



## Batı Karadeniz kıyı bölgesi'nde yetişen Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetişme ortamı değişkenleriyle ilişkisi

Oktay Yıldız <sup>1</sup>, Şahin Bircan <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Konuralp, Düzce

<sup>2</sup> Gölsan Entegre Orman Ürünleri İth.İhr.San.Tic.Ltd.Şti., Gölyaka, Düzce

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 04/11/2022

Kabul Tarihi : 16/12/2022

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1199478>

\*Sorumlu Yazar:

oktayyildiz@duzce.edu.tr

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı; kayın ağaçlarının yetiştiği ortamlardaki bazı ekosistem değişkenleriyle odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin nasıl değiştiğini ortaya koymaktır. Araştırma sahaları, Batı Karadeniz kayın meşcerelerinden belirlenmiştir. Çalışma için kayının yayıldığı alt rakımdan üst rakıma kadar farklı yükselti ve bakılardan 6 saha seçilmiştir. Bu altı sahanın her birinde sahayı temsil edecek ve 100 m aralıklarda

üçgen oluşturacak şekilde, göğüs yüksekliği çapı 30-45 cm'ler arasında reaksiyon odunu olmayan düzgün gövdeli üç ağaç kesilmiştir. Daha sonra her örnekleme alanından ölü örtü (OM) toplanarak makro-besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Aynı yerden ilk 20 cm toprak derinliklerinden toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinden pH, organik madde, toplam C ve N ile diğer makro besin elementleri analiz edilmiştir. Kayının yetişme ortamı özellikleri ile odununun mekanik özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için veriler arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Analizler sonucu, arazi eğimi arttıkça odunun radyal sertliğinin azaldığı, arazide yükselti arttıkça odununun hacim daralmasının arttığı, toprağın asitliği azaldıkça odunun enine yönde sertliğinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, ölü-örtü organik maddesinin azot içeriği arttıkça odununun teğet yöndeki sertliği, odunun teğet yönde genişlemesi, hacim genişlemesi, hacim daralması, şok direnci değerlerinin azaldığı, organik maddedeki fosfor içeriğinin artmasıyla radyal genişlemesinin arttığı, boyuna genişleme ise azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kayın, Batı Karadeniz Bölgesi, yetişme ortamı, odun özellikleri

### The relationship among ecosystem variables and physical and mechanical properties of eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood grown in the coastal region of the western Black Sea Region of Turkey

#### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the relationships among ecosystem variables and beech wood's physical and mechanical properties. Research area is located in an eastern beech forest located in western Black Sea Region of Turkey. For the study 6 sites along the elevation and on different aspect were selected. For the each site, 3 trees were fallen-down for wood sampling. In addition forest floor and soil for the first 20 depths were sampled on each site. From these samples, soil pH, organic matter content, soil and organic matter macro-nutrient concentrations were determined. The data were analyzed for the correlation among soil and organic matter and mechanical and physical properties of wood. Data revealed that slope and radial strength are negatively, elevation and volume shrinkage are positively, soil acidity and wood's lateral strength are negatively related. Besides, organic matter N concentration is negatively related to wood tangential strength, tangential expansion, volume expansion, volume shrinkage and shock resistance. Forest floor organic matter (OM) phosphor concentration is positively related to radial expansion, but negatively related to continual expansion.

**Key Words:** Beech, Western Black Sea Region, site conditions, wood properties

#### Citing this article:

Yıldız, O., Bircan, Ş., 2022. Batı Karadeniz kıyı bölgesi'nde yetişen Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetişme ortamı değişkenleriyle ilişkisi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8(2), 61-72.



This article is licensed under CC BY-NC 4.0

## 1. Giriş

Türkiye orman kaynakları ve odun üretimi bakımından dünya ortalamasının altında olan ülkeler arasındadır (Yıldız et al., 2010a). Türkiye'nin yasal olarak 21,7 milyon hektar orman alanı bulunsa da bu alanların ancak yarısı odun üretimi açısından verimli orman olarak nitelendirilmektedir. Toplam odun üretimini orman alanına kıyasladığımızda Türkiye ormanlarından hektar başına yıllık odun üretimi 1 m<sup>3</sup> ün altındadır. Ayrıca ağaçların yaşlı olmaları ve orman bakımlarının yetersiz olması dolayısıyla da üretilen odunların kalitesinin düşük olması odun endüstrisindeki açığın sadece sayısal olarak değil kalite olarak da çok büyük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Türkiye'de ormancılığın en önemli sorunu gelecek nesillerin daha da artacak olan ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan ve orman ekosistemlerini koruyarak toplumun ihtiyaçlarının nasıl karşılanacağıdır. Orman Bakanlığı Türkiye Ulusal Ormancılık Programı (2004–2023)'nda odun üretimi yapılan alanlardan iç ve dış piyasada rekabet edebilecek özelliklerde ve sürdürülebilir olarak odun üretilmesine vurgu yapılmıştır. Sürdürülebilirlik ilkesinin ulusal ormancılık politikasının temel bileşenlerinden olduğu, sürdürülebilir kalkınma için orman kaynaklarının da sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Anonim, 2004).

Orman ürünlerine olan ve hızla artan talepleri karşılamak için ormanların doğal olarak büyümesine güvenemeyiz. Doğal ormanların verim güçlerinin ve üretilen odun kalitesinin yoğun ormancılık faaliyetleri ile artırılması ve bunun sürdürülebilir bir şekilde yapılması gerekmektedir (Kozłowski, 2002). Bu nedenle odun üretimi bakımından önemli olan kayın, sarıçam, kızılçam, göknar, ladin vb. türlerle ilgili temel ve uygulamalı araştırmaların artırılması gerekmektedir.

Doğu Kayını 30-40 m ye kadar boylanan, 1 m'nin üstünde çap yapabilen düzgün gövdeli I. sınıf odun üretebilen bir türdür (Anonim, 1985). Balkanlar'dan başlayarak Türkiye, Kafkasya ve Kuzey İran üzerinden Kırım'a kadar yayılış gösteren doğu kayını, Türkiye ormanlarının yaklaşık 1,7 milyon hektar alanında yayılış göstermekte olup Türkiye orman alanlarının %8 ini oluşturmakta ve ağaç türleri arasında da 4. yayılış genişliğine sahip bir türdür. Kayın gölgeli bakılarda yayılış gösterir (Anonim, 1985; Atay, 1987; Atay, 1990). İyi yetişme ortamlarında yaklaşık 25-30 yıl gölgeye dayanabilen (Atay, 1987) kayın genelde %60'a kadar eğime sahip yamaçlarda verimli, süzekliği (drenaj) ve havalanma şartları iyi, orta- ve derin topraklarda (30-100 cm) iyi gelişme gösteren bir ağaç türüdür (Atay, 1987; Atalay, 1992). Kayının yetiştiği orman alanlarında topraklar genelde asidik olup bitki beslenmesi açısından verimlidir (Yıldız et al., 2010b). Türkiye'de her yıl yaklaşık 70 bin ha kayın ormanı gençleştirilmekte ve bu gençleştirme çalışmaları sırasında 2,2 milyon m<sup>3</sup> eta alınmaktadır. Bu bakımdan kayın ormanlarından üretilen odun miktarı tüm ağaçlardan alınan odun miktarının beşte biri gibi çok önemli kısmını oluşturmaktadır (Anonim, 2006).

Kayın odunu kolay ve çabuk kuruyabilmekte ve çatlama, çarpılma, kabuklaşma ve hücre çökmeleri gibi kurutma kusurlarına karşı yatkinliği azdır. Odunun körleştirme etkisi orta derece olup soyula bilirliliği, kesile bilirliliği ve tornada izlenebilirliği iyidir. Ayrıca yapıştırma ve yüzey işlemlerinde fazla sorunlu değildir. İyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder

(Yaltırık ve Efe, 2000). Kayın odunu geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta, kontra plak, kaplama levha, parke, yonga levha, lif levha ve kâğıt odunu, oluklu mukavva travers vb. yapımında kullanılabilir (Yaltırık ve Efe, 2000).

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'de odun üretimi açısından en önemli türlerden biri olan kayın ağaçlarının yetiştiği ortamlardaki bazı ekosistem değişkenleriyle (arazi eğimi, yükselti, toprak ve ölü-örtü besin içerikleri vb.) odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin nasıl değiştiğini ortaya koymaktır. Böylece orman ekosistemlerinde endüstriyel açıdan kaliteli odun üretilen sahalara belirlenmesi ve ayrıca orman anlarının diğer kullanım amaçlı (koruma, biyolojik çeşitlilik, rekreasyon, su üretimi vb.) olarak ayrılması açısından işletmecilere yardımcı olacak veri üretmektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Materyal

#### 2.1.1 Çalışma alanı

Araştırma sahaları, Batı Karadeniz kayın ekosistemlerini temsilen Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Akçakoca İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Deredibi İşletme Şefliği'ndeki kayın meşcerelerinden belirlenmiştir. Deredibi Orman İşletme Şefliği Batı Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesiminde coğrafi olarak, 40°07'05"-41°05'25" kuzey enlemleri ile 31°03'26"-31°12'46" doğu boylamları arasında yer almaktadır. İşletme Şefliği Ormanları Akçakoca- Düzce yolunun batısında Akçakoca İlçesi'nin güney kısmında yer almaktadır. İşletme ormanlarının kuzey sınırını Karadeniz kıyı çizgisi oluşturmaktadır. Ormanlar yaklaşık 150 metre yükseltiden başlayıp 1100 metreye kadar çıkmakta ve hâkim bakı kuzeydir. Şeflik sınırları içerisinde kalan 12 bin ha sahanın yaklaşık %40'ı saf kayın veya çoğunluğu karışık yapraklı ormanlardan oluşmaktadır.

