girişli hacim tabloları genel bir orman envanteri için yararlıdır. Göğüs çapı ile ilişkili olarak oluşturulan bu tabloda kesin bir çap-boy ilişkisi varsayımından hareket edilmektedir. Daha açık bir ifadeyle, bir çap basamağındaki tüm ağaçların aynı boy ve şekil katsayısına sahip oldukları varsayılmaktadır. Çift girişli ağaç hacim tablolarında göğüs çapına ek olarak ağaç boyunun kullanılması, tek girişli ağaç hacim tablolarına göre daha iyi sonuç vermekle birlikte, gövde şeklindeki varyasyonu hesaba katmamaktadır (Yavuz, 1995). Çok girişli ağaç hacim tablolarında, göğüs çapı ve boyla birlikte gövde şekli de bir değişken olarak ağaç hacim denklemine girmektedir. Bunlardan ölçümü en zor olan değişken, gövde şeklidir. En çok kullanılan gövde şekli ölçümleri; belirli yükseklikteki çapların göğüs çaplarına oranı olan “Şekil Bölümleri” olduğu bilinmektedir (Yavuz, 1995).

Homojen yetişme ortamı ya da meşcere sıklık koşullarına sahip alanlar için bir hacim tablosu, toprak ve topoğrafik yapı değişiyorsa, her bir yetişme ortamı için ayrı birer hacim tablosunun düzenlenmesi önerilmektedir (Şentürk, 1998).

Bir tür ya da türler grubu için bir 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 önerilerek, küçük bir alandan

alınan verilerle düzenlenmiş olan hacim denklem ve tablolarının, orjinal alanlardan daha geniş alanlarda uygulanması nedeniyle, pek çok durumda bu işlemin “sistemik hata” içerdiği belirtilmektedir (Saraçoğlu, 1998).

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde üç aşama bulunmaktadır;

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

Bir ağaç hacim denkleminin oluşturulması için dikili ya da kesilmiş kaç adet örnek ağaç ölçüleceği sorusunun basit bir cevabı yoktur. Bir türe ait yerel bir hacim tablosu oluşturmak için 50-100 adet örnek ağaç yeterli görülebilir ancak örnek ağaçların tüm çap ve boy basamaklarından alınması gerekir. Daha geniş bölgelerde kullanılacak olan bir hacim tablosu için tüm yetişme ortamları ve yaş ögesini de içermesi bakımından yüz ya da birkaç bin örnek ağaca gerek duyulabilir. Ekolojik farklılıkların olduğu yerlerde her ekolojik tip için ayrı hacim denklemlerinin geliştirilmesi uygun olur. Öte yandan uyumlu ya da benzer türlerin bir tür grubu olarak birleştirilmesi de sıkça rastlanan bir durumdur. Orman envanterinde öncelikle örnekleme yapıldığı için, örnekleme alanlarında tüm alanı temsil eden ağaçların seçimi, alanın merkezine en yakın iki ağacın alınması şeklinde olabilir. Hasılat çalışmalarının orta ve son aşamalarında kesilen ağaçlar, farklı özellikler gösterdikleri için nadir olarak dikili ağaçların tipik bir örnekleme şeklinde düşünülebilir (Kalıpsız, 1984).

Daha önce yapılan benzer çalışmalarda hacim tablosunun düzenlenmesinde değişik sayılarda örnek ağaçlar alınmıştır. Bu çalışmada ise 46 adet örnek ağaçta gövde analizi yapmak suretiyle 495 adet hacim verisine ulaşılmıştır.

Ülkemizde şimdiye kadar düzenlenmiş olan ağaç hacim tablolarının ağaç türü, bölge, kullanılan örnek ağaç sayısı, ortalama hatası veya belirtme katsayısı ve kimler tarafından düzenlendiği Tablo 6’da verilmiştir.

Bu çalışmada ağaç hacim tablolarının oluşturulmasında gövde analizi verilerinden yararlanılmıştır. İlk önce gövde analizi yapılan 46 adet ağaca ait boylanma eğrileri çıkartılmıştır. Bunun için ağaçlardan alınan kesit yükseklikleri (0.3, 1.3, 3.3, 5.3, ...) ile ağaçların bu yüksekliklere ulaştıkları yıl sayısı arasındaki ilişkiyi yararlanılmıştır. Her bir ağaca ait bu değişkenler SPSS 13.0 istatistiksel paket programında Regresyon Analizi yöntemi kullanılarak ve çok sayıda model denenerek bunlardan en iyisi seçilerek 46 örnek

ağacın boylanma eğrisi elde edilmiştir. En iyi modele karar vermede belirtme katsayısı ( $R^2$ ) ile standart hata değerleri ( $S_{y,x}$ ) kullanılmıştır. En iyi olarak belirlenen modellerden yararlanarak her bir örnek ağaçtan türetilen ağaçların boyları elde edilmiştir. Böylece 46 örnek ağaçtan türetilen 495 ağaca ait boy değerleri elde edilmiştir.

Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde; ağaçların kabuklu göğüs çapları ile kabuklu gövde hacimlerinin bilinmesi zorunludur. Gövde analizi verilerinde ağaçların yalnız kesim yaşındaki kabuklu göğüs çapları ölçülebildiğinden, kesimden önceki yaş periyotlarına ilişkin tüm çap değerleri kabuksuzdur. Bu nedenle öncelikli olarak kabuksuz çap değerleri esas alınarak her bir ağacın ve her bir yaş periyodu için bölümlenmede Huber formülü kullanılarak kabuksuz gövde hacimleri ile kesim yaşındaki kabuklu gövde hacimleri hesaplanmıştır.

Tablo 6. Türkiye’de çeşitli ağaç türleri için düzenlenmiş çift girişli ağaç hacim tabloları

Ağaç Türü	Bölgesi	Örnek Ağaç Sayısı	Yöntemi	R	MH %	Düzenleyen ve Düzenlenme Tarihi
Kızılçam	Güney Anadolu	361	Matematik		9	Alemdağ (1962)
Kızılçam	Genel(Türkiye)	1160	Matematik	0.963		Sun (1978)
Sarıçam	Bolu	129	Grafik			Erkin (1948)
Sarıçam	Genel(Türkiye)	390	Matematik		10	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)

Tablo 6'nın devamı

Ağaç Türü	Bölgesi	Örnek Ağaç Sayısı	Yöntemi	R	MH %	Düzenleyen ve Düzenlenme Tarihi
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)
Kestane	Batı Karadeniz	182	Matematik	0.984	13.6	Özcan (1997)
Dişbudak	Genel (Türkiye)	391	Matematik	0.964	10.1	Şentürk (1998)
Kestane	Genel (Türkiye)	691	Matematik	0.80	13.2	Kapucu vd. (2001)

$R^2$ : Belirtme Katsayısı, % *MH*: Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

Her bir örnek ağacın kesim yaşındaki kabuklu gövde hacmi ile kabuksuz gövde hacmi arasındaki ilişki için SPSS 13.0 istatistiksel paket programında Regresyon Analizi yöntemi kullanılarak çok sayıda denklem denenmiş ve bunlardan belirtme katsayısı en yüksek, standart hatası en düşük olan denklem seçilmiştir. Bu denklem yardımıyla kabuksuz gövde hacimleri kabuklu gövde hacimlerine dönüştürülmüştür.

Ağaç hacim tablolarının düzenlenebilmesi için ağaçların kabuklu gövde hacmine ek olarak kabuklu göğüs çaplarının da bilinmesi gerekir. Ancak gövde analizinden elde edilen çaplar, kesim yaşındaki çaplar hariç, tümü kabuksuzdur. Bu çalışmadaki örnek ağaçların Titrek Kavak meşcerelerinden seçilmesi nedeniyle, bu meşcerelerden alınan örnek alanlarda yapılan 146 adet kabuk kalınlığı ölçümü yardımıyla gövde analizinden elde edilen kabuklu çaplarla kabuksuz çaplar arasındaki ilişki belirlenmiştir. Elde var olan kabuklu çaplardan kabuk kalınlıkları çıkarılarak kabuksuz göğüs çapları elde edilmiştir. Kabuklu göğüs çaplar ve kabuksuz göğüs çaplar arasındaki ilişkinin saptanması için SPSS 13.0 istatistik paket programında Regresyon Analizi yöntemi kullanılmıştır.

Böylece gövde analizi yapılan 46 adet ağaçtan 495 adet kabuklu göğüs çapı ile kabuklu gövde hacimleri elde edilmiştir. Bu ağaçlara ait boy değerleri de daha önceden açıklandığı gibi hesaplanarak, tek ve çift girişli hacim denklemlerinin oluşturulması için gerekli olan üç değişkenin değerleri elde edilmiş olmaktadır.

Tek Girişli Ağaç Hacim Tablolarının düzenlenmesi için, bu ağaçların (495 adet) kabuklu göğüs çapı ve kabuklu gövde çapı arasındaki ilişkiler SPSS 13.0 paket programında Çoklu Regresyon Analizi yöntemi kullanılarak çok sayıda model denenmiştir. Denenen modellerden bazıları aşağıda verilmiştir.

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

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

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2(\text{Log}D)^2 + b_3(\text{Log}D)^4 \quad (3)$$

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

$$V = b_0 + b_1D^2 \quad (5)$$

$$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D \quad (6)$$

$$V = b_0 + b_1D^2 + b_2D + b_3/D \quad (7)$$

Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunu oluşturmak için yine bu ağaçların kabuklu göğüs çapı, kabuklu gövde çapı ve boy değerlerinden yararlanarak, birtakım dönüşümlerle elde edilen yeni değişkenler yardımıyla Çoğul Regresyon Analizi SPSS 13.0 paket programında yapılmıştır. Yapılan Regresyon analizinde aşağıda verilen 8-14 nolu denklemler dikkate alınmıştır.

