

Artvin Yöresi Sakallı Kızılağaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.] Odununun Bazı Mekanik Özellikleri

Bilgin GÜLLER

Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı,
Isparta - TÜRKİYE

Nurgül AY

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orm. End. Müh. Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı,
Trabzon - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 27.01.1999

Özet: Bu çalışmada Sakallı Kızılağaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.] odununun bazı mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Deneylerde Artvin yöresinden alınan 10 adet örnek ağaçtan yararlanılmıştır. Örnek ağaçların seçimi, deney örneklerinin hazırlanması ve deneyler ilgili Türk standartlarına uygun olarak yürütülmüştür.

Bu çalışmada Kızılağaç odununun mekanik özelliklerinden liflere paralel basınç direnci (σ_B), eğilme direnci (σ_E), eğilmede elastikiyet modülü (E), liflere paralel çekme direnci ($\sigma_{C//}$), makaslama direnci (σ_M), dinamik eğilme (şok) direnci (σ_S), yarıлма direnci (σ_Y) ve Brinell sertlik (HB) değerleri incelenmiştir.

Sonuç olarak, liflere paralel basınç direnci 423 kp/cm², eğilme direnci 790,54 kp/cm², elastikiyet modülü 87816 kp/cm², şok direnci 0,58 kpm/cm², liflere paralel yönde çekme direnci 763 kp/cm², teğet yönde makaslama direnci 64,79 kp/cm², radyal yönde makaslama direnci 60,74 kp/cm², radyal yönde yarıлма direnci 4,17 kp/cm², teğet yönde yarıлма direnci 4,50 kp/cm², enine kesit Brinell sertlik değeri 2,89 kp/mm², teğet kesit Brinell sertlik değeri 1,49 kp/mm², radyal kesit Brinell sertlik değeri 1,51 kp/mm² olarak bulunmuştur. Liflere paralel yönde basınç direnci ve yoğunluk değerlerinden yararlanılarak spesifik ve statik kalite değerleri sırasıyla 18,21 ve 8,78 km olarak hesaplanmıştır. Şok direnci ve yoğunluk değerlerinden yararlanılarak, dinamik kalite değeri 2,49 olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar, aynı ağaç türü ve benzer anatomik yapıya sahip ağaç türleri hakkında yapılmış olan diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Kızılağacın mekanik özelliklerine uygun kullanım yerleri hakkında (Kontrplak, yongalevha, ambalaj sandığı, alet sapı, mobilyada iç kısımlarda (çekmece yan ve alt kısımları gibi) vb.) önerilerde bulunulmuş, yer döşemesi, yapı kirişleri vb. amaçlarla kullanılmasının uygun olmadığı belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kızılağaç, Mekanik Özellikler

Some Mechanical Properties of Alder [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C. A. Mey.) Yalt.] Wood Obtained from Artvin Region

Abstract: In this study, some mechanical properties of Alder [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C. A. Mey.) Yalt.] wood were investigated.

The experiments were carried out on test specimens obtained from 10 selected experimental trees taken from Artvin region. The selection of the experimental trees, preparation of the test specimens and application of the test procedures were carried out according to the relevant Turkish standards.

Some mechanical properties of Alder wood such as compression strength parallel to grain, static bending strength, modulus of elasticity, impact strength (impact bending), tension strength parallel to grain, shear strength, cleavage strength and values of Brinell-hardness were investigated.

As a result, a compression strength parallel to grain of 423 kp/cm², static bending strength of 790.54 kp/cm², modulus of elasticity of 87816 kp/cm², impact bending of 0.58 kpm/cm², tension strength parallel to grain of 763 kp/cm², tangential shear strength of 64.79 kp/cm², radial shear strength of 60.74 kp/cm², radial cleavage strength of 4.17 kp/cm², tangential cleavage strength of 4.50

kp/cm², cross-section Brinell-hardness value of 2.89 kp/mm², tangential-section Brinell-hardness value of 1.49 kp/mm² and radial-section Brinell-hardness value of 1.51 kp/mm² were obtained. Using compression strength parallel to grain and specific gravity values, specific and static quality values were calculated to be 18.21 and 8.78 km respectively. Dynamic quality factor (value) was calculated to be 2.49 by means of impact bending and specific gravity values.