#### 2.1.2 İklim

Araştırma sahaları Batı Karadeniz iklim tipi içerisinde yer almakta olup Karadeniz'in doğu bölgelerine göre daha az yağış almaktadır (Özyuvacı, 1999). Araştırma sahalarına en yakın olan Akçakoca Meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre Akçakoca'nın ortalama sıcaklığı 13 °C, ortalama yıllık yağış 1072 mm olmasına rağmen yaz aylarında ortalama yağış diğer aylara göre düşüktür. Vejetasyon dönemi Nisan ayında başlamakta ve ekim sonlarına kadar sürmektedir. Fakat örnekleme alanları ile Akçakoca İlçesi arasında yaklaşık 750 m yükseklik farkı olduğundan toplam yağış meteoroloji tarafından kaydedilenden daha fazla, ortalama sıcaklık daha düşük ve kışlar daha sert geçmektedir. Dolayısıyla vejetasyon dönemi daha kısa sürmektedir.

#### 2.1.3 Anakaya, arazi yapısı ve toprak özellikleri

Bölgenin büyük bir bölümü volkanik kayalardan oluşmuştur. Kuzey kesimlerde denize yakın olan yerler ile güneyde bazı yerler gevşek alüvyal yataklardan oluşmuştur (Anonim, 2005). Yaltırık ve ark (1953) güney yamaçlarda Pleistosen Alüvyonu, kuzeye doğru Eosen-kalker kumlu şist ve andezit alanları

bulduğunu belirtmiştir. Bölgenin kuzeyinde bulunan ana kayalarda kretase oluşumu en geniş yayılışa sahiptir. Çalışma sahalarındaki toprak derinliği ortalama 80–90 cm’den fazladır. Tanecik bileşimi killi balçıktan kumlu balçığa kadar değişmekte olup yöredeki topraklar USDA toprak sınıflandırma sistemine göre Typic Haplumbrepts olarak adlandırılmaktadır (Kantarci, 2000). Bu topraklar eski Avrupa ve Amerika sınıflandırmasına göre kahverengi orman toprakları olarak adlandırılmaktadır (Tavernier and Smith, 1957). Karadeniz Bölgesi’ndeki kayın ve alt tabakada orman gülünün bulunduğu meşcerelerde toprak pH’sı genelde 4,5–6 arasında değişmektedir (Atalay, 1992). Bölgedeki topraklar genelde asidik olduklarından yangın toprak pH’ını arttırarak makro-besin elementlerinin yararlanılabilirliğini arttırabilir (Yıldız ve ark., 2004).

#### 2.1.4 Bitki örtüsü

Araştırma sahaları Euro-Siberian flora bölgesinin Euxin kesiminde yer almaktadır (Anşin, 1983, Atalay, 1994). Araştırma sahalarında ormanın üst tabakasının büyük bir kısmı 100+ yaşında kayın ağaçlarıyla kaplı olup karışıma %10-20 arası kestane (*Castanea sativa*) ve az miktarda akçaağaç (*Acer campestre*, *A. platanoides*, *A. troutvetteri*), katılmaktadır. Çoğunluğunu mor çiçekli orman gülünün (*Rhododendron ponticum* L.) oluşturduğu çalı tabakasında az miktarda orman sarmaşığı (*Hedera helix*) ve çoban-püskülü (*Ilex aquifolium*) bulunmaktadır. Otsu tabakada orman gülünün olmadığı kısımlarda mürver (*Sambucus ebulus*), İngiliz çimi (*Lolium perene*), sarmaşık (*Tamus communis*), Noel gülü (*Helleborus orientalis*), sütleğen (*Euphorbia amygdaloides*) ve eğrelti (*Pteridium aquilinum*) gibi türler bulunmaktadır.

#### 2.2 Yöntem

##### 2.2.1 Örneklerin toplanması ve analizleri

##### Ölü örtü organik maddesi (OM)

Kayının yayıldığı alt rakımdan üst rakıma kadar farklı yükselti ve bakılardan 6 sahanın her biri için, rastgele yöntemle 5 adet 30×30 cm büyüklüğündeki örnek alanlardan mineral toprak üzerindeki ölü-örtü tamamen toplanmıştır. Ölü-örtünün besin yoğunluğunun tespiti için fırınlarda 65°C 48 saat kurutulan örnekler öğütücüde öğütülüp analizleri yapılmıştır. Organik maddedeki toplam N, CN (LECO Tru spac) analiz cihazı ile kuru yakma yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Diğer makro-besin analizleri için (P, K, Ca ve Mg) bitki örnekleri önce nitrik ve perklorik asitle çözündürülmüştür (Jones and Case, 1990). Daha sonra P yoğunluğunun belirlenmesi için Spectrofotometre, Kalsiyum ve Mg yoğunluğunun belirlenmesi için Perkin-Elmer 3110 Atomic Absorption Spectrometer, Potasyum için Jenway Flame Photometer kullanılmıştır.

##### Toprak

Sahalardaki toprağın besin yoğunluklarını ve pH’ını belirlemek için, her bir örnekleme noktasından rastgele seçilen 5 noktadan OM mineral toprağa kadar toplandıktan sonra aynı yerden 0-10 ve 10-20 cm toprak derinliklerinden 100 cm<sup>3</sup> lük toprak örnekleme silindirleri (AMS Soil Core Sampler) ile

toprak örneği alınmıştır. Toprak örnekleri hava kuru hale getirildikten sonra 2 mm’lik ve 0,5 mm’lik eleklerden geçirilerek fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Toprağın asitliğini belirlemek için hava kuru toprak örnekleri saf su karışımı ile pH metre kullanılarak çözelti asitliği olarak belirlenmiştir (Thomas, 1996). Toplam C ve N yine kuru yakma metodu ile (LECO Tru Spac) belirlenmiştir. P ve S analizleri örnekler nitrik ve perklorik asitte çözündürüldükten sonra spektrofotometrede, değişebilir kationlar amonyum asetatla ekstrakt edilerek Ca ve Mg atomik absorpsiyon ve K flame photometrede okunmuştur. Toprak örneklerinin tanecik bileşimleri analizi Bouyoucos Hidrometre Yöntemi’ne göre yapılmıştır. Toprağın tanecik bileşimi, örneklerin kum, kil ve toz miktarlarına göre Uluslararası Tekstür Üçgeni’nden yararlanılarak belirlenmiştir.

##### Ağaçların seçimi ve alt örnekleme yapılmaması

Kayının yayıldığı alt rakımdan üst rakıma kadar farklı yükselti ve bakılardan 6 saha seçilmiştir. Bu altı sahanın her birinde sahayı temsil edecek şekilde 100 m aralıklarda üçgen oluşturacak şekilde, göğüs yüzeyi çapı 30-45 cm’ler arasında reaksiyon odunu olmayan düzgün gövdeli üç ağaç belirlenerek numaralandırılmıştır (Çizelge 1). Deneme alanı içerisindeki ağaçlar göğüs çapından ölçülmüş ve kuzey yönleri belirlenerek motorlu testerelerle ağaçlar kesilmiştir. Ağaçlar kesildikten sonra ağacın boyu, orta boy çapı, ilk kuru dalın ağacın dibinden olan uzaklığı, ilk yaş dalın ağacın dibinden olan uzaklığı, çatallanmanın (varsa) yine ağacın dibinden olan uzaklığı kaydedilmiştir.

**Çizelge 1.** Batı Karadeniz kıyı bölgesinde örneklenen kayın ağaçları ve örnekleme noktalarına ait veriler

Değişken	Ortalama	St. Sapma	En düşük	En yüksek
Yükselti (m)	722	205	450	950
Eğim (%)	49	21	15	70
Ağaç çapı (cm)	37	1,47	35	39
Ağaç boyu (m)	25	2,8	21,5	28

##### Test örneklerinin hazırlanması

Kesilen ağaçlardan 2 ile 4 m yüksekliği arasında kusursuz silindirik yapıda 1,5 m’lik gövde kısımları alınarak, numaralandırılmış ve kesim atölyesine taşınmıştır. Her tomruktan 4 ana yönden kalınlığı en az 6 cm kalınlığında birer adet kalas alınmıştır (TSE 2470 ve TSE 53, Şekil 1).