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2(\text{Log}D)^2 + b_3H \quad (8)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2(\text{Log}D)^2 + b_3H + b_4(\text{Log}D)^4 \quad (9)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2(\text{Log}D)^2 + b_3H + b_4(\text{Log}D)^4 + b_5(1/H)^2 \quad (10)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2(\text{Log}D)^2 + b_3H + b_4(\text{Log}D)^4 + b_5(1/H)^2 + b_6(1/H) \quad (11)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2(\text{Log}D)^2 + b_3H + b_4(\text{Log}D)^4 + b_5(1/H)^2 + b_6(1/H) + b_7(1/D)^2 \quad (12)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2H + b_3(\text{Log}D)^4 + b_4(1/H)^2 + b_5(1/H) + b_6(1/D)^2 + b_7(1/D) \quad (13)$$

$$\text{Log}V = b_0 + b_1\text{Log}D + b_2H + b_3(\text{Log}D)^4 + b_4(1/H)^2 + b_5(1/H) + b_6(1/D)^2 + b_7(1/D) + b_8(H)^2 \quad (14)$$

Gerek Tek Girişli gerekse Çift Girişli Hacim tablolarının oluşturulmasında kullanılacak denklemlere karar vermede, 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 denklemleri için kullanılan genel ölçütler olmasına karşın, diğer ikisi sadece hacim denklemleri için birer ölçüt olarak kullanılmaktadır. Bu ölçütlerden 18 nolu olanın en yüksek, diğerlerinin en düşük olanına karar verileceği için her bir hacim modeline 1'den başlayarak puan verilirken, aynı

olanlara sıra sayılarının ortalaması verilerek sonuçta en düşük puana sahip olan model en iyi hacim denklemi olarak seçilecektir.

1- Ortalama Hata (Average Residual or Bias):

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{N} \quad (15)$$

2- Ortalama Mutlak Hata (Average Absolute Residual):

$$|\bar{D}| = \frac{\sum |D|}{N} \quad (16)$$

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

$$S_D = \{[(\sum D^2) - (\sum D)^2 / N] / N - 1\}^{1/2} \quad (17)$$

4- Açıklanan Varyans Yüzdesi ( Percent Variation Explained ):

$$\% PVE = \{[\sum (V_i - V_{ort})^2 - (\sum D^2)] / \sum (V_i - V_{ort})^2\} * 100 \quad (18)$$

5- Toplam Hata Yüzdesi ( % Error)

$$\% TH = 100 * [(\sum (\hat{V}_i - V_i) / \sum V_i)] \quad (19)$$

6- Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi( % Absolute Error )

$$\% TH = 100 * (\sum |(\hat{V}_i - V_i)| / \sum V_i) \quad (20)$$

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

$V_i$  :Ölçülen gövde hacmi

$\hat{V}_i$  :Denklemden hesaplanan gövde hacmi



$V_{ort}$ : Ölçülen ortalama ağaç/ gövde hacmi

$N$ : Örnek ağaç sayısı

Yukarıda ölçütlere göre en düşük puana sahip olan model, en iyi model olarak seçilerek hacim tabloları bu modele göre düzenleneceklerdir. En iyi olarak seçilen hacim denklemlerinin Titrek Kavak meşcerelerine uygunluğunun kontrolü için, “Student’in Eşlendirilmiş  $t$ -testi” kullanılmıştır.

### 2.2.2. Meşcere Verim Gücünün Belirlenmesi

Bir meşcerenin belirli bir yaşta ve zaman dönemi içinde yapabileceği üretim miktarı, o meşcerenin verim gücü veya boniteti olarak tanımlanmaktadır. Bir meşcereden elde edilebilecek ürün miktarı ise;

Elde edilmek istenen ürünün çeşidine,

Meşcerenin bulunduğu yetiştirme ortamı özelliklerine,

Meşçereyi oluşturan ağaçların genetik özelliklerine,

Meşçereye uygulanan silvikültürel işlemlere,

Ortama uygulanan, gübreleme, toprak işleme gibi kültürel işlemlere, bağlı olarak oluşmaktadır. Bu nedenle meşcere verim gücü: “potansiyel verim gücü” ve “doğal verim gücü” olmak üzere iki değişik biçimde belirlenebilmektedir. Potansiyel verim gücü, büyüme üzerine etkili olan tüm faktörlerin uygun bir şekilde bir araya getirilmesi durumunda elde edilebilecek ürün miktarı olmasına karşın, doğal verim gücü, meşcerenin aktüel verim gücü olup yanlış yapılan veya yapılmayan müdahaleler neticesinde oluşan ve potansiyel verim gücüne göre daha az miktardaki ürün miktarıdır.

Potansiyel verim çoğu kez kuramsal bir kavram olarak görülmesine karşın, ormancılığı gelişmiş ülkelerde yapılan bazı araştırma ve uygulamalar ile bir meşcerenin potansiyel verim gücü yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Örneğin, toprak işleme, gübreleme, sulama ve drenaj çalışmaları gibi kültürel önlemlerle bir meşcerenin potansiyel verim gücü ortaya konabilmektedir. Ancak bu işlemlerin geniş orman alanlarında uygulanmasının hem ekonomik hem de pratik yönünden büyük zorlukları olduğu açıktır. Diğer taraftan en yüksek ürünü verecek meşcere yapısının ne olduğu kesin olarak belirlenmemektedir. Bu nedenle, teknik ormancılık uygulamaları çok eski olmayan Türkiye gibi ülkelerde, meşcere verim gücü, araştırmacının denetlediği koşullar için değil,

var olan koşullar için belirlenebilmekte, diğer bir anlatımla, meşçerenin ancak doğal verim gücü belirlenebilmektedir (Günel, 1982).

Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılan yöntemler, Doğrudan ve Dolaylı yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Doğrudan Yöntemler; büyümeye etki eden ekolojik etmenleri, örneğin toprak faktörleri, iklim veri ve fizyografik faktörleri dikkate alan yöntemlerdir. Ancak büyüme, sözü edilen çok sayıdaki etmenin karmaşık bir sonucu olarak oluşması nedeniyle, uygulamada genellikle “Dolaylı” diğer bir anlatımla meşçere öğelerinden yararlanan yöntemler kullanılmaktadır.

Dolaylı Yöntemler ise eşityaşlı ve değişikyaşlı meşçerelerde uygulanan yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Eşityaşlı meşçereler için uygulanan dolaylı yöntemler “Anamorfik Yöntem”. “Polimorfik Yöntem” ve “Kombine Yöntem” olmak üzere üç gruba ayrılırken, değişikyaşlı meşçereler için uygulanan dolaylı yöntemler de “Flury’nin Çap Sınıfları Yöntemi”, “Mittscherlich’in Çap-Çap Artımı İlişkisine Dayanan Yöntem” ve “Ağaçların Baskıdan Kurtulduktan Sonraki Yaş- Boy İlişkisine Dayanan Yöntem” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Meşçere özellikleri, meşçerelerin gelişimine etki eden faktörlerin birlikte etkileri sonucunda oluştuğundan, meşçere özelliklerinden yararlanarak verim gücü belirlenebilmektedir. Ancak, burada karşımıza çıkan en önemli soru, hangi meşçere özelliği ya da özelliklerinin bu amaçla en iyi bir şekilde kullanılmaya uygun belirlenmesidir. Meşçere orta çapı ve göğüs yüzeyi yapılan müdahalelere karşı duyarlı olduklarından meşçere verim gücünün belirlenmesinde uygun ölçütler değildir. Meşçere hacmi, verim gücünün belirlenmesinde kullanılabilecek bir ölçüt olmasına karşın, hem belirlenmesindeki zorluk hem de geçmiş dönemlerde meşçereden çıkarılan ağaçların hacimlerinin kaydedilememesi nedenleriyle uygulamada tercih edilmemektedir. Bu nedenle, meşçere verim gücünün belirlenmesinde, meşçereye uygulanan silvikültürel müdahalelerden en az etkilenen meşçere özelliği olan üst boy bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Meşçere üst boyu ile meşçere verim gücü arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ise “Anamorfik”, “Polimorfik” ve “Kombine” yöntem olmak üzere üç teknik kullanılmaktadır. Anamorfik yöntemde, meşçere yaşı ile meşçere üst boyu arasındaki ilişkiden yararlanılmaktadır. Polimorfik yöntemde ise yaşlı ve galip ağaçlarda yapılan gövde analizi verileri kullanılmaktadır. Her iki yöntemin de bazı olumsuz tarafları bulunması nedeniyle, her iki türden de verilerin olması durumunda, kombine yöntem adı verilen yöntemden yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada, meşcere verim gücünün belirlenmesinde polimorfik yöntem kullanılmıştır. Diğer bir anlatımla gövde analizi verilerini kullanarak verim gücü belirlenmiştir. Polimorfik yöntemde, anamorfik yöntemden farklı olarak tek bir kılavuz eğriden yararlanılmayıp, her bir bonitet sınıfı için birbirinden bağımsız bonitet eğrileri oluşturulmaktadır.

Örnek ağaçların dağılım aralığının en geniş olduğu yaş, standart yaş olarak alınmalıdır. Çünkü böyle bir yaşta meşcerelerin yetişme ortamı verim güçleri arasındaki farklılık daha belirgindir. Bu çalışmada, gövde analizinden elde edilen veriler neticesinde standart yaş olarak 30 yıl seçilmiştir. Ayrıca yetişme ortamı verim gücü 3 sınıfa ayrılacaktır. Her bir ağacın boylanma eğrisinin nasıl oluşturulduğu bir önceki bölümde açıklanmıştır. Her bir ağacın boylanma eğrisi bir grafiğe aktarılarak, belirlenen standart yaşa bağlı olarak sınıf genişlikleri oluşturularak her bir bonitet sınıfına giren ağaçlar belirlenmiştir.

Her bir bonitet sınıfına giren ağaçlar belirlendikten sonra, her üçünde de ayrı ayrı olmak üzere, o bonitet sınıfına giren ağaçların 1 yaşından kesim yaşına kadarki birer yıllık arayla olan boylar ile yaşlar ilişkiye getirilmiş ve her bonitet sınıfı için birer bonitet endeks denklemi oluşturulmuştur. Bu ilişkilerin belirlenmesi için SPSS 13.0 istatistik paket programında Regresyon analizi yöntemi kullanılarak, en iyi modele yine belirtme katsayıları ile standart hatalarına bakılarak karar verilmiştir.