The results were compared with the other studies carried out on the relevant species which have the same or a similar anatomical structure. Some suggestions about the optimum usage of Alder wood (plywood, particleboard, packing cases, tool handles, furniture (especially in concealed parts such as drawer sides and bottoms) etc.) were given according to the mechanical properties of the species. It was determined that Alder wood was not appropriate for use in structural beams, flooring etc.

Key Words: Alder, Mechanical Properties

Giriş

Türkiye ormanları gerek kalite ve gerekse miktar olarak günden güne azalmakta ve bunun sonucunda kendilerinden beklenen ekonomik ve ekonomik olmayan işlevleri yerine getirememektedir. Ülkemizde ormanların giderek azalması ve buna karşılık orman ürünü işleyen endüstri kuruluşlarının sayısının hızla artması, bu endüstri kuruluşlarının eksik kapasite ile çalışmalarına yol açmaktadır [1]. Bu nedenle orman ürünleri endüstrisinin artan odun hammaddesi ihtiyacına cevap vermek amacıyla hızlı gelişen türlere yönelik çalışmalar gün geçtikçe yoğunlaşmaktadır.

Türkiye'de geniş alanlara yayılmış, hızlı gelişen bir tür sayılan Kızılağaç, ülkemiz ormanlarının yaklaşık olarak % 1'ini oluşturmaktadır [2]. Araştırmaya konu olan Sakallı Kızılağaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.], Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Doğu Ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.], Doğu Karadeniz Göknaarı [*Abies nordmanniana* (Stev.) Matt.], Sarıçam [*Pinus sylvestris* (L.)] ve Doğu Kayını [*Fagus orientalis* Lipsky] türlerinden sonra yayılış bakımından önemli bir yer tutmaktadır [3]. Bu çalışmada, *Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt. (Sakallı Kızılağaç) odununun mekanik özellikleri belirlenerek, bu taksonun en uygun kullanım yerleri hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada örnek ağaçların alınacağı yerin seçiminde, bu türün Artvin'deki yayılış alanları incelenmiş ve en iyi gelişme gösteren bireylerin bulunduğu yöre deneme alanı olarak alınmıştır. Araştırmada kullanılan ağaçlar iyi gövde yapısına sahip, düzgün ağaçlardan TS 4176'ya uygun olarak seçilmiş ve denemeler Artvin-Mersivan yöresinden alınan 10 adet ağaç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesinde her ağacın 3-4 m arasından alınan 1 m'lik gövde kısımlarından yararlanılmıştır. Örnek

ağaçların tümü Ladin meşceresinden ve dere kenarından alınmıştır örnek ağaçlar ve bunların alındığı yerler ile ilgili bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Örnek ağaçların ve alındığı yerlerin özellikleri.

Ağaç Yaşı	Ağaç Çapı (cm) (1.30 m)	Meşcere Kapallığı	Rakım (m)	Baki
38	30	1	1400	Kuzeydoğu
35	28	//	//	//
30	25	//	//	//
48	35	//	1420	Kuzey
25	22	//	//	//
45	33	//	//	//
41	30	//	1480	Güney
33	28	//	//	//
41	32	//	//	//
32	29	//	//	//