**Şekil 1.** Seçilen tomruklardan alınan kalas örnekleri

## 2.2.2 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

### Yoğunluk

Yoğunluk tayini için TS 2472 esaslarına uyulmuştur. Önce yoğunluk örneklerinin elde edileceği tekerlek şeklindeki kısa gövdelerin kuzey-güney ve doğu-batı yönünde ve aralama işlemlerinden sonra oluşmuş odun kısmı işaretlenmiştir. İşaretlenen kısımlar bir tarafı kabuklu olacak şekilde, aralama işlemlerini gösteren işaretten yıllık halka kaybı olmamasına gayret edilerek kesilmiştir. Örnekleme kesimlerine kabuğa yakın kısımlardan başlanmıştır. Kabuk dikkatli bir şekilde testereye azar azar kestirilmiştir. Bu kısımda son yıllık halkalarda bir kayıp olmaması için bir miktar kabuk bırakılmış daha sonra bu az miktarda kalan kabuk kısımları zımparalama işleminde uzaklaştırılmıştır.

### Hava kurusu yoğunluk

Yoğunluk örnekleri, iklimlendirme dolabında  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında bekletilerek rutubetlerinin yaklaşık olarak %12 olması sağlanmıştır (Şekil 2).



**Şekil 2.** Yoğunluk tayini için hazırlanan örneklerin iklimlendirme odasında %12 nem oranına ininceye kadar bekletilmiştir

Örnek boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçme yapabilen dijital ölçme aletleriyle ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır. Örneklerin ağırlıkları  $\pm 0,001$  g duyarlılıkta analitik terazide belirlenmiş ve aşağıdaki formül % r rutubetindeki yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$D_r = W_r / V_r \quad (1)$$

Denklemdaki;  $D_r$  = %r rutubetteki yoğunluğunu ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $W_r$  = % r rutubetteki ağırlığını (g) ve  $V_r$  = %r rutubetteki hacmini ( $\text{cm}^3$ ) ifade etmektedir.

### Tam kuru yoğunluk

Örnekler, kurutma dolabına konmuş ve kurutma dolabı sıcaklığı kademeli olarak 50, 75 ve  $103 \pm 2$  °C ye çıkartılmıştır. Bu sıcaklıkta örnek ağırlıkları sabit kalıncaya kadar bekletilmiştir. Bu süreyi belirlemek için kurutma dolabı içerisinde farklı yerlerden (alt ve üst raftan, dolabın ön, arka ve yan tarafından ve orta kısmında yer alan örneklerden) örnekler seçilmiştir, belli aralıklarla kurutma dolabından çıkartılan

örnekler desikatörde soğutulmuş ve ağırlıkları verilerek ölçülmüştür. Arka arkaya iki ölçüm arasında fark olmadığında kurutma işlemine son verilerek örnekler desikatöre alınmıştır. Örnek boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçme yapabilen dijital kompas ile ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır. Örneklerin ağırlıkları  $\pm 0,001$  g duyarlılıkta analitik terazide belirlenmiş ve aşağıdaki formül yardımıyla tam kuru yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$D_o = W_o / V_o \quad (2)$$

Denklemda;  $D_o$  = tam kuru yoğunluğu ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $W_o$  = tam kuru ağırlığı (g) ve  $V_o$  = tam kuru hacmi ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ifade etmektedir.

### Çalışma (Sorpsiyon) denemeleri

Lif doygunluğu noktasına kadar odun, bünyesine su almak sureti ile genişlemekte, su vermekle de daralmaktadır. Odun boyutlarında bu şekilde meydana gelen değişmeye "çalışma" denmektedir. Çalışma deneyleri için örnekler, 2 metrelik gövde kısımlarından elde edilmiştir. Tür Standartlarında genişleme şişme olarak, daralma ise çekme olarak adlandırılmaktadır. Çalışma denemeleri TS 4083, 4084'e uygun olarak yürütülmüştür. Deney örnekleri  $20 \times 20 \times 10-30$  mm boyutlarında hazırlanmıştır. Standartta örnek boyutu  $20 \times 20 \times 10-30$  mm olarak belirtilmiştir.

Daralma miktarlarını belirlemek için hava kurusu haldeki örnekler,  $20 \pm 2$  °C sıcaklıkta damıtık su içerisine batırılarak bekletilmiştir. Örneklerin tamamen su içerisine batması üzerlerine seramikten daire şeklinde ve delikli bir ağırlık konularak sağlanmıştır. Seçilen birkaç örnekte 3 gün ara ile periyodik olarak ölçümler yapılmış ve bu örneklerde aynı yerden son iki ölçüm arasındaki fark  $0,02$  mm'yi aşmaması durumunda örneklerin lif doygunluğu noktasına ulaştığı kabul edilmiştir. Daha sonra örnekler kısım sudan çıkarılmış ve kurutma kâğıdı ile suları alınmıştır. Örnek boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçülmüştür (radyal ve teğet yöndeki ölçümlerde kompasın ölçüm kolları içerisinden tamamen alınarak, boyuna yöndeki ölçümlerde ise ortadan tek bir ölçüm yapılmıştır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Daralma deneyi için hazırlanan örnekler suda bekletilmiştir

Örneklerin hızla su kaybederek çatlamasını önlemek için, deney örnekleri bir sürü laboratuvar koşullarında bekletildikten sonra kurutma dolabına yerleştirilmiştir. Örneklerde çatlama meydana gelmesini önlemek amacıyla kurutma dolabı sıcaklığı 60-80-103 °C olmak üzere kademeli bir şekilde artırılmıştır. Örnekler kurutma fırınlarında  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta kurumaya

alınarak her 6 saatte bir periyodik olarak tartılmış ve ağırlıkları değişmediği noktada tam kuru olduğuna karar verilmiştir. Tam kuru hale getirilen örnekler, desikatörde soğutulduktan sonra boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçülmüş ve daralma oranları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\beta = ((\text{Doygun ölçü} - \text{Tam kuru ölçü}) / \text{Doygun ölçü}) \times 100 \quad (3)$$

Denklemden;  $\beta$ : daralma miktarını ifade etmektedir.

Boyuna, teğet ve radyal yöndeki daralma yüzdeleri ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ) için ayrı ayrı değerler hesaplanmış, hacimsel daralma miktarları ( $\beta_v$ ) ise daralma yüzdelerinin toplamından  $\beta_v = \beta_t + \beta_r + \beta_l$  olarak hesaplanmıştır. Genişleme yüzdelerinin belirlenmesi için hava kurusu örnekler önce kurutma fırınlarına konulmuş ve  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde soğutulan örneklerin tam kuru boyutları ölçülmüştür. Daha sonra örnekler su içerisinde tam doymuş hale gelinceye kadar daha önce açıklandığı şekilde su içerisinde bekletilmiştir. Boyutları değişmez hale gelinceye kadar su içerisinde bekletilen örnekler, kısım kısım sudan çıkartılmış ve kurutma kâğıdı ile kurulmuştur. Örneklerin boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkla ölçülmüş ve genişleme yüzdeleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\alpha = (((\text{Doygun ölçü} - \text{Tam kuru ölçü}) / \text{Tam kuru ölçü}) \times 100) \quad (4)$$

Denklemden;  $\alpha$  = genişleme miktarını (%) ifade etmektedir.

Hacimsel genişleme miktarı ( $\alpha_v$ ), boyuna, teğet ve radyal yöndeki genişleme yüzdelerinin toplamından  $\alpha_v = \alpha_l + \alpha_t + \alpha_r$  olarak elde edilmiştir. Çalışma deneylerinde örnekler su içerisinde bekletildikten sonra kirlenmeden değiştirilmesine dikkat edilmiştir.

#### Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Daha sonra bu kalaslardan mekanik özelliklerin belirlenmesi için yapılacak denemelerde kullanmak için her testle ilgili standartlar esas alınarak alt örneklemeler yapılmıştır. Öncelikle liflere paralel doğrultuda makaslama direnci testleri için  $30 \times 60 \times 80$  mm boyutlarında numune çıkartılmış, daha sonra sırası ile janka sertlik testleri için  $50 \times 50 \times 50$  mm boyutlarında, yarıma direnci testleri için  $5050 \times 94$  mm boyutlarında, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri  $20 \times 20 \times 360$  mm boyutlarında, liflere paralel doğrultuda basınç direnci testleri için  $20 \times 20 \times 30$  mm, dinamik eğilme direnci testleri için  $20 \times 20 \times 300$  mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numuneler mekanik deneme testlerine uygun şekilde boyutlandırıldıktan sonra zımparalanmış ve TS 642'ye göre % 12 hava kurusu hale gelinceye kadar klimatize edilmişlerdir.