Oluşturulan bonitet endeks denklemlerinden yararlanarak, birer yıllık yaş periyodu ve bir metrelik boy basamaklarına göre bonitet endeks tablosu düzenlenmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Ağaç Hacim Tablolarına İlişkin Bulgular

Her bir örnek ağaca ilişkin boyplanma eğrileri SPSS 13.0 istatistik paket programında Regresyon Analizi yöntemi kullanılarak, çok sayıda (10 adet) regresyon modeli test edilmiş ve bunlardan belirtme katsayısı en yüksek standart hatası en düşük olan seçilmiştir. Yapılan analiz sonucunda en iyi sonucu kübik ve karesel modeller vermiştir. 46 örnek ağaca ilişkin boyplanma eğrilerinin tahmin değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Örnek ağaçların boyplanma eğrilerine ilişkin parametre tahmin değerleri

Örnek Ağaç no	Katsayılar				$R^2$	$F$	$P$
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$			
1	0.0969	0.0633	0.0052	-0.00006	1.000	4592.05	$P<0.001$
2	-0.3630	0.2149	0.0035	-0.0001	1.000	7728.36	"
3	-0.4189	0.1770	0.0004		1.000	8511.92	"
4	-0.2319	0.2786	0.0003		0.996	748.7	"
5	-0.4929	0.2736	0.0026	-0.00009	1.000	6245.67	"
6	-0.2595	0.3060	-0.0019		0.995	553.45	"
7	-1.4316	0.3628	-0.0011		0.993	406.76	"
8	-1.3497	0.3940	-0.0018		0.986	208.08	"
9	-0.6764	0.3811	-0.0016		0.992	376.90	"
10	-0.5565	0.3301	-0.0006		0.999	2719.51	"
11	-0.9613	0.2299	-0.0005		0.989	129.24	"
12	-0.1259	0.1096	0.0135	-0.0002	0.999	1166.60	"
13	0.1058	0.0245	0.0081	-0.0001	0.999	590.45	"
14	-0.2296	0.1700	0.0029	-0.00004	1.000	8644.15	"
15	-0.9118	0.2467	-0.0010		0.997	892.12	"
16	-0.7214	0.3494	-0.0007		0.998	1243.17	"
17	-1.0199	0.2606	-0.0011		0.996	616.13	"
18	-0.5048	0.2345	-0.0005		0.997	594.92	"
19	-0.7272	0.2348	0.0007		0.995	382.01	"
20	-0.3961	0.3371	-0.0014		0.994	318.6	"
21	0.1076	0.1078	0.0082	-0.0001	1.000	3901.24	"
22	-0.6040	0.3155	0.0038		0.995	461.40	"
23	-0.7222	0.2752	-0.0006		0.999	1861.93	"
24	-0.7288	0.2383	-0.0003		0.996	450.7	"
25	0.3905	0.0062	0.043	-0.0009	0.997	478.41	"
26	-0.7555	0.3700	0.0036		0.996	637.45	"
27	-0.6366	0.242	0.0038	-0.00006	0.998	998.59	"

Tablo 7'nin devamı

Örnek Ağaç no	Katsayılar				$R^2$	$F$	$P$
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$			
28	-0.6596	0.3507	-0.0011		0.997	949.66	$P<0.001$
29	-0.8504	0.1830	-0.0004		0.996	670.76	"
30	-1.3237	0.6036	-0.0040		0.981	176.83	"
31	0.24595	0.06819	0.00466	-0.00003633	0.998	1464.21	0.000
32	-0.05637	0.25587	0.00354	-0.0000462	0.998	2080.26	"
33	0.09977	0.10366	0.01589	-0.000251	0.998	1550.76	"
34	-0.13814	0.35084	-0.00544	0.000101	0.998	846.878	"
35	-0.5388	0.46931	-0.00374		0.990	298.514	"
36	0.21793	0.12457	0.00669	-0.0000908	0.998	1250.83	"
37	0.00395	0.35916	-0.00305		0.995	367.426	0.0027
38	-0.3450	0.40358	-0.00370		0.968	61.091	0.016
39	-0.1479	0.3330	-0.00137		0.999	2896.72	0.000
40	0.12387	0.10587	0.00479	-0.0000418	0.999	3402.25	"
41	0.42823	0.0248	0.01845	-0.000249	0.992	328.80	"
42	-0.36206	0.48691	-0.00410		0.994	525.012	"
43	-0.14282	0.29603	-0.00094		0.997	1206.93	"
44	0.05338	0.09814	0.00875	-0.00009998	0.997	802.62	"
45	-0.8141	0.49196	-0.00337		0.997	1452.85	"
46	0.28024	0.07347	0.00651	-0.0000554	0.997	1104.45	"

46 adet örnek ağacın yapılan gövde analizinden elde edilen veriler yardımıyla kabuklu gövde hacimleri ve kabuksuz gövde hacimleri arasında

$$V_{kabuklu} = 1.143752V_{kabuksuz}^{0.982158} \quad (21)$$

biçimindeki üssel bir ilişki bulunmuştur. Regresyon denkleminde ilişkin belirtme katsayısı  $R^2 = 0.998$ , standart hata  $S_{yx} = 0.401$ ,  $F = 22268.573$  olup, her iki parametre  $P < 0.05$  önem düzeyi ile anlamlıdır. Bu denklem yardımıyla 46 adet örnek ağacın gövde analizi sonucunda elde edilen 495 ağaca ilişkin kabuksuz gövde hacimleri, kabuklu gövde hacmine dönüştürülmüştür.

Daha sonra gövde analizi yapılan 46 örnek ağaçla birlikte çift kabuk ölçümleri yapılan 100 ağaç daha eklenerek toplam 146 ağacın kabuklu göğüs çapı ile kabuksuz göğüs çapları arasında istatistiksel bir ilişki aranmıştır. Yapılan Regresyon Analizi sonucunda da

$$d_{kabuklu} = 1.199723d_{kabuksuz}^{0.965564} \quad (22)$$

şeklindeki denklem elde edilmiştir. En iyi olarak seçilen bu denklemin belirtme katsayısı  $R^2 = 0.996$ , standart hatası  $S_{yx} = 0.0407$ ,  $F = 134466.83$  olup, her iki parametre de  $P < 0.05$  önem düzeyi ile anlamlıdır. Bu denklem yardımıyla tüm ağaçların kabuksuz göğüs çapları, kabuklu göğüs çapa dönüştürülmüştür.

Böylece tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları oluşturmak için gerekli veriler sağlanmış olmuştur. 495 ağaca ilişkin olarak boy, kabuklu çap ve kabuklu hacim değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. 495 ağacın göğü çapı, boyu ve kabuklu gövde hacmi değerleri

Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )	Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )
1	1.35	0.50	0.00039	249	12.01	18.81	0.13857
2	1.85	1.43	0.00095	250	13.23	20.91	0.18789
3	2.56	2.23	0.00196	251	4.16	4.80	0.00492
4	3.36	3.13	0.00335	252	5.81	7.85	0.01491
5	4.24	4.24	0.00714	253	7.38	10.76	0.02999
6	5.19	5.68	0.01272	254	8.85	14.17	0.06052
7	6.19	7.42	0.02289	255	10.24	17.55	0.10255
8	7.23	9.37	0.03597	256	11.53	19.97	0.14585
9	8.29	11.19	0.04993	257	12.74	22.27	0.19756
10	9.36	12.68	0.06854	258	13.85	24.15	0.24813
11	10.42	14.17	0.09057	259	14.88	26.22	0.30598
12	11.47	15.87	0.11619	260	15.63	28.40	0.37025
13	12.48	17.13	0.14252	261	15.63	30.05	0.41339
14	13.45	18.18	0.17388	262	2.12	1.55	0.00098
15	14.36	19.34	0.00058	263	3.88	3.35	0.00289
16	2.19	1.32	0.00148	264	5.87	6.44	0.01420
17	3.44	2.79	0.00419	265	7.93	10.01	0.03103
18	4.75	4.24	0.00957	266	9.91	14.07	0.07702
19	6.11	6.11	0.01683	267	11.67	17.76	0.12209
20	7.49	7.64	0.02577	268	13.06	20.60	0.17772
21	8.87	8.93	0.04217	269	13.65	22.69	0.23353
22	10.24	11.08	0.06103	270	13.65	25.39	0.27476
23	11.59	12.47	0.08624	271	1.31	1.08	0.00011
24	12.89	14.07	0.11468	272	2.15	1.77	0.00058
25	14.12	15.44	0.00052	273	2.96	2.57	0.00132
26	2.14	0.61	0.00128	274	3.76	3.80	0.00285
27	3.20	2.46	0.00402	275	4.53	4.91	0.00480
28	4.38	4.35	0.00715	276	5.29	6.11	0.00803
29	5.65	5.57	0.01174	277	5.43	6.44	0.00911
30	6.96	6.66	0.02105	278	5.43	7.09	0.01174
31	8.27	8.18	0.03624	279	2.65	1.55	0.00162