Deney örneklerinin hazırlanması ve deneyler TS 4176, 2470, 2471, 2472, 2595, 2474, 2478, 2477, 3459, 2475, 7613, 2479 standartlarına uygun olarak yürütülmüştür [4-15]. Deneylerden sonra her bir örneğin yoğunluğu ve rutubet miktarı belirlenmiştir. Rutubet miktarı % 12'den farklı olan deney örneklerinin direnç değerleri % 12 rutubetteki direnç değerlerine dönüştürülmüştür. Liflere paralel yönde ortalama basınç direnci ve yoğunluk değerlerinden yararlanılarak statik kalite değeri, şok direnci ve yoğunluk değerlerinden yararlanılarak dinamik kalite değeri hesaplanmıştır. Veriler değerlendirilirken, iki özellik arasındaki ilişkinin belirlenmesinde regresyon analizi uygulanmış ve serbest değişkenin bağılı değişken üzerindeki ilişki düzeyi saptanmıştır. Serbest değişken tek alındığından (Yoğunluk), basit doğrusal regresyon modeli seçilmiştir. Regresyon denklemi oluşturulmuş, $y = a + bx$ şeklinde gösterilmiştir. Ayrıca denklemin korelasyon katsayısı, standart hatası belirlenerek %99 güven düzeyi için güven

sınırları belirlenerek regresyon grafiği çizilmiştir. İstatistik değerlendirmeler yapılırken Statgraph 6.0 istatistik programı kullanılmıştır.

Bulgular

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan ağaçların ortalama yıllık halka genişliği 3,67 mm dir. Ortalama tam kuru yoğunluğu $0,454 \text{ g/cm}^3$, ortalama hava kurusu yoğunluğu $0,482 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direnci değerleri 435 adet örnek üzerinde bulunmuş ve bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Liflere paralel ortalama basınç direnci değeri 423 kp/cm^2 olup $240,47-838,34 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir. Liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu ilişki 0,001 yanılma olasılığı için önemli ve artan yönde olup korelasyon katsayısı 0,85 olarak bulunmuştur.

Liflere paralel yönde ortalama basınç direnci değerinden hesaplanan statik kalite değeri 8,78 km olarak bulunmuştur. Spesifik kalite değeri 18,21 olarak hesaplanmıştır.

Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilme direnci deneyleri 81 adet örnek üzerinde yapılmış ve bulguların istatistik değerlendirmesine ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Ortalama eğilme direnci değeri $790,54 \text{ kp/cm}^2$ olup $574 - 1035 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir.

Eğilme direnci ile yoğunluk arasında yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre çizilen regresyon doğrusu Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu ilişki 0,001 yanılma olasılığı için anlamlı ve artan yönde olup korelasyon katsayısı 0,81 olarak bulunmuştur. Yoğunluğu yüksek örneklerde, kırılma bölgelerinde daha ince ve uzun kıymıklar meydana geldiği, yoğunluğu daha düşük örneklerin ise az kıymıklı kırıldığı görülmüştür.

Elastikiyet modülünün belirlenmesi için çizilen yük-deformasyon (eğilme) grafiği Şekil 3'de gösterilmiştir. Buna göre; 105 kp kuvvet uygulanmasıyla meydana gelen 2,56 mm'lik eğilmeye kadar, eğilme miktarı ile kuvvet doğru orantılıdır. P_1 ile belirtilen bu nokta elastikiyet sınırı olup, OP_1 ile belirtilen bölge elastik deformasyon bölgesidir. Elastikiyet sınırından sonra yarı plastik deformasyonların başlaması nedeniyle uygulanan kuvvete

karşılık eğilme miktarı daha fazla olmakta ve örnekler P noktasında kırılmaktadır

Elastikiyet modülü ile yoğunluk arasındaki ilişkinin belirlenmesi için yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre çizilen regresyon doğrusu Şekil 4'de gösterilmiştir.

Elastikiyet modülü ile yoğunluk arasında 0,001 olasılık düzeyinde artan yönde ve önemli bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Korelasyon katsayısı 0,85 olarak bulunmuştur.