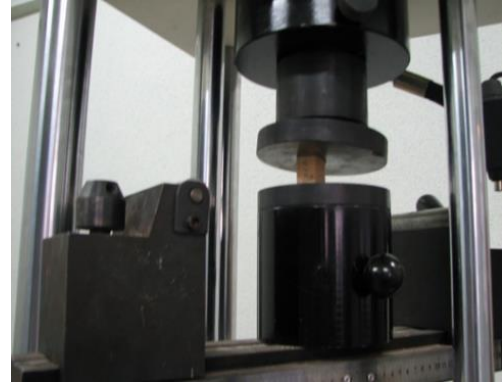
#### Basınç direnci

Liflere paralel yöndeki basınç dayanımı, liflere paralel yönde tesir eden ve ağaç malzemeyi sıkıştırmaya, ezmeye çalışan kuvvetlere karşı kırılma anındaki gerilmedir. Liflere paralel yöndeki basınçta kırılma sınırına yaklaşıldığında zaman numunede kuvvetli şekil değişmesi, ezilme meydana gelmekte,

iç kısımlarda sert doku kısımları, yumuşak doku kısımları içerisine doğru bir çökme göstermekte nihayet kırılma anında ise leflere meyilli durumda kayma, liflere paralel yönde yarıma ve numune içerisinde boşluklar oluşması gibi haller görülmektedir. Bu deneme için TS 2595 standardı kullanılmıştır. Test numuneleri  $20 \times 20 \times 30$  mm ebatlarında hazırlanmıştır. Deney parçalarının en kesit boyutlarında 0.1 mm duyarlılıkta ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Deney hızı deney parçası yüklemeye başladıktan 1,5-2 dakika sonra kırılacak şekilde deney hızı ayarlanmıştır. Kırılma anındaki  $P_{max}$  değeri makine göstergesinden okunmuş ve kaydedilmiştir (Şekil 4) Elde edilen veriler aşağıdaki formülden yararlanılarak liflere paralel doğrultuda basınç miktarı bulunmuştur.

$$W = P_{max} / a.b \text{ kp cm}^{-3} \quad (5)$$

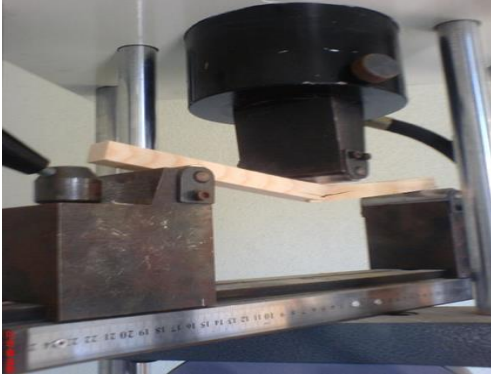
Denklemden;  $w$  = Liflere paralel basıncı ( $\text{kp cm}^{-2}$ ),  $P_{max}$ =kırılma anındaki maksimum yükü (kp),  $a$  ve  $b$  deney parçalarının enine kesit ölçülerini (cm) ifade etmektedir. Burada elde edilen değer yaklaşık olarak  $10^3$ 'a bölünerek,  $\text{N mm}^{-2}$  cinsinden direnci hesaplanır.



Şekil 4. Basınç direnci deneyi

#### Eğilme direnci

Eğilme direnci denemeleri TS 2474'e göre yürütülmüş ve denemelerde  $20 \times 30 \times 350$  mm ebatlarında numuneler hazırlanmıştır. Deney öncesi numunelerin eni ve kalınlığı 0,1 mm duyarlılıkla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Örnekler deneme makinesinin dayanak noktaları üzerine radyal yönden olacak şekilde yerleştirilmiştir. Dayanak noktasındaki açıklık örnek kalınlığının 15 katı olacak şekilde ayarlanmıştır. Yükleme bir tek noktadan gerçekleştirilmiştir. Deney yükü değişmez bir yükü yüklenmiştir. Deney parçaları yüklenmeye başladıktan 1,5 $\pm$ 0,5 dakikada kırılacak şekilde deney hızı ayarlanmış ve kırılma anındaki maksimum yük ( $P_{max}$ ) değeri makine göstergesinden okunarak kaydedilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Eğilme direnci deneyi

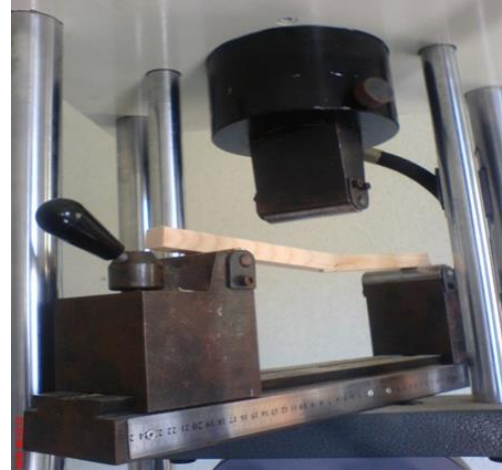
Aşağıdaki formül yardımıyla eğilme direnci hesaplanmıştır.

$$bW=3P_{max}.l/2b.h^2 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

Denklemden;  $P_{max}$ = kırılma anındaki maksimum yükü (kp),  $l$ =dayanağı(cm),  $b$ =örneğin genişliğini (cm),  $h$ =örneğin kalınlığını (cm) ifade etmektedir. Burada elde edilen değer yaklaşık olarak 10'a bölünerek,  $\text{N mm}^{-2}$  cinsinden dik eğilme direnci hesaplanır.

#### Eğilmede elastikiyet modülü

Elastikiyet Modülü soyut bir ölçüdür. Bir maddenin şekil değiştirme kabiliyetini ifade eder. Elastikiyet, katı bir maddede düşük gerilmelerle meydana gelen deformasyonların yük kaldırıldıktan sonra tekrar tamamen elde edilmesi ile tarif edilmektedir. Elastik özellikler katı maddelerde belli bir sınırdan altında geçerlidir. Bu sınırın üzerinde plastik deformasyon veya kırılma meydana gelir. Elastik sınır içerisinde uygulanan yük kaldırıldığında meydana gelen deformasyon geri kazanılır. Elastik sınırların üzerine çıktığında uygulanan yükün kaldırılması durumunda oluşan deformasyon geri kazanılmaktadır. Örnekte artık kalıcı şekil değişikliklerinin meydana geldiği bu bölge yarı plastik bölge olarak adlandırılmaktadır ve oluşan deformasyon yarı plastik deformasyondur. Maximum yüklemeye sonra ( $P_{max}$ ) paça kırılmakta ve plastik deformasyon ortaya çıkmaktadır. Bu deneme TS 2478 no'lu Standarda göre yürütülmüştür. Denemeler için  $20 \times 20 \times 350$  mm ebatlarında standartlara uygun şekilde hazırlanmış örnekler kullanılmıştır. Test numunelerinin genişlik ve kalınlığı 0,1 mm duyarlılıkla ölçülmüştür. Dayanak noktaları arasındaki açıklık örnek kalınlığının 15 katı olarak ayarlanmıştır (Şekil 6). Elde edilen veriler aşağıdaki formülde yerine konulmuş ve Eğilmede Elastikiyet Modülü elde edilmiştir.



Şekil 6. Eğilmede elastikiyet modülü deneyi

$$E_{eğ} = P \Delta L^3 / 4.b.h^3. \Delta f \text{ N/mm}^2 \quad (7)$$

Burada;  $P$ =elastikiyet sınırı altında tatbik edilen yüklerin ortalamasını (kp),  $L$ =dayanak noktaları arasındaki açıklığı (cm),  $b$ =örnek genişliğini (cm),  $h$ =örnek kalınlığını (cm), ve  $f=P$  yüküne karşılık örnekte meydana gelen deformasyon (cm) ifade etmektedir.

Formüldeki  $P$  değerini bulmak için 3 adet örneğe kuvvet uygulanmıştır ve  $P_{max}$  değerleri, yani kırılma anındaki maksimum noktaları bulunmuştur. Bu değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Elde edilen değer 3'e bölünmüştür. Bulunan sayı  $a$  olsun. Bu  $a$  sayısı, en büyüğü  $a$ 'yı geçmeyecek şekilde ardışık artan 3 sayıya ayrılır. Örneğin  $a$  sayısı 44 ise, aranan 3 sayı 14, 28, 42'dir. Dolayısıyla  $P$  değerleri, 14, 28, 42kp kuvvet uygulandığı anda skalada okunan deformasyon miktarlarıdır. Formülde değerler yerine konulunca elde edilen değer yaklaşık olarak 10'a bölünerek,  $\text{N mm}^{-2}$  cinsinden eğilmede elastikiyet direnci hesaplanır.

#### Dinamik eğilme direnci

Dinamik Eğilme Direnci saniyenin binde biri gibi çok küçük bir zaman içerisinde meydana gelen bir direnç çeşididir. Yüksek dinamik eğilme direnci esnekliği, düşük dinamik eğilme direnci ise gevrekliği temsil etmektedir. Bu deneme TS 2477 standardına göre yapılmıştır. Test numuneleri  $20 \times 20 \times 300$  mm ebatlarında hazırlanmıştır. Deney numunelerinin en kesit alanları 0,1 mm duyarlılıkta ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Mesnetler üzerine simetrik olarak konulan deney parçası kuvvet yıllık halkalara teğet yönde bir çarpmada kırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Dinamik eğilme direnci deneyi

Deneye tabi tutulan örnekler tarafından bünyelerinde absorbe edilen iş miktarı belirlenerek, aşağıdaki formül yardımıyla dinamik eğilme direnci hesaplanmıştır.

$$Aw=A/F \text{ kg cm}^{-2} = \text{kN cm}^{-1} \quad (8)$$

Denklemden;  $Aw$ =dinamik eğilme direncini ( $\text{kg cm}^{-2}$ ),  $A$ =örneğin numunesinde absorbe ettiği iş miktarını ( $\text{kgm}$ ) ve  $F$ =deney numunesinin en kesit alanını ( $b.h \text{ cm}^2$ ) ifade etmektedir.