Tablo 8'in Devamı

Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )	Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )
32	9.54	10.01	0.05378	280	3.47	4.80	0.00522
33	10.73	11.51	0.07690	281	4.28	6.55	0.00859
34	11.80	12.90	0.09618	282	5.06	8.93	0.01549
35	12.71	13.85	0.10896	283	5.83	10.76	0.02410
36	13.42	14.70	0.00006	284	6.57	12.68	0.03548
37	1.79	0.50	0.00059	285	7.30	14.07	0.04872
38	2.65	1.89	0.00140	286	8.00	16.18	0.06927
39	3.46	2.79	0.00226	287	8.69	19.97	0.10350
40	4.24	3.47	0.00461	288	2.64	1.43	0.00070
41	5.00	4.80	0.00900	289	3.75	2.23	0.00133
42	5.77	6.22	0.01755	290	4.81	3.47	0.00296
43	6.54	8.07	0.02551	291	5.81	5.46	0.00702
44	7.36	9.47	0.03606	292	6.75	8.83	0.01670
45	8.22	10.87	0.04926	293	7.64	10.44	0.02474
46	9.15	11.94	0.06773	294	8.48	12.26	0.03644
47	10.15	13.32	0.08224	295	9.26	14.60	0.05455
48	10.88	14.07	0.00017	296	9.99	16.92	0.07842
49	2.14	0.38	0.00046	297	10.66	18.39	0.10553
50	3.38	1.32	0.00140	298	10.78	19.65	0.12050
51	4.55	2.46	0.00414	299	10.78	22.06	0.14968
52	5.66	4.13	0.01018	300	2.37	2.23	0.00099
53	6.70	6.33	0.01539	301	3.44	4.02	0.00330
54	7.67	7.20	0.02400	302	4.47	5.68	0.00635
55	8.57	8.61	0.03618	303	5.49	7.53	0.01147
56	9.41	10.01	0.04998	304	6.47	9.90	0.02060
57	10.17	11.40	0.06364	305	7.43	12.04	0.03512
58	10.88	12.68	0.08075	306	8.37	13.64	0.05095
59	11.51	13.75	0.10002	307	9.28	15.44	0.07976
60	12.08	15.02	0.11307	308	9.46	15.76	0.08650
61	12.42	15.87	0.00069	309	1.72	1.08	0.00026
62	1.82	1.20	0.00101	310	2.84	2.46	0.00110
63	2.52	2.12	0.00263	311	4.01	4.46	0.00353
64	3.29	3.58	0.00613	312	5.21	6.88	0.00884
65	4.10	5.46	0.01179	313	6.40	8.61	0.01507
66	4.95	7.42	0.01626	314	7.56	11.51	0.03088
67	5.81	8.61	0.02295	315	8.65	13.53	0.04518
68	6.68	9.80	0.03313	316	9.65	15.44	0.06610
69	7.53	10.87	0.04737	317	10.52	17.45	0.09199
70	8.36	12.26	0.06250	318	11.24	19.13	0.12153
71	9.15	13.22	0.00018	319	11.77	21.64	0.16892
72	2.05	.61	0.00057	320	11.77	26.43	.22127
73	2.99	1.55	0.00178	321	1.90	3.13	0.00152
74	3.88	2.57	0.00235	322	2.78	4.46	0.00385
75	4.71	3.35	0.00480	323	3.62	6.11	0.00768
76	5.48	4.58	0.00945	324	4.43	8.18	0.01438
77	6.20	6.22	0.01691	325	5.21	10.01	0.02216
78	6.87	8.18	0.02289	326	5.96	11.72	0.03280
79	7.48	9.15	0.02867	327	6.67	14.07	0.04824
80	8.04	9.80	0.03613	328	7.36	15.13	0.06151
81	8.54	10.44	0.04485	329	8.01	16.60	0.07979

Tablo 8'in Devamı

Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )	Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )
82	8.98	11.40	0.05234	330	8.63	17.97	0.09744
83	9.38	11.94	0.00088	331	9.21	19.13	0.11633
84	2.99	2.23	0.00328	332	9.77	20.39	0.14150
85	3.96	4.13	0.00670	333	10.29	21.22	0.16171
86	4.88	5.68	0.01261	334	10.54	21.64	0.17305
87	5.72	7.20	0.01786	335	10.54	24.15	.20710
88	6.50	8.39	0.02410	336	1.96	4.35	0.00185
89	7.21	9.15	0.03049	337	3.04	6.00	0.00684
90	7.83	9.90	0.00027	338	4.22	8.39	0.01463
91	1.80	0.25	0.00052	339	5.43	11.30	0.03804
92	2.74	1.32	0.00207	340	6.60	13.75	0.06081
93	3.65	3.13	0.00371	341	7.65	16.08	0.08450
94	4.54	4.24	0.00624	342	8.50	17.45	0.10031
95	5.40	5.46	0.01094	343	9.08	18.92	0.12025
96	6.24	6.77	0.01598	344	9.27	20.18	0.13470
97	7.06	7.64	0.02324	345	9.27	21.22	0.15172
98	7.55	8.61	0.03122	346	2.01	2.79	0.00112
99	8.61	9.80	0.04084	347	2.96	4.02	0.00312
100	9.35	10.76	0.05735	348	3.99	5.35	0.00585
101	10.07	12.26	0.07301	349	5.06	6.22	0.00896
102	10.76	13.43	0.08778	350	6.11	7.75	0.01534
103	11.43	14.17	0.10320	351	7.11	8.93	0.02269
104	12.07	14.91	0.12063	352	8.01	10.12	0.03207
105	12.69	15.65	0.13298	353	8.76	11.30	0.04204
106	13.09	16.18	0.00055	354	9.01	11.72	0.04678
107	2.01	0.97	0.00162	355	9.01	13.00	0.05757
108	2.65	2.34	0.00331	356	1.44	1.32	0.00049
109	3.34	4.02	0.00560	357	2.41	3.58	0.00235
110	4.07	5.13	0.00672	358	3.52	5.13	0.00496
111	4.84	6.11	0.01417	359	4.74	7.09	0.00963
112	5.65	7.42	0.02072	360	6.04	9.69	0.01967
113	6.48	8.50	0.02776	361	7.36	12.04	0.03452
114	7.33	9.58	0.03414	362	8.68	14.81	0.05982
115	8.19	10.33	0.04255	363	9.95	17.45	0.09092
116	9.06	11.19	0.05847	364	11.14	19.55	0.12283
117	9.92	12.47	0.07498	365	12.21	21.54	0.16497
118	10.77	13.53	0.09282	366	12.91	23.21	0.19879
119	11.61	14.49	0.11350	367	2.44	.38	0.00027
120	12.43	15.44	0.14343	368	3.93	2.34	0.00138
121	13.22	16.71	0.00024	369	5.35	4.91	0.00583
122	1.19	0.50	0.00089	370	6.63	7.42	0.01651
123	1.96	1.55	0.00224	371	7.70	9.58	0.02760
124	2.95	3.24	0.00553	372	8.49	12.15	0.04972
125	4.11	5.13	0.01195	373	8.89	14.81	0.07337
126	5.40	7.42	0.02117	374	2.30	.97	0.00038
127	6.78	9.37	0.03571	375	3.15	1.89	0.00088
128	8.21	11.51	0.05354	376	4.01	3.13	0.00203
129	9.65	13.32	0.07815	377	4.88	4.24	0.00367
130	11.06	14.91	0.10741	378	5.75	5.46	0.00638
131	12.39	16.50	0.14683	379	6.63	7.31	0.01293



Tablo 8'in Devamı

Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )	Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )
132	13.62	18.39	0.18655	380	7.51	8.83	0.02166
133	14.69	20.07	0.00029	381	8.40	10.55	0.03398
134	2.41	0.97	0.00111	382	9.29	12.04	0.05019
135	3.69	2.34	0.00197	383	9.89	13.43	0.06628
136	4.89	3.24	0.00353	384	2.10	2.46	0.00172
137	6.02	4.24	0.00664	385	3.65	5.24	0.00559
138	7.08	5.35	0.01004	386	5.24	8.61	0.01463
139	8.06	6.22	0.01509	387	6.85	10.87	0.02424
140	8.97	7.20	0.02131	388	8.42	13.96	0.04373
141	9.80	8.07	0.02963	389	9.92	16.82	0.07386
142	10.56	8.93	0.04108	390	11.28	19.86	0.11892
143	11.25	10.01	0.05279	391	12.48	22.90	0.17555
144	11.86	10.65	0.06314	392	13.46	25.08	0.23329
145	12.40	11.51	0.07460	393	14.19	27.05	0.29293
146	12.86	12.04	0.08729	394	14.60	28.50	0.34925
147	13.26	12.68	0.10131	395	14.65	28.81	0.35968
148	13.57	13.22	0.00043	396	2.08	0.50	0.00013
149	2.45	0.85	0.00142	397	3.39	0.73	0.00015
150	3.27	2.34	0.00393	398	4.67	1.55	0.00054
151	4.09	4.35	0.00744	399	5.91	2.34	0.00143
152	4.88	5.78	0.01358	400	7.12	3.80	0.00420
153	5.76	7.53	0.02001	401	8.30	6.88	0.01612
154	6.42	8.93	0.02757	402	9.44	10.44	0.03488
155	7.16	10.23	0.03546	403	10.54	13.75	0.06749
156	7.89	11.30	0.03946	404	11.61	16.08	0.09287
157	8.60	12.26	0.05538	405	12.64	18.39	0.12990
158	9.29	13.43	0.07047	406	2.68	2.12	0.00038
159	9.97	14.70	0.08722	407	4.26	4.80	0.00459
160	10.63	15.97	0.10456	408	5.81	7.53	0.01241
161	11.27	16.92	0.12576	409	7.32	10.55	0.02939
162	11.90	18.08	0.15165	410	8.81	12.90	0.05116
163	12.50	19.13	0.17318	411	10.26	15.65	0.08884
164	13.10	20.07	0.00040	412	11.69	17.76	0.13095
165	2.32	0.97	0.00202	413	13.08	21.12	0.21047
166	3.45	3.02	0.00635	414	2.09	2.00	0.00076
167	4.72	5.35	0.01608	415	3.76	3.47	0.00236
168	6.07	7.75	0.02767	416	5.38	6.00	0.00629
169	7.47	10.01	0.04617	417	6.95	9.15	0.01920
170	8.88	12.26	0.07398	418	8.46	13.64	0.05119
171	10.27	14.49	0.11275	419	9.92	17.97	0.10084
172	11.58	16.92	0.15994	420	11.32	23.31	0.18781
173	12.80	19.13	0.21421	421	2.03	0.73	0.00021
174	13.87	21.12	0.00043	422	3.37	1.89	0.00074
175	2.75	1.55	0.00197	423	4.69	3.35	0.00236
176	4.07	3.13	0.00544	424	5.99	6.11	0.00809
177	5.34	5.35	0.01395	425	7.26	9.26	0.02083
178	6.54	8.18	0.03578	426	8.51	12.68	0.04761
179	7.68	10.65	0.04675	427	9.74	16.08	0.09048
180	8.77	12.90	0.07317	428	10.95	19.23	0.14619
181	9.79	15.23	0.09830	429	12.13	22.58	0.22583