Dinamik Eğilme (Şok) Direnci ve Dinamik Kalite Değeri

Dinamik eğilme direnci deneyleri 85 adet örnek üzerinde yapılmış ve elde edilen bulgulara ait istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Ortalama şok direnci değeri $0,58 \text{ kpm/cm}^2$ olup $0,34 - 0,84 \text{ kpm/cm}^2$ arasında değişmektedir. Dinamik eğilme (Şok) direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu ilişki 0,001 yanılma olasılığı için anlamlı olup korelasyon katsayısı 0,70 bulunmuştur.

Şok direnci ve yoğunluk değerlerinden yararlanılarak, dinamik kalite değeri 2,49 olarak hesaplanmıştır.

Makaslama Direnci

Teğet yönde makaslama direnci deneyleri 80 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Teğet yönde makaslama direnci değeri ortalama $64,79 \text{ kp/cm}^2$ olup $56,32-74,41 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir.

Radyal yönde makaslama direnci deneyleri ise 80 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Radyal yönde makaslama direnci ortalama $60,74 \text{ kp/cm}^2$ olup $46,95-76,30 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir.

Liflere Paralel Yönde Çekme Direnci

Liflere paralel yönde çekme direnci deneyleri 80 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

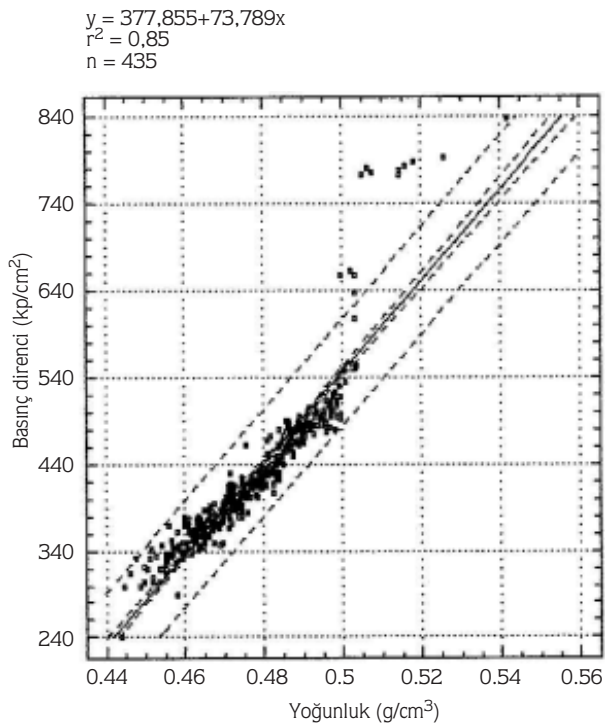
Ortalama Liflere paralel yönde çekme direnci değeri 763 kp/cm^2 olup $464 -1298 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir.

Düşük yoğunluktaki örneklerde az kıymıklı ve düz, yoğunluğu yüksek örneklerde ise daha fazla kıymıklı kırılma şekilleri oluşmuştur.

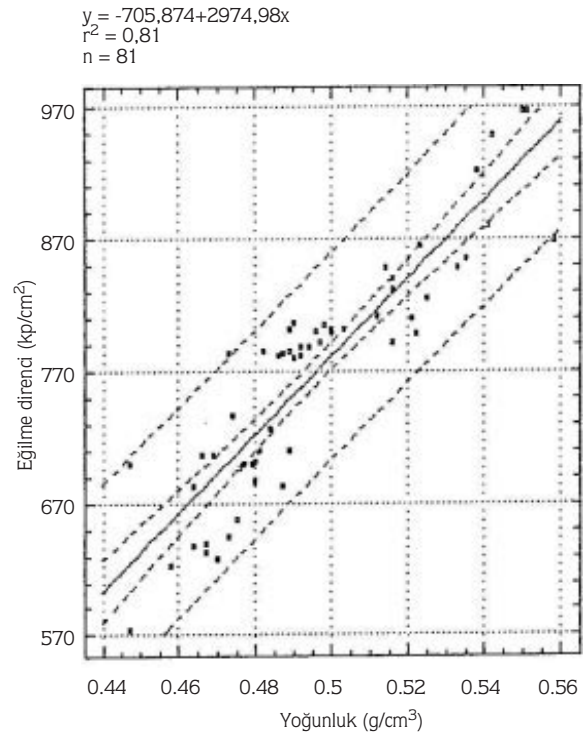
Tablo 2. Mekanik özelliklere ait istatistik değerlendirme sonuçları.