#### Liflere paralel doğrultuda makaslama direnci

Makaslama dirençleri deneylerinde haç şeklinde ve iki makaslama yüzeyi içeren numuneler kullanılmıştır. Bu deney için  $30 \times 60 \times 80$  mm ebatlarında olan numuneler elde edilmiştir. Denemeler TS 3459'a uygun yapılmıştır. Denemelerden önce numunelerin makaslama yüzeyi kenarları 0,1 mm duyarlılıkla ölçülmüştür. Test numuneleri vakit kaybedilmeden teste tabi tutulmuştur. Deney parçalarına sabit bir yük uygulanmıştır. Kırılma anındaki maksimum yükler belirlenmiş ve kaydedilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Liflere paralel doğrultuda makaslama direnci deneyi

Makaslama direnci, elde edilen veriler ve aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$T=P_{\max}/2.b.l \quad (9)$$

Denklemden;  $P_{\max}$ =kırılma yükünü ( $\text{kp}$ ),  $b$ =makaslama yüzeyi kalınlığını ( $\text{cm}$ ),  $l$ =makaslama yüzeyi uzunluğunu ( $\text{cm}$ ) ifade etmektedir. Elde edilen değer yaklaşık olarak  $10^3$  bölünerek makaslama direnci  $\text{N mm}^{-2}$  hesaplanır.

#### Yarılma direnci

Yarılma direnci, bir ağacın lifleri arasına giren ve onu ayırmaya çalışan kama şeklinde alete gösterdiği dirençtir. Bu deneme test numune Standartlara uygun olarak hazırlanmıştır. Denemeler TS 7613'e göre yürütülmüştür. Numune boyutları  $50 \times 50 \times 94$  mm ebatlarındadır. Numune boyutları 0,1 mm duyarlılıkla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Numuneler deney makinesinin kavrama çeneleri takılmış ve ters yönlere çekilerek yarılmaya zorlanmıştır. Yarılma anındaki maksimum kuvvet okunmuş ve kaydedilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Yarılma direnci deneyi

Elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerine konularak Yarılma Direnci  $\text{kp cm}^{-2}$  olarak belirlenmiştir.

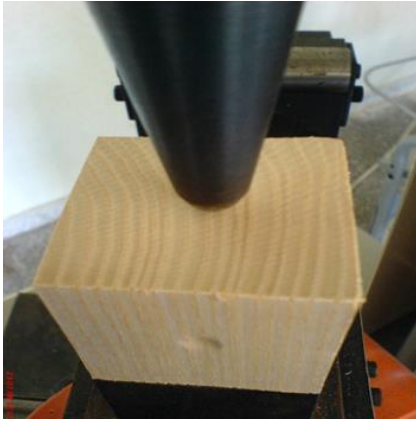
$$y=F_{\max}/A_o \quad (10)$$

Denklemden;  $Y$ =yarılma mukavemeti,  $F_{\max}$ =yarılma anındaki maksimum kuvvet,  $A_o$ =deney numunesinin deneyden önceki yarılma yüzeyini ifade etmektedir.

#### Sertlik değeri (janka sertlik)

TS 2479/1976'ya göre statik sertlik deneyi yapılmıştır. Deney örnekleri  $50 \times 50 \times 50$  mm boyutlarında hazırlanmıştır. Standartta deney örneklerinin lif doğrultusundaki boyu en az 50 mm ve kare en kesitinin kenarları  $50 \times 50$  mm olarak belirtilmektedir. Örneklerin kabuk kısmı mümkün olduğunca yıllık halka kaybı olmayacak şekilde uzaklaştırılmıştır. Teğet kesit sertlik değerleri bulunurken örnekler, kuvvet orta noktalarına uygulanacak şekilde makineye yerleştirilmiştir.

Test makinesine bağlı dijital aparattan birinde çelik kürenin örnek içine girme derinliği, diğerinde sertlik değeri otomatik olarak görülmektedir. Çelik kürenin çapının yarısı olan 5,64 mm derinliğe ulaşıldığı anda diğer aparattan sertlik okunmuştur (Şekil 10).



Şekil 10. Sertlik deneyi

Deneylerden sonra her bir örneğin rutubet miktarı belirlenmiş, rutubet miktarı %12 den farklı örneklerin sertlik değerleri %12 rutubetteki sertlik değerlerine aşağıdaki formüller yardımıyla dönüştürülmüştür.

$$HJ(12) = HJr[1 + 0.04(M2 - 12)] \quad (\text{liflere paralel yönde}) \quad (11)$$

$$HJ(12) = HJr[1 + 0.025(M2 - 12)] \quad (\text{liflere dik yönde}) \quad (12)$$

Denklemden; HJ (12): %12 rutubetteki sertlik değerini ( $K_p = K_g$ ), HJr: % r rutubetteki sertlik değerini ( $K_p = K_g$ ) ve M2: deney anındaki örneğin nem değerini (%) belirtmektedir.

#### Liflere paralel çekme direnci

Teğet yönde liflere paralel çekme direnci deneyi yapılmıştır. Deney bilgisayara bağlı ve TS 2475/1976 esaslarına göre programlanmış makinede yürütülmüştür.  $0,7 \times 20 \times 150$  mm boyutlarında hazırlanan örnekler, zımparalandıktan sonra iklimlendirme dolabında  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında bekletilmiştir. Örneklerin kopma kesik yüzeyi boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçülerek çekme kesit yüzeyi hesaplanmıştır. Deney yapılıncaya kadar örneklerin rutubet alıp vermesini önlemek amacıyla deney örnekleri şeffaf naylon streç folyo ile sarılmıştır. Deneme makinesine yerleştirilen özel bir tertibatla iki aksi yöne doğru çekilmek suretiyle örnekler orta kısımlardaki çekme yüzeylerinden kırılmıştır. Deney hızı yük uygulamaya başlanmasından 1,5–2 dk. Sonra örnekler kırılacak şekilde otomatik olarak ayarlanmıştır. Örneklerin kırıldığı kuvvet ( $P_{max}$ ) ölçülmüştür (Şekil 11). Liflere paralel çekme direnci aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\perp \sigma \zeta = \frac{P_{max}}{b \times h} \quad (13)$$

Denklemden;  $\sigma \zeta$ : Liflere paralel çekme direnci ( $Nmm^{-2}$ ),  $P_{max}$ : Kırılma anındaki kuvvet (N), b, h: Örnek çekme kesit yüzeyi boyutları (mm)

Deneylerden sonra her bir örneğin rutubet miktarı belirlenmiştir. Rutubetleri %12'den farklı örneklerin dirençleri formül yardımıyla %12 rutubetteki liflere paralel çekme direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\sigma \zeta \perp (12) = \sigma \zeta \perp (r)[1 + 0,015(M2 - 12)] \quad (14)$$

Denklemden;  $\sigma \zeta$ : (12) %12 rutubetteki liflere dik çekme direnci ( $Nmm^{-2}$ ),  $\sigma \zeta (r)$ : %r rutubetteki liflere dik çekme direnci ( $Nmm^{-2}$ ), M2: Deney anındaki örnek rutubeti (%)



Şekil 11. Liflere paralel çekme direnci deneyi

### 2.2.3 İstatistiksel analizler

Kayının yetiştirme ortamı özellikleri ile odununun mekanik özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için veriler arasında korelasyon analizi yapılarak Pearson korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Sonuçların  $P < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler için SAS (Statistical Analysis Software, 1996) programından yararlanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma sahalarındaki toprakların derinliği 40 cm ile 1 metreden fazla derinliğe kadar değişmekte olup genel olarak orta-derin ila derin arası topraklar olarak tanımlanmaktadır (Soysal, 2008). Bölgedeki topraklar genelde hafif asitten aside kadar değişmekte olup, şimdiki çalışmada toprak pH'ı 5'in altındadır (Çizelge 2). Araştırma sahalarındaki toprakların ilk 20 cm derinliğinde %7'ye yakın organik madde bulunmakta olup kahverengi orman toprakları olarak tanımlanan bu toprakların bitki yetiştirilmesi açısından organik madde, karbon ve diğer makro besin elementlerince yeterli olduğu söylenebilir (Killham, 1995; Fisher and Binkley, 2000).