Tablo 8'in Devamı

Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )	Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )
182	10.75	17.03	0.13491	430	2.21	0.50	0.00025
183	11.65	18.92	0.18125	431	3.45	0.97	0.00028
184	12.49	21.12	0.23935	432	4.64	1.43	0.00059
185	13.27	23.31	0.34453	433	5.79	3.02	0.00212
186	14.64	26.64	0.00003	434	6.89	5.02	0.00600
187	1.26	0.25	0.00022	435	7.99	7.75	0.01389
188	2.00	1.08	0.00098	436	8.96	9.90	0.02724
189	2.90	2.34	0.00241	437	9.93	11.83	0.04398
190	3.91	3.58	0.00709	438	10.85	14.07	0.07139
191	5.03	5.89	0.01263	439	11.29	15.34	0.09128
192	6.23	8.07	0.02278	440	1.62	0.50	0.00140
193	7.48	10.23	0.04012	441	2.78	4.69	0.00423
194	8.78	11.94	0.06863	442	3.92	6.33	0.00830
195	10.09	14.38	0.11021	443	5.04	8.18	0.01456
196	11.40	17.34	0.16636	444	6.15	9.69	0.02394
197	12.68	20.07	0.21993	445	7.24	11.30	0.03878
198	13.92	22.48	0.30183	446	8.32	13.11	0.06179
199	15.09	25.08	0.35537	447	9.38	14.49	0.08549
200	16.17	27.16	0.79442	448	10.02	17.34	0.11388
201	19.16	39.92	0.00041	449	1.75	1.43	0.00036
202	2.54	1.55	0.00214	450	2.86	3.58	0.00226
203	3.73	3.35	0.00591	451	3.94	5.24	0.00522
204	4.98	5.46	0.01334	452	5.00	7.75	0.01155
205	6.31	7.53	0.02389	453	6.04	10.12	0.02194
206	7.70	9.15	0.03687	454	7.05	12.26	0.03602
207	9.16	10.65	0.05604	455	8.03	13.75	0.04960
208	10.68	12.36	0.08380	456	8.99	15.13	0.06363
209	12.28	13.85	0.09820	457	9.18	15.44	0.06644
210	12.83	14.38	0.10846	458	2.19	3.02	0.00125
211	12.83	15.34	0.00029	459	3.21	4.46	0.00362
212	3.25	1.08	0.00217	460	4.25	5.89	0.00682
213	5.34	3.35	0.00782	461	5.31	7.64	0.01249
214	7.31	5.78	0.01881	462	6.40	10.12	0.02691
215	9.15	8.39	0.03890	463	7.50	12.58	0.04675
216	10.86	11.40	0.07253	464	8.63	13.64	0.06329
217	12.44	14.28	0.12005	465	9.78	15.23	0.08412
218	13.90	16.92	0.17790	466	10.96	16.08	0.09821
219	15.22	19.44	0.00050	467	11.55	16.50	0.10631
220	1.78	1.20	0.00229	468	1.97	1.20	0.00057
221	2.73	3.47	0.00676	469	3.27	2.91	0.00173
222	3.85	5.78	0.01605	470	4.54	5.02	0.00505
223	5.10	8.07	0.02916	471	5.78	7.20	0.01289
224	6.44	10.12	0.04062	472	6.99	9.26	0.02396
225	7.81	11.72	0.05782	473	8.17	11.40	0.03755
226	9.19	13.53	0.07498	474	9.33	13.32	0.05714
227	10.51	14.70	0.08983	475	10.45	15.02	0.07902
228	11.76	15.55	0.09905	476	11.54	16.82	0.10821
229	12.33	15.97	0.11183	477	1.53	1.89	0.00061
230	12.33	16.92	0.00085	478	2.04	2.57	0.00107
231	2.43	2.00	0.00186	479	2.55	3.13	0.00184

Tablo 8'in Devamı

Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )	Örnek Ağaç No	Boy (m)	Kabuklu göğüs çapı (cm)	Kabuklu hacim (m <sup>3</sup> )
232	3.30	3.13	0.00406	480	3.06	3.91	0.00288
233	4.20	4.35	0.00852	481	3.56	4.80	0.00420
234	5.13	6.11	0.01615	482	4.06	5.46	0.00549
235	6.09	8.07	0.02531	483	4.54	6.33	0.00761
236	7.07	9.90	0.03681	484	4.99	7.20	0.01018
237	8.08	11.72	0.04890	485	5.43	8.07	0.01322
238	9.13	13.43	0.06340	486	5.83	8.83	0.01721
239	10.20	14.91	0.07979	487	6.02	9.26	0.01874
240	11.30	16.29	0.12399	488	2.07	0.61	0.00016
241	12.43	19.34	0.14037	489	3.14	1.55	0.00056
242	12.43	20.60	0.00071	490	4.15	4.80	0.00389
243	2.97	1.77	0.00487	491	5.10	7.64	0.01066
244	4.68	5.13	0.01235	492	5.99	9.37	0.01809
245	6.31	7.64	0.02823	493	6.82	11.51	0.03043
246	7.85	10.44	0.05261	494	7.59	13.64	0.04656
247	9.32	13.22	0.09048	495	7.95	14.38	0.05283
248	10.70	16.50	0.00039				

Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu düzenlemek için, kabuklu göğüs çapı ile kabuklu gövde hacmi değişkenlerinden dönüşümler yaparak  $1/d, 1/d^2, d^2, d^4, \log d, 1/\log d, \log d^2, \log v$  gibi değişkenler türetilmiş, SPSS 13.0 istatistik paket programında Regresyon Analizi yöntemi kullanılarak çeşitli denklemler denenmiştir. Bu denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri, parametrelerin önemlilik düzeyleri ve logaritmik denklemler için  $f = 10^{1.1513(se)^2}$  şeklinde hesaplanan “Düzelme Faktörü (f)” değerleri Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Tek girişli hacim denklemlerine ilişkin bulgular

Eşitlik No	Katsayılar					f D.F.	$R^2$	$S_{y.x}$	$F_h$	Önem düzeyi
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$					
1	-3.577	2.04				1.07885	0.96	0.028	40.2	$P < 0.001$
2	-3.445	1.27	0.601			1.03369	0.98	0.012	78.9	“
3	-3.483	1.0931	0.969	-0.135		1.03035	0.99	0.011	234.6	“
4	-3.198	0.422	1.465	-0.218	-0.254	1.02044	0.98	0.011	99.8	“

En uygun regresyon denkleminin seçiminde kullanılan altı değişik ölçüt değerleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Tek girişli hacim denklemlerine ait ölçüt değerleri

Denklem no	D (m <sup>3</sup> )	IDI (m <sup>3</sup> )	SD (m <sup>3</sup> )	PVE (%)	TH (%)	MH (%)	Rank
1	0.005 4	0.0105 3	0.1682 4	0.959 4	-9.6 4	19.34 3	22
2	0.0047 3	0.0106 3	0.1118 3	0.982 1	9.0 3	20.0 4	18
3	0.0011 2	0.0070 1	0.1062 1	0.985 2	1.99 2	13.25 1	9
4	0.0007 1	0.0072 2	0.1052 2	0.984 3	1.31 1	13.7 2	11

Tablo 10 incelendiğinde Titrek Kavak türüne ilişkin tek girişli hacim denkleminin rankı (başarı puanı) en düşük (9) olan 3 nolu modele göre düzenleneceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Titrek Kavak Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosunun düzenlenmesinde kullanılacak olan (3) nolu modelin, Titrek Kavak meşcerelerine uygunluğu 46 adet ağaçtan oluşan kontrol verisi ile “Eşlendirilmiş t testi” kullanılarak yapılmış ve sonuçta en iyi olarak seçilen (3) nolu modelin  $\alpha=0.05$  önem düzeyinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır ( $t_{hesap} = 1.822$ ,  $P = 0.069 > 0.05$ ).

Titrek Kavak için düzenlenen Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu Ek Tablo 1’de verilmiştir.

Çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlemek için 495 ağacın kabuklu göğüs çapı, kabuklu gövde hacmi ve boy değerlerinden yararlanarak, çeşitli dönüşümler yaparak  $1/d, 1/d^2, 1/h, 1/h^2, \log h, d^2, d^4, \log d, 1/\log d, \log d^2, \log v$  gibi değişkenler türetilmiş ve SPSS 13.0 paket programda Regresyon Analizi yapılarak çeşitli denklemler denenmiştir. Bu denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri, parametrelerin önemlilik düzeyleri ve logaritmik denklemler için  $f = 10^{1.1513(se)^2}$  şeklinde hesaplanan “Düzeltilme Faktörü (f)” değerleri Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Çift girişli hacim denklemlerine ilişkin bulgular

Eş. No	Katsayılar									f D.F.	$R^2$	Önem düzeyi
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$			
8	-3.526	1.261	0.376	0.039						1.0262		$P < 0.01$
9	-3.568	1.044	0.801	0.043	-0.166					1.0211		“
10	-3.515	0.984	0.825	0.041	-0.161	-0.215				1.0209		“
11	-3.830	0.984	0.942	0.055	-0.21	-1.373				1.0204		“
12	-3.786	0.818	1.108	0.054	-0.244	-1.37	-0.02			1.0202		“
13	-4.754	2.636	0.055	-0.103	-1.341	1.18	-0.133	1.045		1.0200		“
14	-4.977	2.552	0.097	-0.09	-1.911	1.911	-0.119	0.964	-0.002	1.0198		“

En uygun denklemin seçiminde yine, tek girişli hacim denkleminde olduğu gibi altı ölçüt kullanılmıştır. Bu ölçütlerden Açıklanan Varyans Yüzdesi (%PVE) dışında kalanların küçük, bu ölçütün ise büyük olması istenir. Bu nedenle ortalama hata, ortalama mutlak hata, standart sapma, toplam hata yüzdesi ve mutlak hata yüzdesi değerlerinden küçük olan denklem 1 puan verilirken gittikçe artan tam sayılarla model sayısı kadar puan verilir. Aynı değere sahip olanlar ise ardışık puanların ortalaması alınarak puan dağıtılır. Açıklanan varyans yüzdesi ölçütünde ise en yüksek değere sahip olan modele 1 puan verilerek giderek artan tam değerlerle model sayısı kadar puan verilir. Sonuçta en düşük puana sahip olan model en iyi modeldir. Bu anlatılanlar doğrultusunda modellerin ölçütleri ile aldıkları başarı puanları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Çift girişli hacim modellerine ilişkin ölçüt değerleri ile başarı puanları

Denklem no	D	$ D $	SD	PVE	TH	MH	Rank
	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	(%)	(%)	(%)	
8	0.0061	0.0092	0.0988	0.986	8.7	16.3	42
	7	7	6	7	7	7	
9	0.0008	0.0038	0.0890	0.989	-0.5	7.1	18
	2	1	7	4.5	2	1.5	
10	0.0013	0.0040	0.0885	0.989	0.3	7.1	18.5
	4	2.5	5	4.5	1	1.5	
11	0.0014	0.0041	0.0874	0.989	0.6	7.4	24
	5	4	4	4.5	3	3.5	
12	0.0010	0.0042	0.0869	0.989	0.07	7.6	25
	3	5	3	4.5	4.5	5	
13	0.0007	0.0040	0.0865	0.990	0.07	7.4	15
	1	2.5	2	1.5	4.5	3.5	
14	0.0036	0.0052	0.0862	0.990	1.5	10.8	26.5
	6	6	1	1.5	6	6	

Tablo 12 incelendiğinde en iyi denklemin (13) nolu eşitlik olduğu sonucuna varılmıştır. En iyi çift girişli hacim denklemi olduğuna karar verilen denklemin Titrek kavak meşcerelerine uygunluğu 46 ağaçtan oluşan kontrol verisi ile eşlendirilmiş t-testi kullanılarak test edilmiş ve  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. ( $t_{hesap} = 1.906$ ,  $P = 0.057 > 0.05$ )

Titrek Kavak türü için düzenlenen Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu Ek Tablo 2’de verilmiştir.