	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Varyasyon Katsayısı	Değişim Genişliği	Min. ve Max. Değer
σ_B	435	423	80,77	6523	19,09	597,87	240,47 - 838,34
σ_E	81	790,54	99,87	9974,85	12,63	461	574 - 1035
E	72	87816	12049	1,45	13,72	55106	58039 - 13145
σ_S	85	0,58	0,11	0,013	19,39	0,50	0,34 - 0,84
$\sigma M_{teğet}$	80	64,79	4,55	20,31	6,96	18,09	56,32 - 74,41
σM_{radyal}	80	60,74	6,26	39,25	10,31	29,34	46,95 - 76,30
$\sigma_{Ç//}$	80	763,06	193,32	37373,6	25,33	833,79	464,27 - 1298
σY_{radyal}	90	4,17	0,82	0,67	19,63	4,14	2,07 - 6,21
$\sigma Y_{teğet}$	149	4,50	0,80	0,64	17,72	4,30	2,75 - 7,05
(e)	100	2,89	0,66	0,43328	22,80	2,78	1,60 - 4,38
HB (t)	100	1,49	0,27	0,07333	18,19	1,15	1,27 - 1,65
(r)	100	1,51	0,26	0,07007	17,58	1,22	0,86 - 2,08

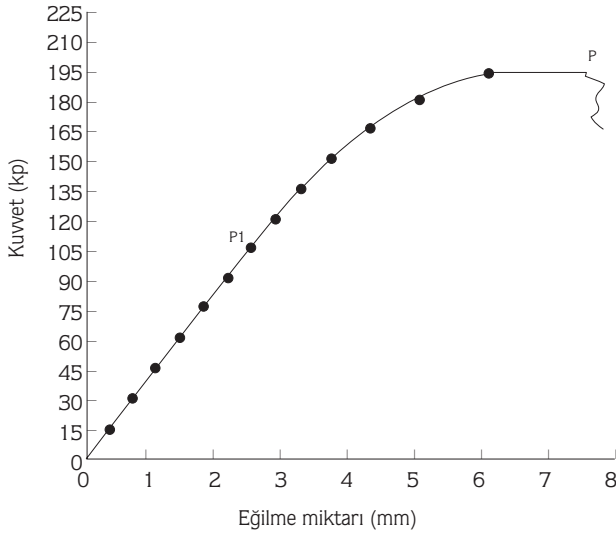
σ_B : Liflere paralel basınç direnci (kp/cm^2), σ_E : Eğilme direnci (kp/cm^2), E: Elastikiyet modülü (kp/cm^2)
 σ_S : Şok direnci (kp/cm^2), σM : Makaslama direnci (kp/cm^2), $\sigma_{Ç//}$: Liflere paralel çekme direnci (kp/cm^2)
 σY : Yarıлма direnci (kp/cm^2), HB: Brinell sertlik değeri (kp/mm^2), (e): Enine kesit, (t): Teğet kesit, (r): Radyal kesit



Şekil 1. Liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.



Şekil 2. Eğilme direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.



Şekil 3. Kızılağaç'ta yük deformasyon grafiği.