Çizelge 2. Batı Karadeniz kıyı bölgesi kayın ormanlarında bazı toprak değişkenlerine ait veriler

Değişken	Ortalama	St. Sapma	En düşük	En yüksek
OM (%)	6,65	1,57	4,5	8,5
C (%)	3,86	0,91	2,61	4,9
N (%)	0,24	0,07	0,14	0,32
P (ppm)	1,57	0,96	0,7	3,15
K (ppm)	232	93	94	345
Ca (ppm)	94,4	59	21	169
Mg (ppm)	98	58	29	206
S (ppm)	1429	536	838	2053
pH	4,95	0,176	4,8	5,2

Araştırma sahalarında hektarda yaklaşık 12 ton OM bulunmaktadır. Nem ve sıcaklığın uygun olması organik madde ayrışmasının hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Yapılan analizler OM'nin makro besin içeriği bakımından



yörede yapılan diğer çalışmalarla uyum gösterdiğini ve bitki beslenmesi açısından yeterli olduğunu göstermektedir (Yıldız et al., 2007; Soysal, 2008) (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Batı Karadeniz kıyı bölgesi kayın ormanlarından ölü-örtü organik maddesi değişkenlerine ait veriler

Değişken	Ort.	Std Sapma	En düşük	En yüksek
N (%)	1,025	0,17	0,83	1,22
P (ppm)	753	253	500	1217
K (ppm)	1000	107	896	1160
Ca (ppm)	4973	713	4160	5988
Mg (ppm)	448	18	422	470

Kayın odunundan alınan örneklerin analizleri sonucu örnek ağaçlardan alınan odunların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait verilerin ortalaması Çizelge 4,5,6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.** Örneklem sahalarından en-düşük yükseltiden alınan kayın odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler

Yükselti (m)	Değişken	Kuzey Doğu		Güney Doğu	
		Ort.	Std sapma	Ort.	Std sapma
450-500	RG (%)	5,96	0,57	6,22	0,49
	TG (%)	12,8	0,74	13	0,41
	BG (%)	0,47	0,13	0,34	0,05
	HG (%)	19,2	1,24	19,5	0,88
	RD (%)	5,95	0,23	6,29	0,35
	TD (%)	11	0,89	10,3	0,54
	BD (%)	0,43	0,06	0,52	0,09
	HD (%)	17	1,1	17	0,73
	TKY (g cm <sup>-3</sup> )	0,64	0,01	0,70	0,01
	HKY (g cm <sup>-3</sup> )	0,69	0,01	0,73	0,01
	SD (Kgm cm <sup>-2</sup> )	1,02	0,09	1,15	0,19
	LPCD (N mm <sup>-2</sup> )	166	7,92	157	11
	YD (N mm <sup>-2</sup> )	8,8	0,33	9,65	1,33
	BD (N mm <sup>-2</sup> )	52	1,87	55	3,56
	MD (N mm <sup>-2</sup> )	6,13	0,46	6,68	0,37
	ED (N mm <sup>-2</sup> )	115	1	110	1,22
EL (N mm <sup>-2</sup> )	13198	614	12456	516	
RS (Kp)	115	1,02	120	1,35	
TS (Kp)	141	1,4	143	1,51	
ES (Kp)	203	3,15	211	2,15	

ED= eğilme direnci, EL=elastikiyet, RS= odunun radyan yöndeki sertliği, TS= odunun teğet yöndeki sertliği, ES= odunun enine yöndeki sertliği, RG=radyal genişleme, TG=teğet genişleme, BG=Boyuna genişleme, HG= Hacim genişlemesi, RD=radyal daralma, TD=teğet daralma, BD=Boyuna daralma, HD=Hacimsel daralma, TKY=Tam Kuru Yoğunluk, HKY=Hava Kuru Yoğunluk, SD=Şok Direnci SD= şok direnci, LPCD=Liflere Paralel Çekme Direnci, YD=Yarılma Direnci, BD= basınç direnci, MD= makaslama direnci.

Bu çalışmada elde edilen odunun fiziksel ve mekanik özelliklerine ait veriler literatürdeki verilerle uyum göstermektedir (Berkel, 1941; Malkoçoğlu, 1994; As ve ark., 2001).

**Çizelge 5.** Örneklem sahalarından en-düşük yükseltiden alınan kayın odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler

Yükselti (m)	Değişken	Kuzey Doğu		Güney Doğu	
		Ort.	Std sapma	Ort.	Std sapma
755-780	RG (%)	5,8	0,63	6,02	0,36
	TG (%)	13	0,89	14,5	0,41
	BG (%)	0,5	0,11	0,42	0,17
	HG (%)	19,4	0,94	21	0,52
	RD (%)	5,9	0,34	6	0,34
	TD (%)	10,8	0,21	11	0,55
	BD (%)	0,54	0,1	0,46	0,01
	HD (%)	17	0,14	18	0,55
	TKY (g cm <sup>-3</sup> )	0,66	0,02	0,81	0,19
	HKY (g cm <sup>-3</sup> )	0,71	0,02	0,72	0,01
	SD (Kgm cm <sup>-2</sup> )	0,81	0,09	1,07	0,19
	LPCD (N mm <sup>-2</sup> )	134	22	162	5,95
	YD (N mm <sup>-2</sup> )	9,7	1,55	8,91	1,94
	BD (N mm <sup>-2</sup> )	49,6	3,37	52,69	2,13
	MD (N mm <sup>-2</sup> )	6,4	0,11	6,81	0,53
	ED (N mm <sup>-2</sup> )	100	1,06	113	112
EL (N mm <sup>-2</sup> )	11407	808	13511	889	
RS (Kp)	123	4	114	2,87	
TS (Kp)	132	2,1	149	0,91	
ES (Kp)	200	2,03	207	2,71	

ED= eğilme direnci, EL=elastikiyet, RS= odunun radyan yöndeki sertliği, TS= odunun teğet yöndeki sertliği, ES= odunun enine yöndeki sertliği, RG=radyal genişleme, TG=teğet genişleme, BG=Boyuna genişleme, HG= Hacim genişlemesi, RD=radyal daralma, TD=teğet daralma, BD=Boyuna daralma, HD=Hacimsel daralma, TKY=Tam Kuru Yoğunluk, HKY=Hava Kuru Yoğunluk, SD=Şok Direnci SD= şok direnci, LPCD=Liflere Paralel Çekme Direnci, YD=Yarılma Direnci, BD= basınç direnci, MD= makaslama direnci.

Bu çalışmada ekosistemin 6 değişkeninin (bağımsız değişken) odunun 20 özelliğinden sadece 10 tanesi ile istatistiki olarak önemli derecede bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Fakat daha önceki çalışmalarda istatistiki olarak önemli bulunan bazı ilişkiler bu çalışmada ortaya çıkmamıştır. Örneğin Schwappach (1898) kayında yoğunluğun yüksek dağlarda aşağıdan yukarıya doğru çıkıldıkça (rakım arttıkça) azaldığını ve yine yoğunluğun kuzeyden güney bakılara gidildikçe bir düşüş gösterdiğini belirlemiştir. Şimdiki çalışmada rakımla birlikte odun yoğunluğu göreceli olarak artma eğilimi gösterse de bu ilişki istatistiki olarak belirlenmemiştir (Çizelge 4-5-6). Bunun nedeni arazinin çok değişken olmasıyla açıklanabilir. Bu nedenle ileriki çalışmalarda örnek sayısı artırılmalıdır.

Örneklerin alındığı ekosistemin bazı özelliklerinin odundaki fiziksel ve mekanik özelliklerle bir ilişkisinin olup olmadığını araştırmak için yapılan korelasyon analizlerinde ekosistemin 6 değişkeninin (bağımsız değişken) odunun 10 özelliği ile istatistiki olarak önemli derecede bir ilişkisinin olduğu belirlenmiştir.

Arazi eğimi arttıkça odunun radyal sertliğinin azaldığı ( $P=0,0264$ ) belirlenmiştir. Bu arazilerde toprak 40 cm'den başlayıp 1 metreden daha derinlere kadar çıkmaktadır. Kayın ağaçları derin toprak isteğinin yanında süzekliği (drenaj) fazla olan topraklarda daha hızlı büyümektedir (Yıldız et al., 2007). Yöredeki sahalar genel olarak killi ve balçık topraklardan oluştuğundan göreceli olarak suyu iyi tutan topraklar olarak sınıflandırılabilir. Fakat arazi eğiminin artmasıyla suyun topraklardan süzülmesi de daha kolay olmaktadır. Bu nedenle

eğimi fazla olan arazilerde kök havalanmasının iyi olmasına bağlı olarak kayın ağaçları daha hızlı büyümüş ve hızlı büyümeye bağlı olarak sertliği de azalmış olabilir. Fakat eğimin çok artmasıyla toprak derinliği ve buna bağlı olarak su tutulumunun azalmasıyla özellikle yaz kuraklıklarında bitkiler su sıkıntısı çekebilir.