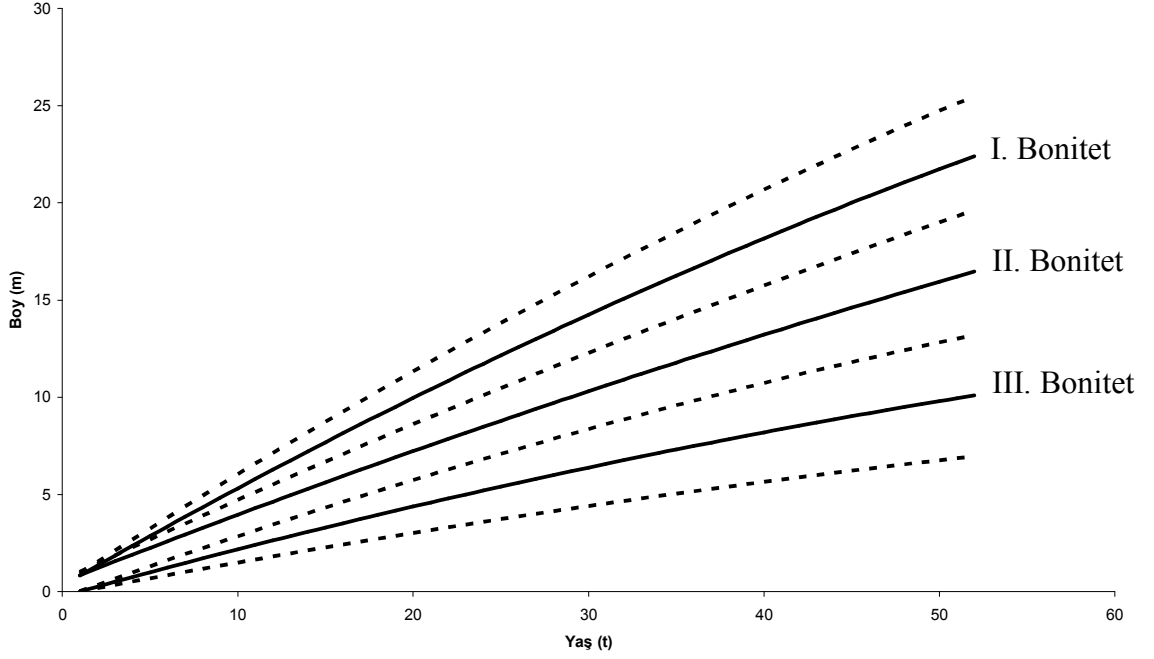
### 3.2. Yetiştirme Ortamı Verim Gücünün Belirlenmesine İlişkin Bulgular

Çalışmada yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde polimorfik yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla titrek Kavak meşcerelerindeki galip ağaçlardan seçilerek alınan 46 örnek ağaçta gövde analizi yapılmıştır. Her bir örnek ağaç için oluşturulan boylanma eğrileri Tablo 7’de verilmiştir.

Bonitlemede standart yaş olarak 30 yıl alınmıştır. Ağaç yaşları ve boyları bir grafiğe aktararak standart yaşa bağlı olarak polimorfik yöntemin kurallarına uygun olarak bonitet sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda standart yaştaki boyu 7.6 metreden küçük meşcereler III. Bonitet sınıfına, 7.6-11.19 metre arasında kalanlar II. Bonitet sınıfına ve 11.19 metreden büyük olanlar ise I. Bonitet sınıfına girmektedirler. Bonitet sınıflandırması Tablo 13 ve Şekil 4’de verilmiştir.

Tablo 13. Titrek Kavak türüne ilişkin bonitet sınıflaması

	Bonitet sınıfları		
	I	II	III
Sınıf sınırları (m)	11.20-14.79	7.6-11.19	4.0-7.59
Sınıf değerleri (m)	13.0	9.4	5.8



Şekil 4. Titrek Kavak türü bonitet sınıflaması

Böylelikle I. Bonitet sınıfında 5, II. Bonitet sınıfında 23 ve III. Bonitet sınıfında ise 18 örnek ağaç bulunmaktadır. Bonitet sınıflaması yapılan bu örnek ağaçlardan yararlanarak her bonitet sınıfı için ayrı ayrı olmak üzere; o bonitete giren ağaçların 1 yaşından bir yaş arayla kesim yaşına kadarki yaş-boy ilişkileri, SPSS 13.0 paket programında Regresyon Analizi yöntemi kullanılarak tahmin belirlenmiştir. Çok sayıda denenen modellerden en iyisine karar vermede belirtme katsayısı ( $R^2$ ) ve standart hata ( $S_{y.x}$ ) değerlerinden yararlanılmıştır. Sonuçta denenen modellerden ikinci dereceden polinom olan quadratik modeller üç bonitet sınıfı için de en başarılı olan modeller olarak bulunmuştur. Bu şekilde her bir bonitet sınıfına ilişkin yaş-boy eğrilerinin parametrelerinin tahmin değerleri, denklemin standart hatası ve önemlilik düzeyleri Tablo 14'de verilmiştir. Bu eğriler kullanılarak her bir örnek ağacın alındığı meşcerelerin bonitet endeks değerleri Tablo 15'de görülmektedir.

Tablo 14. Bonitet sınıflarına ilişkin yaş-boy denklemleri

Bonitet Sınıfı	Katsayılar			$R^2$	$S_{y.x}$	$F_h$	Önem düzeyi
	$b_0$	$b_1$	$b_2$				
I	-1.253396	0.525858	- 0.001791	0.967	0.817	1762.9836	$P<0.001$
II	-0.53978	0.341029	- 0.000863	0.961	0.88026	13082.883	$P<0.001$
II	-1.072933	0.276817	- 0.001074	0.877	1.44983	3357.330	$P<0.001$

Böylece üç bonitet için üç farklı bonitet endeks denklemi oluşturulmuştur. Bu bonitet endeks denklemlerine bağlı olarak da 6-55 yaşları arasında birer yıl ara ile ve 4-15 metre bonitet endeksleri arasında birer metre ara ile Bonitet Endeks tablosu düzenlenmiştir. Düzenlenen Bonitet Endeks Tablosu Ek Tablo 3’de verilmiştir.



#### 4. TARTIŞMA

Titrek Kavak tek girişli hacim denklemi logaritmik denkleme göre düzenlenmiş olup sadece göğüs çapının ölçümünü gerektirmesi nedeniyle uygulanabilirliği yüksektir. Bu denklemin bir diğer üstünlüğü, diğer yapraklı türlere göre tek girişli hacim denkleminin mutlak hatasının çok düşük (%13.2) olmasıdır (Kestane: % 17.4 (Kapucu vd. (2001), Dişbudak: % 13.8 (Şentürk, 1998)). Toplam hatasının % 1.99 olması nedeniyle ormancılık uygulamalarında tek girişli hacim denkleminin kullanılması, hacim tahmininde büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

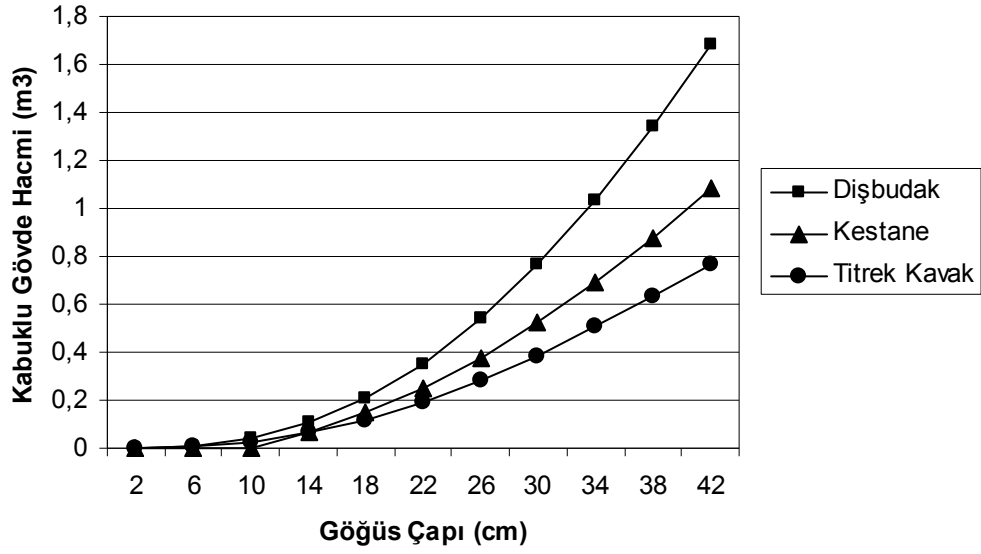
Titrek Kavak çift girişli hacim denkleminin mutlak hatası %7.4 olup diğer hiçbir yapraklı türde olmadığı kadar düşük bir hata oranına sahip olmaktadır (Kestane: %13.2 (Kapucu vd. (2001), Dişbudak: %10.4 (Şentürk, 1998), Kızılağaç: % 8.7 (Saraçoğlu, 1988)). Hatta kimi iğne yapraklı türlerin hata oranından bile daha düşük hataya sahiptir (Sarıçam: %10 (Alemdağ, 1967), Kızılcım: %9 (Alemdağ, 1962), Gökmar: %8.7 (Asan, 1984)). Titrek Kavak çift girişli hacim denklemi, tek girişli hacim denklemi ile kıyaslandığında hata yüzdesini %44 oranında azaltması da çift girişli denklemin başarısını göstermektedir. Toplam hatanın % 0.07 olması da çift girişli denklemin diğer bir olumlu yönüdür.