Yarıлма Direnci

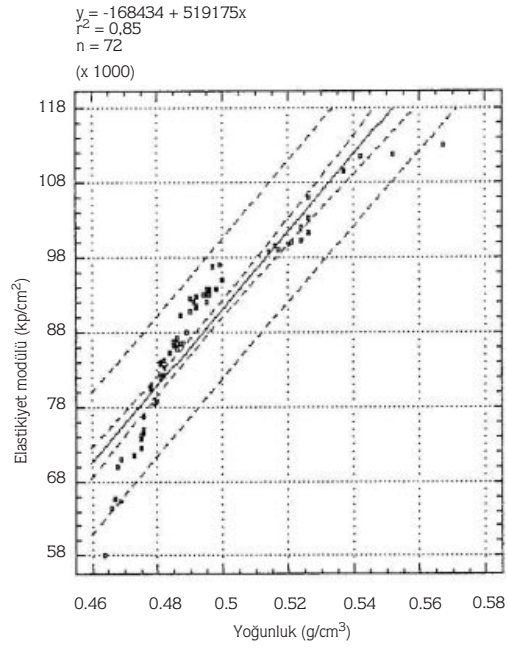
Radyal yönde yarıлма direnci deneyleri 90 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Radyal yönde yarıлма direnci değeri ortalama $4,17 \text{ kp/cm}^2$ olup, $2,7\text{-}6,21 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir.

Teğet yönde yarıлма direnci deneyleri 149 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Teğet yönde yarıлма direnci değeri ortalama $4,50 \text{ kp/cm}^2$ olup, $2,75\text{-}7,05 \text{ kp/cm}^2$ arasında değişmektedir.

Brinell Sertlik Değeri

Brinell sertlik deneyi 100 adet örnek üzerinde yapılmıştır. Bulguların istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Enine kesit ortalama Brinell sertlik değeri $2,89 \text{ kp/mm}^2$, teğet kesit ortalama Brinell sertlik değeri $1,49 \text{ kp/mm}^2$, radyal kesit ortalama Brinell sertlik değeri $1,51 \text{ kp/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Liflere paralel yöndeki sertlik değeri liflere dik yöndeki sertlik değerinden daha yüksek çıkmıştır. Sertlik değeri üzerine yoğunluk, yıllık halka genişliği, yıllık halka yapısı, yaz odunu katılım oranı, trahelerin sayısı ve çapı etkili olmaktadır [16,17,18].

Brinell sertlik değeri ile yoğunluk arasındaki regresyon analizi sonuçlarına göre çizilen regresyon doğrusu Şekil 6'da verilmiştir. Brinell sertlik değeri ile yoğunluk



Şekil 4. Elastikiyet modülü ile yoğunluk arasındaki ilişki.

arasında artan yönde ve önemli bir ilişki belirlenmiştir. Bu ilişki $0,001$ yarıлма olasılığında anlamlı olup korelasyon katsayısı $0,86$ olarak bulunmuştur.