**Çizelge 6.** Örnekleme sahalarından en-düşük yükseltiden alınan kayın odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler

Yükselti (m)	Değişken	Kuzey Doğu		Güney Doğu	
		Ort.	Std sapma	Ort.	Std sapma
9500-950	RG (%)	6,57	0,25	6,2	0,49
	TG (%)	13,7	0,47	13,7	1,4
	BG (%)	0,33	0,01	0,38	0,02
	HG (%)	20,6	0,33	20,3	1,74
	RD (%)	6,4	0,57	6,92	0,33
	TD (%)	11,2	0,42	11,26	0,65
	BD (%)	0,47	0,14	0,46	0,02
	HD (%)	18	0,71	18,6	0,38
	TKY (g cm <sup>-3</sup> )	0,69	0,01	0,7	0,01
	HKY (g cm <sup>-3</sup> )	0,72	0,02	0,73	0,01
	SD (Kgm cm <sup>-2</sup> )	1,1	0,12	1,2	0,32
	LPCD (N mm <sup>-2</sup> )	165	24	162	47
	YD (N mm <sup>-2</sup> )	8,6	1,12	9,95	0,74
	BD (N mm <sup>-2</sup> )	51	2,65	52,98	2,63
	MD (N mm <sup>-2</sup> )	6,52	0,22	6,61	0,4
	ED (N mm <sup>-2</sup> )	115	1,14	112,34	0,56
	EL (N mm <sup>-2</sup> )	14761	293	13338	967
	RS (Kp)	130	1,13	132	0,99
	TS (Kp)	152	1,64	153	4,2
	ES (Kp)	211	1,98	204	4,6

\*ED= eğilme direnci, EL=elastikiyet, RS= odunun radyan yöndeki sertliği, TS= odunun teğet yöndeki sertliği, ES= odunun enine yöndeki sertliği, RG=radyal genişleme, TG=teğet genişleme, BG=Boyuna genişleme, HG= Hacim genişlemesi, RD=radyal daralma, TD=teğet daralma, BD=Boyuna daralma, HD=Hacimsel daralma, TKY=Tam Kuru Yoğunluk, HKY=Hava Kurusu Yoğunluk, SD=Şok Direnci SD= şok direnci, LPCD=Liflere Paralel Çekme Direnci, YD=Yarılma Direnci, BD= basınç direnci, MD= makaslama direnci.

Bu nedenle eğim ile ağacın büyümesi ve odunun sertlik değerleri arasındaki bu ilişki belirli bir arazi eğimine kadar geçerli olabilir. Bu çalışmada kayının yetiştiği tüm eğimlerden örnekleme yapılmadığından bu ilişki ölçülen eğim değerleriyle sınırlı tutulmalıdır. Bundan sonraki araştırmalarda farklı eğime sahip arazilerde yetişen aynı yaşlı ağaçlardaki göreceli büyüme oranları yıllık halkalar yardımıyla karşılaştırılarak arazi eğimi ile büyüme ilişkisi karşılaştırılmalıdır.

Arazide denizden olan yükseklik arttıkça kayın odununun hacim daralmasının arttığı ( $P=0,0274$ ) görülmüştür. Aynı enlem derecesinde denizden olan yüksekliğin her 100-130 metre artmasıyla bitkilerin ilkbaharda uyanması 3-4 gün ertelenmektedir (Kimmins, 1997). Aynı şekilde sonbaharda havalarda soğumasıyla fizyolojik duranlığa geçmede aynı oranla daha erken olacağını düşünürsek arazide yükseltinin artmasıyla vejetasyon mevsimi kısalmaya ve ağaçların büyümesi daha alçak yükseltilerde yetişen ağaçlara göre daha az olacaktır. Bununla birlikte kısa vejetasyon süresi yıllık halka genişliğinin azalmasına ve bunun sonucu olarak yaz odununun oranını da düşürecektir. Bu nedenle odunun hacim daralmasıyla yükseltiye bağlı olarak artışının nedeni ağacın büyüme süresiyle

ilgilidir. Toprağın asitliği azaldıkça odunun enine yönde sertliğinin de arttığı ( $P=0,0134$ ) belirlenmiştir (Çizelge 5). Bu yöredeki kayın ormanlarında topraklar genelde asidiktir (Sargıncı, 2005; Yıldız et al., 2010a; Soysal, 2008). Toprağın asitliğinin artmasıyla topraktaki makro besin elementlerinin alınımı azalmaktadır (Fisher and Binkley, 2000). Ayrıca bitki besin elementlerinden kalsiyum (Ca) odunun hücre çeperi kalınlaşmasında kullanılan bir besin elementli olup odunun sertleşmesiyle doğrudan ilgilidir (Waring and Running, 2007). Toprakta kalsiyumun artmasıyla asitlik düşer ve kalsiyumun azalmasıyla da toprak asitliği artar. Yani topraktaki Ca miktarı ile toprak pH'ı doğru orantılıdır. Bu nedenle toprak asitliğinin arttığı yerlerde odunun enine sertliğinin azalmasının ağaçların kalsiyum beslenmesiyle ilişkisi olabilir. Odun sertliğinin toprak pH'ı ile olan bu ilişkisi topraktaki Ca yoğunluğu ile ortaya çıkmamıştır. Topraktaki pH değişimi toprağın tamponlama etkisinin kontrolünde değiştiğinden ve bu ilişki doğrusal olmadığından pH ile odun sertliği arasındaki ilişki Ca ile de aynı şekilde ortaya çıkmayabilir. Bunun için kireçleme denemeleri yapılarak, birim kalsiyum miktarı ile birim pH değişimini ve uzun vadede bunun odun özelliklerini nasıl değiştirdiği araştırılabilir. Bunun yanında toprak asitliğinin artması odun içerisindeki ekstraktif maddelerinin azalmasına dolayısıyla yoğunluk azalmasına bağlı olarak direnç değerlerinde düşüşe yol açmaktadır (Berkel, 1970). Bu da toprak asitliği ile odun sertliği arasındaki ilişkiyi açıklayan başka bir neden olabilir.

Ağaçların yetiştiği sahalardaki OM'nin azot içeriği arttıkça kayın odununun teğet yöndeki sertliği ( $P=0,0085$ ), odunun teğet yönde genişlemesi ( $P=0,0237$ ), hacim genişlemesi ( $P=0,0191$ ), hacim daralması ( $P=0,0228$ ), şok direnci ( $P=0,0478$ ) değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Ölü-örtü organik maddesi bitki beslenmesinde en dinamik havuz olup, bitkilerin yıl içerisinde kullandığı özellikle azot, fosfor, potasyum gibi elementlerin büyük çoğunluğu organik maddeden sağlanmaktadır (Kilham, 1995; Marshall, 2000; Odum and Barrett, 2008). Organik maddenin ayrışmasıyla mineralize olan besin elementleri açığa çıkmakta ve kök tüketim bölgelerine bitkilerin alınımı için salınmaktadır. Azot bitki beslenmesinde karasal ekosistemlerde en önemli besin elementidir (Waring and Running 2007) Dolayısıyla yetişme ortamının azot bakımından zenginleşmesi ağaçların daha hızlı büyümesini sağlayacaktır. Hızlı büyüyen ağaçlarda yıllık halka içerisindeki yaz odununa göre yoğunluğu düşük olan ilkbahar odununun oranı arttığından ölü-örtüdeki azot miktarının artması odunun fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerlerin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle odununun teğet yöndeki sertliği, teğet yönde genişlemesi, hacim genişlemesi, hacim daralması ve şok direnci değerlerinin azot miktarının ölü- örtü organik maddesinin azot içeriğiyle ters orantılı ilişkisinin nedeni azot alınımının artmasıyla ağaçların hızlı büyümesinden kaynaklanabilir. Fakat bu çalışmadaki odunun fiziksel ve mekanik özelliklerine ait veriler standartların dışında değildir. Bu bakımdan ormancılarda ağaçları daha hızlı büyütürken odun miktarını arttırmak için sahanın verim gücünü artırma çabalarıyla iyi beslenerek hızlı büyüyen ağaçların odunlarının mekanik ve fiziksel özellik değerlerinin düşmesi arasında bir çelişki bu sahalarda yetişen kayınlar için bulunmamaktadır.

**Çizelge 7.** Örneklem sahalarından en-düşük yükseltiden alınan kayın odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler

Değişken	Meyil	Rakım	Toprak pH'ı	OM_N	OM_P	OM_K
RS	-0,864					
ES			0,904			
TS				-0,923		
TG				-0,871		
HG				-0,884		
HD		0,861		-0,874		-0,841
SD				-0,815		
RG					0,987	
BG					-0,855	

\* RS= odunun radyan yöndeki sertliği, ES= odunun enine yöndeki sertliği, TS= odunun teğet yöndeki sertliği, TG=teğet genişleme, HG= Hacim genişlemesi, HD=Hacimsel daralma, SD= şok direnci, RG=radyal genişleme, BG=Boyuna genişleme, OM\_N=ölü-örtü organik maddesi azotu, OM\_P= ölü-örtü organik madde fosforu, OM\_K= ölü-örtü organik madde potasyumu.