Çift girişli hacim denkleminin tüm parametreleri  $\alpha=0.001$  önem düzeyinde anlamlıdır. Çift girişli denklemin en olumsuz yönü ağacın dikili hacmini bulmak için göğüs çapının yanı sıra boyunun da ölçülmesi gerekliliğidir.

Gerek tek girişli gerekse çift girişli hacim denkleminin logaritmik olması nedeniyle Meyer'in önerdiği gibi bir düzeltme de yapılmıştır. Kullanıcının denklemleri kullanırken dikkat etmesi gereken bir konu da bu olmaktadır.

Her iki hacim denklemi 46 örnek ağaçtan oluşan bağımsız bir veri kümesi ile Eşlendirilmiş *t*-testi kullanılarak test edilmiştir. Yapılan test sonucunda geliştirilen her iki hacim denkleminin de  $\alpha=0,05$  önem düzeyi ile Türkiye'deki Titrek Kavak meşcerelerinde kullanılabilecektir.

Titrek Kavak ağaç türü, kabuklu gövde hacmi bakımından diğer yapraklı türlerle kıyaslandığında aynı çap değerleri için daha düşük gövde hacmine sahip olmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Titrek Kavak gövde hacmi ile Kestane ve Dişbudak gövde hacimlerinin karşılaştırılması

Bu tez çalışması kapsamında sadece tek ve çift girişli hacim tabloları oluşturulmamış, aynı zamanda Titrek Kavak meşcerelerinin yetiştirme ortamı verim gücü de belirlenmiştir. Bu amaç için 46 örnek ağaçta gövde analizi yapılarak Polimorfik Yöntem kullanılmıştır. Standart yaş 30 yıl olarak belirlenmiştir. Titrek Kavak meşcerelerinde meşcerelerden alınan örnek ağaçlarda standart yaştaki boy değerinin 4.00-7.59 m arasında olması halinde bu örnek ağacın dahil olduğu meşcerenin III. Bonitet sınıfında, 7.60-11.19 m arasında olması halinde II. Bonitet sınıfında, 11.20-14.79 m arasında olması I. bonitet sınıfında olduğu belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada en uygun gövde hacim denklemlerinin seçiminde Ortalama Hata, Ortalam Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçütlere göre tek girişli 4 denklem, çift girişli 7 denklem denenmiştir. Değerlendirme, başarı puanlarına göre yapılmıştır. Başarı puanı en küçük olan denklem en iyi denklem olarak seçilmiştir. Bu değerlendirme ile Titrek Kavak Tek Girişli Hacim Tablosu;

$$\text{Log}V=-3.483+1.0931\text{Log}D+0.969(\text{Log}D)^2-0.135(\text{Log}D)^4$$

denkleminde düzenlenmiştir. Bu denklemin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) 0,98 olup toplam hata yüzdesi %1,99 ve ortalama mutlak hata yüzdesi %13.2'dir. Çift Girişli Hacim Tablosu ise;

$$\text{Log}V=-4.754+2.636(\text{Log}D)^2+0.055H-0.103(\text{Log}D)^4-1.341(1/H)^2+1.18(1/H)-0.133(1/D)^2+1.045(1/D)$$

şeklindeki denkleme göre düzenlenmiştir. Çift girişli hacim denkleminin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) 0.99 olup toplam hata yüzdesi %0.07 ve ortalama mutlak hata yüzdesi %7,4 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre her iki hacim denklemi de son derece başarılıdır. Geliştirilen tek ve çift girişli hacim denklemleri 46 adet örnek ağaçtan oluşsan bağımsız bir veri grubu ile test edilerek Titrek Kavak meşcereleri için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Titrek Kavak meşcerelerinin yetiştirme ortamı verim güçlerinin belirlenmesinde Polimorfik Yöntem kullanılmıştır. Polimorfik yöntem, ağaç türünün doğal yayılış alanı içerisindeki meşcerelerde bulunan galip ağaçlardan alınan örnekler üzerinde gövde analizi yapılarak uygulanır. Yöntem tek tek ağaçlardan yola çıkarak ağaçların dahil oldukları meşcerelerin verim güçlerini belirlemesi mantığına dayanır. Bu, polimorfik yöntemin olumsuz yönüdür. Çalışmada polimorfik yöntem Titrek Kavak meşcerelerindeki galip 46 örnek ağaç üzerinde gövde analizi yapılarak her bir ağacın boylanma eğrileri elde edilmiş ve 30 yıl olarak belirlenen standart yaştaki boylarına göre bonitet sınıflaması yapılmıştır. 3

bonitet sınıfı ayrılmıştır. Her bonitet sınıfına giren örnek ağaçlar belirlenerek her bir bonitet sınıfı için ayrı ayrı olmak üzere birer yaş-boy denklemi elde edilmiştir. Bu denklemleri belirlemek için 10 farklı model denenmiş olmasına karşın her üç bonitet sınıfı için de ikinci dereceden polinom şeklindeki quadratik model en iyi olarak seçilmiştir. Bu üç model kullanılarak Titrek Kavak Meşcerelerine İlişkin Bonitet Endeks Tablosu düzenlenmiştir.

Titrek Kavak meşcerelerinin yetiştirme ortamı verim güçlerinin belirlenebilmesi için geliştirilen bonitet endeks tablosunun nasıl kullanılacağı konusunda yanılığa düşülmemesi için arazide ölçülmesi gereken özelliklerin ne olduğu konusunda bilgi vermek yerinde olacaktır. Bu bağlamda çalışma kapsamında geliştirilen Titrek Kavak meşcerelerine ilişkin bonitet endeks tablosunu kullanarak herhangi bir Titrek Kavak meşceresinin verim gücünü belirlemek için alışlageldiği gibi meşcere yaşı ve meşcere üstboyu ölçümü değil, meşceredeki galip ağacın yaşının ve boyunun ölçülmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada hacim tablolarının oluşturulmasında 46 örnek ağacın gövde analizi verilerinden yararlanılarak 495 ağaca ilişkin kabuklu göğüs çapı, boy ve hacim değerlerini bulmada bazı zorluklarla karşılaşılmasına karşın, kullanıcı için bunun herhangi bir zorluğu bulunmamaktadır. 46 örnek ağaç yerine daha fazla örnek ağaçta doğrudan kabuklu göğüs çapı, boy ve hacim ölçmek daha uygun olabilirdi. Bu koşulların sağlanamadığı durumlarda gövde analizi verilerinden yararlanmak hacim denkleminin başarısını olumlu yönde etkileyebilmektedir.

Titrek Kavak meşcerelerinin yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde, şartların uygun olduğu durumlarda, yani meşcereden galip ağacın kesilmesi dışında o meşcereyi temsil edecek belirli büyüklükte örnek alanlar alınması halinde, Polimorfik Yöntemin Anamorfik Yöntem ile birleştirilip her iki yöntemin de olumsuz yönlerinin giderildiği Kombine Yöntemin kullanılması en optimal çözüm olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Annon, 1981. Ulu Önder ATATÜRK'ün 100. Doğum Yıldönümünde Türkiye'de Kavak ve Kavakçılık, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, İzmit, 1-232 s.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler (Spermatophta), Odunsu Taksonlar, K.T.Ü. Orman Fak., Genel Yayın No:167, Fakülte Yayın No:19, I.Baskı, K.T.Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- As, N., 1992. *Pinus pinaster* ait değişik ırklarının fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi, Doktora Tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atik, C., 1995. Titrek Kavak ( *Populus tremula* L.) ve Kağıt Sanayii, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1-71 s.
- Atik, C.2001. Farklı Pişirme Yöntemleri ile Titrek Kavak (*Populus tremula* L.)' tan Yüksek Verimli Kağıt Hamuru Elde Etme Olanakları, İ.Ü.O.F. Dergisi, 51, 1, 43-51.
- Aytuğ, B., 1984. Odun Anatomisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Roto Baskı, İstanbul, 61-63 s.
- Beck, D.E.,1971. Polimorphic Site Index Curves for White Pine in The Southern Appalachians, US For. Serv. Res. Pap. Stheast. For. Exp. Sta. No:SE-80.
- Berkel, A., 1950. Orman Ağaç ve Ağaççıkları Odunlarını Teşhis Kılavuzu, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 451-14, İstanbul, 374 s.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Yayın No: 1148, O.F. Yayın No: 147, İstanbul, 168-169 s.
- Beşkök, T., 1964. Ormancılıkta ve Arazinin Değerlendirilmesinde Kavak, OGM Yayın No:375, Seri No:38, Ankara.
- Bozkurt, Y., 1967. Yapraklı Ağaç Odunlarının Anatomik Yapısı, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt XVII, Sayı 2, İstanbul, 45- 63 s.
- Bozkurt, Y., 1971. Önemli Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Tanımı, Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Alanları, İ.Ü. Yayın No: 1653, O.F. Yayın No: 177, İstanbul, 89 s.
- Bozkurt, Y., 1986. Ağaç teknolojisi ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3403, İstanbul, 1-218 s.

- Browicz, K. ve Yaltırık, F., 1982. Flora of Turkey and The East Aegeae Islands, Edinburg.
- Carmean, W.H., Niznowski, G.P. ve Hazenberg, G., 2001. Polimorphic Site Index Curves for Jack Pine in Northern Ontario, Forestry Chronicle, 77, 1, 141-150.
- Chen, H.Y.H., Klinka, K. ve Kabzems, R.D., 1988. Height Growth and Site Index Models for Trembling Aspen (*Populus tremuloies* Michx.) in northern British Columbia, Forest Ecology and Management, 102, 157-165.
- Davis, P. H., 1972. Flora of Turkey and East Aegean Islands, vol:IV.
- Erten, P., Önal, S. ve Özer,S., 1995. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İçanadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Dergi serisi No: 79, Ankara, 51-74 s.
- FAO, 1958. Poplar in Forestry and Land Use , Forestry and Forest Products No:12, Roma, 1-511 s.
- Fırat,F., 1973, Dendrometri, İ.Ü.O.F. Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1800, O.F. Yayın No:193, Dördüncü Baskı, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Forslund, R. , 1982. A Geometrical Tree VolumeModel Based On The Location Of The Centre Of Grawity Of The Bole, Canadian Journal Of Forest Research, 12, 2 , 215-221.
- Fralish, J.S. ve Loucks, O.L.,1975. Site Quality Evaluiton Models for Aspen ( *Populus tremula* ) in Wisconsin, Canadian Journal of Forest Research 5, 49, 523-528.
- Gatzojannis, S. ve Grigoriais, N., 2000. A Polimorph Height-Growth Model for *Quercus frainetto* Stands in The Arnea Forest, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 171, 4,67-74.
- Göker, Y.,1977. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar, O.G.M. Yayın No: 613/22, Ankara.
- Göker, Y., 1983. Reaksiyon Odunu Oluşumunun Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi Hakkında Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3142/339, 1-172 s, İstanbul.
- Hahn, J. T. and Hansen, M. H. , 1991. Cubic And Board Foot Volume Models For The Central States, Northern Journal Of Applied Forestry, 8, 2 , 47-57.
- Halupa, L., Kiss, R. ve Palotas, F., 1974. Model Yield Tables for Poplar Stands, Fatermesztesi Modelltablak Nyarfaallomanyokra, 70, 1, 49-58.