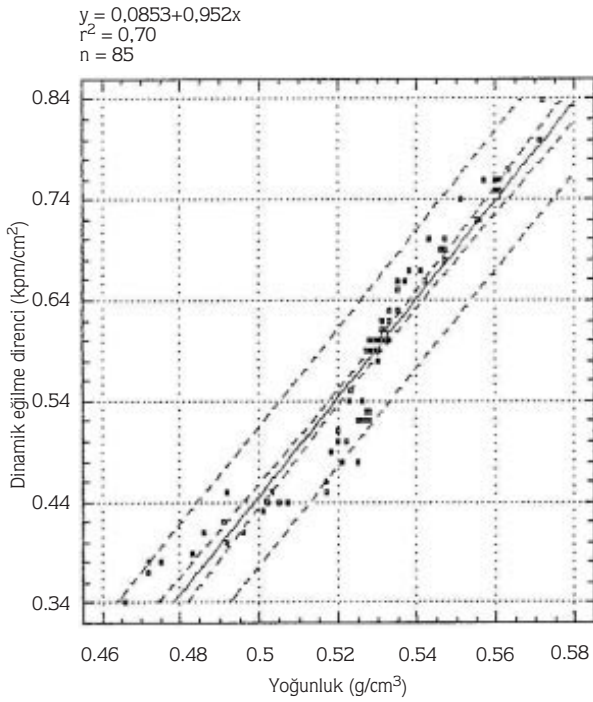
Tartışma ve Sonuç

Liflere Paralel Basınç Direnci

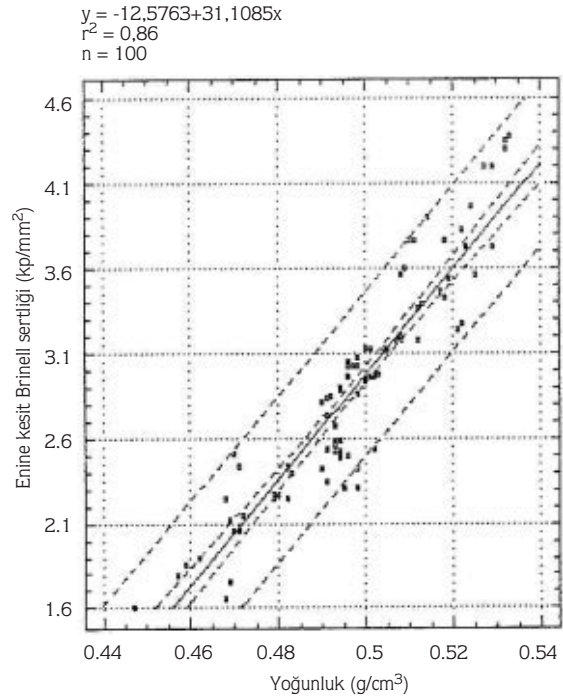
Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait basınç direnci değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Yoğunluk ile basınç direnci arasında önemli ve artan yönde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bulunan liflere paralel basınç direnci değeri literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında, bu değerlerin Ay [18] tarafından yapılan çalışmada verilen değerden düşük olmasına karşılık, literatürdeki diğer değerlere yakın olduğu görülmüştür. Benzer yapıdaki bazı ağaçlarla karşılaştırıldığında ise basınç direnci değerinin Kayın, İhlamur, Akçaağaç'tan düşük, Kavak, Söğüt ve Sığla'dan yüksek, yaklaşık olarak Okaliptus ile aynı olduğu görülmüştür. Liflere paralel basınç direnci değerine göre Sakallı Kızılağaç basınç direnci "orta derecede" olan ağaçlar grubuna girmektedir [19].

Statik kalite değeri $8,78 \text{ km}$ olarak bulunmuştur. Monnin'e göre yumuşak oduna sahip yapraklı ağaçlarda statik kalite değeri 7'den küçük olduğu takdirde kalite özelliği "düşük", 7-8 arasında ise "orta", 8'den yukarı ise "iyi" olarak kabul edilmektedir. Bu sınıflamaya göre



Şekil 5. Dinamik eğilme direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.



Şekil 6. Enine kesit Brinell sertliği ile yoğunluk arasındaki ilişki.

Tablo 3. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait liflere paralel basınç direnci değerleri.

Ağaç Türü	Basınç Direnci (kp/cm ²)
Kızılağaç	423,00
Kızılağaç [18]	564,39
Kızılağaç [20]	460,00
Kızılağaç [21]	458,00
Kızılağaç [22]	400,00
Kızılağaç [23]	470,00
Siğla [23]	382,70
Okalıptus [23]	373,00
Okalıptus [24]	470,00
Doğu Kayını [25]	572,00
Doğu Kayını [26]	644,00
Doğu Kayını [27]	600,00
Avrupa Kayını [28]	527,00
Ihlamur [23]	520,00
Ihlamur [20]	500,00
Akçaağaç [23]	620,00
Akçaağaç [20]	480,00
Söğüt [23]	340,00
Kavak [23]	350,00
Kavak (I 214) [29]	350,40
Karakavak [30]	350,00
Karakavak [20]	340,00

Kızılağaç odunu “iyi” derecede kalite özelliğine sahip bulunmaktadır [16]. Spesifik kalite değeri 18,21 olarak hesaplanmış olup, Monnin’e göre Sakallı Kızılağaç odunu “yumuşak odun” sınıfına girmektedir [17].