Organik maddedeki fosfor içeriğinin artmasıyla radyal genişleme artarken ( $P=0,0002$ ), boyuna genişleme ise azalmaktadır ( $P=0,03$ ), Fosfor da bitki büyümesini etkileyen azottan sonraki en önemli besin elementlerindedir. Bu nedenle radyal yöndeki genişlemenin ağacın çalışmasını ifade ettiğini ve aynı ağaç türünün hızlı büyüyenlerinin odununun yavaş büyüyenlerinkine göre daha fazla çalışabileceğini düşünerek, fosfor bakımından iyi beslenen ağaçların daha hızlı büyüdüğünü ve bu nedenle de radyal yönde genişlemenin bu ağaçlarda fazla olduğu söylenebilir.

Organik maddenin potasyum içeriğinin ise kayın odununun hacim daralmasıyla ters orantılı olduğu ( $P=0,0357$ ) açığa çıkmıştır (Çizelge 5). Bitkilerin beslenmesinde K yine en çok kullanılan besin elementlerinin başında gelmektedir. Fakat K eksikliği ağaç büyümesini sınırlandırırken, fazla azotun olumsuz etkisini de azaltarak aşırı azot beslenmesinden kaynaklanan hızlı büyümeyi frenleyebilir (Brady and Weill, 1999). Ayrıca K elementi kayınların fizyolojik olarak durağan geçirdiği sonbahar ve kış aylarında ağacın soğuklardan daha az etkilenmesini de sağlamaktadır (Kimmins, 1997). Bu nedenle özellikle azot bakımından zengin sayılan bu ormanlarda odundaki hacim daralmasının organik maddedeki K miktarıyla azalması ağacın daha dengeli beslenmesinden kaynaklanabilir.

#### 4. Sonuç

Kayın odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin arazinin meyli, ağaçların yetiştiği ortamdaki toprağın asitliği, ölü örtü organik maddesinin içerdiği makro-besin elementleri ile ilgisi olduğu ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla, her sahanın odun kalitesine etkileri değişmektedir. Bu nedenle öncelikle sahaların verimlilikle ilgili sınıflandırılmaları yapıp daha sonra kullanım amacına göre odun üretiminin hangi bölgelerde yoğunlaştırılacağı elde edilen verilere göre planlamalıdır. Böylece hem odun üretimi hem de ormanın diğer işlevlerinin toplumun ihtiyaçları yönünde daha iyi planlanması ve uygulanması sağlanmış olur. Yukarıda belirtilen amaçların gerçekleştirilmesi için bu çalışmanın daha ayrıntılı olarak diğer ekosistemlerde ve ağaç türlerinde de yaygınlaştırılması uygulamacıya daha sağlıklı veri üretilmesini sağlayacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Karadeniz kıyı bölgesinde yetişen kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetiştirme ortamı değişkenleriyle ilişkisi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

#### Kaynaklar

- Anonim, 1985. Kayın. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi: 1, Muhtelif Yayınlar Serisi: 42.
- Anonim, 2004. Türkiye Ulusal Ormancılık Programı (2004-2023). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2005. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Kurumsal Web Sitesi, APK Ulusal Bilgi Merkezi, Sayısal Haritalar, Türkiye Genel Jeoloji Atlası. ([http://www.khgm.gov.tr/menuler/ubm\\_link.htm](http://www.khgm.gov.tr/menuler/ubm_link.htm)).
- Anonim, 2006. Orman Varlığımız. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü. Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anşin, R., 1983. Türkiye'nin flora bölgeleri ve bu bölgelerde yayılan asal vejetasyon tipleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 6(2), 318-339.
- As, N., Koç, K.H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 51(1), 71-88.
- Atalay, I., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ormanlarının ekolojisi ve tohum transferi yönünden bölgelere ayrılması. Orman Bakanlığı Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü, 5(1-2), 54-59.
- Atalay, İ., 1994. Vegetation Geography of Turkey. Ege University Press, Bornova, İzmir.
- Atay, İ., 1987. Doğal Gençleştirme Yöntemleri I-II. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.Ü. Yayın No: 3461, F.B.E. Yayın No: 1.
- Atay, İ., 1990. Silvikültür II Ders Kitabı, Silvikültürün Tekniği. İ.Ü. No: 3599, Orman Fakültesi No: 405. İstanbul, Türkiye.
- Berkel, A., 1941. Şark Kayını (*Fagus orientalis* L.)'nin Teknolojik Vasıfları ve İstimali Hakkında Araştırmalar, Yüksek Ziraat Enstitüsü Çalışmaları, Sayı: 118, Ankara.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:147, Cilt:1, İstanbul.
- Brady, N.C., Weil. R.R., 1999. The Nature and Properties of Soils. Twelfth Edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Fisher, R.F., Binkley, D., 2000. Ecology and Management of Forest Soils. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York. USA.
- Jones, J.B. JR., Case, V.W., 1990. Sampling, Handling, and Analyzing Plant Tissue Samples. In: Westerman, R.L. et al. (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis-3<sup>rd</sup> Ed., Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 389-427.
- Kantarcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 4261.
- Kilham, K., 1995. Soil Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

- Kimmins, J.P., 1997. Forest Ecology a Foundation For a Sustainable Management. Second edition. Prentice Hall. New Jersey. USA.
- Kozłowski, T.T., 2002. Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. Forest Ecology and Management, 158, 195-221.
- Malkoçoğlu, A., 1994. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.)'nin teknolojik özellikleri. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Marshall, V.G., 2000. Impacts of forest harvesting on biological processes in northern forest soils. Forest Ecology and Management, 133, 43-60.
- Odum, E.D., Barrett, G.W., 2008. Ekolojinin Temel İlkeleri. Beşinci baskıdan çeviri, Editor Kani Işık, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Özyuvacı, N., 1999. Meteoroloji ve Klimatoloji. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte Yayın No: 460, İstanbul.
- Sargıncı, M., 2005. Batı Karadeniz Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ekosistemlerinde diri-örtü kontrol yöntemlerinin toprak verimliliğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Düzce.
- SAS Systems For Windows™., 1996. Release 6.12. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Schwappach, A., 1898. Untersuchungen Über Raumgewicht u. Druckfestigkeit d. Holzes wichtiger Waldbäume II. Fichte, Weisstanne, Rotbuche und Weymutskiefer, Berlin-Germany.
- Soysal, Y., 2008. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ekosistemlerinde farklı saha hazırlama işlemlerinin besin kaybına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konuralp, Düzce.
- Thomas G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. In Methods of Soil Analysis – Part 3 – Chemical Methods, pp. 475-490. Eds D L Sparks et al. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Tavernier, R., Smith, G.D., 1957. The Concept of Braunerde (Brown Forest Soils) in Europe and the United States. Advan. Agron., 9, 217-289.
- TS 2474., 1976a. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2478., 1976b. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2477., 1976c. Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2475., 1976d. Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2472., 1976e. Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2479., 1976f. Odunun Statik Sertliğinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 2470., 1976g. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, T.S.E. Ankara.
- TS 2595., 1977. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 3459., 1980. Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 53., 1981. Odunun Fiziksel Özelliklerini Tayin İçin Numune Alma, Muayene ve Deneş Metotları, T.S.E. Ankara.
- TS 4083., 1983a. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Çekmenin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 4084., 1983b. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 7613., 1989. Odun - Yarıлма Mukavemetinin Tayini, T.S.E. Ankara.
- TS 642 ISO 554. 1997. Kondisyonlama ve/veya Deneş İçin Standard Atmosferler-Özellikler, T.S.E. Ankara.
- Waring, R.H., Running, S.W., 2007. Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales (Third ed.), Elsevier Academic Press, San Diego, California.
- Yaltırık, F., İşgüzar, H., Küçükkoca, A. H., 1953. Düzce İlçesi ve Orman İşletmesi, Ülkü Basımevi, İstanbul.
- Yaltırık, F., Efe, A., 2000. Dendroloji Ders Kitabı (Gymnospermae-Angiospermae), İ.Ü. yayın No:4265, O.F. Yayın No:465, ISBN:975-404-594-1, İstanbul.
- Yıldız, O., Eşen, D, Sargıncı, M., 2004. Orman yangınlarının besin elementleri ve ekosistem verimliliğine etkileri. Tabiat ve İnsan, (3-4), 56-63.
- Yıldız, O., Sargıncı, M., Eşen, D. and K. Cromack, Jr., 2007. Effects of vegetation control on nutrient removal and *Fagus orientalis*, Lipsky regeneration in the Western Black Sea Region of Turkey. Forest Ecology and Management, 240(1-3), 186-194.
- Yıldız, O.,Esen, D., Karaoz, O.M, Sargıncı, M., 2010a. Long-term site productivity effects of different Rhododendron control methods in eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) ecosystems in the Western Black Sea Region of Turkey. Soil Use and Management, 25(1), 28-33.
- Yıldız, O.,Esen, D., Karaoz, O.M, Sargıncı, M., Toprak, B., Soysal, Y. 2010b. Effects of different site preparation methods on soil carbon and nutrient removal from eastern beech regeneration sites in Turkey's Black Sea Region. Applied Soil Ecology, 45(1), 49-55.