- Halupa, L. ve Kiss, R., 1975. Model Yield Tables for Poplar Stands 2 , Fatermesztesi Modelltablak Nyarfaallományokra, 71, 1, 105-124.
- Kayacık, H.,1981. Orman ve Park Ağaçları Özel Sistematiği II. Cilt Angiospermae (Kapalı Tohumlular), İ.Ü. Yayın No: 2766, O.F. Yayın No: 287, İstanbul, 52-53 s.
- Kalıpsız, A. , 1981. İstatistik Yöntemler, İ. Ü.O.F. Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2837, O.F. Yayın No : 294, Birinci Baskı, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Loetsch,F ve Zahrer, F., 1973. Forest Inventory, 2, 1, 8, BLV Verlagsgesellschaft München Bern Wien, München.
- Öner, M.N., 1996. Kütahya-Gediz-Yağmurlar Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 95 s.
- Patton, D.R. ve Jones, J.R., 1977. Managing Aspen ( *Populus tremula* ) for Wildlife in The Southwest, USDA Forest Service General Technical Reporty , 37, 7.
- Qıbm, Y., Tıgerstedt, P.M.A. ve Haapanen, M., 2001. Growth and Phenology of Hybrid Aspen Clones (*Populus tremula* L. X *Populus tremuloides* Michx.), Silva Fennica, 35, 1, 15-20.
- Ruark, G.A. ve Bockheim, J.G., 1988. Biomass, Net Primary Prouction and Nutrient Distribution for an Age Sequence of *Populus tremula* Ecosystems, Canadian Journal of Forest Research, 18, 4, 435-443.
- Saraçoğlu, N.,1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* var. *barbata* (C.A. Mey.) Lebed.) Gövde Hacim Tablolarının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sarıbaş, M., 1989. Türkiye'nin Euro-Siberian (Euxin) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik ( İç Morfolojik, Dış Morfolojik, Palinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 148, 1-158 s, İzmit..
- Scott, V.E. ve Crouch, G.L., 1988. Breeding Birds in Uncut Aspen and 6-to 10-year-old Clearcuts in Southwestern Colorado, USDA Forest Service, No. RM-485, 5 s.
- Silva, J.A.A.,1992. A Tree Volume Equation Based On Two Lower Stem Diameters For Caribbean Pine in Sri Lanka, Commenwealth Forestry Review, 71, 2 , 114-116.

- Sungchul, Y., Park, E.W. ve Laurence, J.A., 1999. The Response of Clones of *Populus tremula* Differing in Sensitivity to Ozone in The Field, New Phytologist, 14, 3, 411-421.
- Sungchul, Y., Park, E.W. ve Laurence, J.A., 2001. Simulation of 1-year-old *Populus tremula* Response to Ozone Stress at Ithaca, USA, and Suwon, Republic of Korea, Environmental Pollution, 112, 2, 253-260.
- Şanlı, İ., 1985. Trakya'nın İki Akmeşe Türünün Bazı İç Morfolojik Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi dergisi, Seri A, Cilt 35, Sayı 2, İstanbul, 55-71 s.
- Şimşek, Y., 1968. İstikbali Ormançılık ve Ekonomik Yönünden Mühim Olan ağaç Türü: Titrek Kavak (*P.tremula* L.), Türkiye Milli Kavak Komisyonu Üçüncü Toplantısı, Tebliğ No:4.
- Tewari, V.P. ve Kumar, V.S.K., 2002. Development of Top Height Model and Site Index Curves for *Azadirachta indica* A. Juss, Forest Ecology and Management, 165, 67-73.
- Toplu, F., 1999. Fırat Kavağı, Güneydoğu Anadolu Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Çeşitli Yayınlar Serisi No:1, 87 s.
- Tunçtaner, K. ; Tulukçu, M. ve Toplu, F., 1994. Bazı Kavak Klonlarının Büyümeleri ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 170, 1-25 s, İzmit.
- Uluer, K. ve Özay, F.Ş., 1993. Titrek Kavaklarda (*Populus tremula* L.) Görülen Gövde Çürüklükleri Üzerine Araştırmalar, Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, İzmit.
- Ulises, D.A., Harold, E.B. ve Roque, R.S., 2005. Modeling Dominant Height Growth of Radiata Pine (*Pinus radiata* D.Don) Plantations in North-Western Spain, Forest Ecology and Management, 215, 271-284.
- Wong, J. L. G. and Blackett, H. L. , 1994. Bole Volume Equations For High Forest Timber Species in Ghana, Commonwealth Forestry Review, 73, 1 , 18-22.
- Yahyaoglu, Z. ve Üçler, A.Ö., 1997. Bazı Orman Ağaçları ve Süs Bitkilerinin Doku Kültürü Teknikleri ile Üretilmesi, TÜBİTAK TBGTAG Proje No: 16,1-113, Trabzon.
- Yaltrık, F., 1987. Dendroloji II Angiospermae, Bölüm I, Roto Baskısı, 1-25 s.
- Yaltrık, F., 1993. Dendroloji Ders Kitabı II Angiospermae (Kapalı Tohumlular), Bölüm I, 2. Baskı, İstanbul, 46-48 s.



- Yaman, B. ve Sarıbaş, M., 2004. Türkiye'nin Euxine Bölgesindeki Doğal Kavak (*Populus L.*) Taksonlarında Yükseltiyle İlişkili Olarak Trahe Hücre Boyutlarındaki Varyasyonlar, S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, 1, 111-123.
- Yang, K.C. ve Hazenberg, G., 1991. Relationship Between Tree Age and Sapwood/Heartwood Width in *Populus tremula L.*, Wood and Fiber Science, 23, 2, 247-252.
- Yavuz, H. , 1995. Tařköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam için Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Trabzon, 101 sayfa (Basılmamıştır).

## 7. EKLER

Ek Tablo1. Titrek Kavak Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu

Çap(cm)	Hacim(m <sup>3</sup> )	Çap(cm)	Hacim(m <sup>3</sup> )
4	0.00332	28	0.35409
5	0.00544	29	0.38318
6	0.00828	30	0.41323
7	0.01194	31	0.44419
8	0.01651	32	0.47604
9	0.02205	33	0.50870
10	0.02865	34	0.54216
11	0.03634	35	0.57634
12	0.04519	36	0.61122
13	0.05523	37	0.64675
14	0.06649	38	0.68286
15	0.07899	39	0.71953
16	0.09276	40	0.75671
17	0.10780	41	0.79434
18	0.12411	42	0.83238
19	0.14169	43	0.87079
20	0.16053	44	0.90953
21	0.18061	45	0.94855
22	0.20193	46	0.98781
23	0.22445	47	1.02726
24	0.24815	48	1.06688
25	0.27300	49	1.10661
26	0.29896	50	1.14642
27	0.32600		





Ek Tablo3. Titrek Kavak Bonitet Endeks Tablosu

Meşçere Yaşı	Bonitet Endeksleri (m)																			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
5	0.18	0.22	0.27	0.31	1.02	1.15	1.28	1.41	1.24	1.34	1.44	1.55	1.65	1.75	1.85	1.96	2.06			
10	1.02	1.27	1.52	1.78	2.50	2.81	3.12	3.43	3.56	3.86	4.15	4.45	4.75	5.04	5.34	5.64	5.93			
15	1.81	2.27	2.72	3.18	3.93	4.42	4.92	5.41	5.79	6.27	6.76	7.24	7.72	8.20	8.69	9.17	9.65			
20	2.58	3.22	3.86	4.51	5.33	6.00	6.67	7.33	7.95	8.61	9.27	9.93	10.60	11.26	11.92	12.58	13.25			
25	3.31	4.14	4.96	5.79	6.69	7.53	8.36	9.20	10.01	10.85	11.68	12.51	13.35	14.18	15.02	15.85	16.68			
30	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00			
35	4.66	5.83	7.00	8.16	9.28	10.44	11.60	12.77	13.91	15.06	16.22	17.38	18.54	19.70	20.86	22.02	23.18			
40	5.29	6.61	7.94	9.26	10.52	11.84	13.15	14.47	15.73	17.04	18.35	19.66	20.97	22.28	23.59	24.90	26.21			
45	5.88	7.36	8.83	10.30	11.73	13.19	14.66	16.12	17.46	18.91	20.37	21.82	23.27	24.73	26.18	27.64	29.09			
50	6.44	8.05	9.66	11.27	12.88	14.49	16.11	17.72	19.11	20.70	22.30	23.89	25.48	27.07	28.67	30.26	31.85			
55	6.96	8.71	10.45	12.19	14.02	15.77	17.52	19.27	20.68	22.41	24.13	25.85	27.58	29.30	31.02	32.75	34.47			

## **ÖZGEÇMİŞ**

1978 yılında Trabzon'un Akçaabat ilçesinde doğdu. İlk ve Orta öğrenimi Akçaabat'ta tamamladıktan sonra 1996'da Gazi Osman Paşa Üniversitesi İnşaat ön lisans programından mezun oldu. 1998 yılında kazanmış olduğu Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nden 2002 yılında mezun oldu.

Halen, 2003 yılında başladığı KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim dalı Orman Amenajmanı bilim dalında master öğrenimini sürdürmektedir. Orta derecede İngilizce bilmektedir.