Eğilme Direnci

Bu çalışmada ortalama eğilme direnci 790,54 kp/cm² olarak bulunmuştur. Bulunan bu değere göre Sakallı Kızılağaç eğilme direnci “küçük” ağaçlar grubuna girmektedir [19]. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait eğilme direnci değerleri Tablo 4’de verilmiştir.

Bu çalışmada bulunan eğilme direnci değeri literatürde verilen değerlerle karşılaştırıldığında, Bozkurt [20], Gürsu [21] ve Ay [18] tarafından yapılan çalışmalarda bulunan değerlerden daha düşük, Junka [22] tarafından yapılan çalışmada verilen değerden daha yüksektir. Eğilme direnci ile yoğunluk arasında önemli ve artan yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Anatomik yapı bakımından benzerlik gösteren ağaç türleri ile karşılaştırıldığında Kızılağacın eğilme direncinin Ihlamur, Kayın ve Akçaağaç’tan düşük, Kavak, Siğla ve Söğüt’ten yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait eğilme direnci değerleri.

Ağaç Türü	Eğilme Direnci (kp/cm ²)
Kızılağaç	790,54
Kızılağaç [18]	969,77
Kızılağaç [21]	838,00
Kızılağaç [20]	830,00
Kızılağaç [22]	710,00
Akçaağaç [20]	930,00
Söğüt [20]	370,00
İhlamur [20]	1030,00
Doğu Kayını [25]	1123,00
Avrupa Kayını [28]	1102,00
Kavak (I -214) [29]	502,50
Sığla [23]	780,50

Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait elastikiyet modülü değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Bu çalışmada bulunan elastikiyet modülü değeri literatürde verilen değerlerle karşılaştırıldığında Bozkurt [20] ve Berkel [17] tarafından verilen değerlere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu yoğunluğun da daha düşük olmasına bağlanabilir. Yoğunluk ile elastikiyet modülü arasında artan yönde ve önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Literatürde Kızılağaç elastikiyet modülü "orta" olan ağaçlar grubunda gösterilmektedir. Fakat bu çalışmada bulunan değere göre elastikiyet modülü "küçük" ağaçlar grubuna girmektedir [19].

Kızılağacın elastikiyet modülü Sığla, Kavak, Söğüt ve İhlamur'dan yüksek, Kayın'dan ise daha düşüktür.

Tablo 5. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri.

Ağaç Türü	Elastikiyet Modülü (kp/cm ²)
Kızılağaç	87816
Kızılağaç [20]	93000
Kızılağaç [31]	95000 - 117000
Sığla [23]	58783
Doğu Kayını [25]	130822
Karakavak [30]	86300
Söğüt [20]	72000
İhlamur [20]	72500

Dinamik Eğilme (Şok) Direnci ve Dinamik Kalite Değeri

Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait dinamik eğilme direnci değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Şok direnci ile yoğunluk arasında artan yönde ve önemli bir ilişki belirlenmiştir.

Şok direnci değerine göre Sakallı kızılbaş, şok direnci "orta" derecede olan ağaçlar grubuna girmektedir [19].

Tablo 6. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait dinamik eğilme (şok) direnci değerleri.

Ağaç Türü	Şok Direnci (kp/cm ²)
Kızılağaç	0,580
Kızılağaç [18]	0,540
Kızılağaç [21]	0,600
Kızılağaç [32]	0,600
Kızılağaç [20]	0,490
Kızılağaç [33]	0,660
Doğu Kayını [25]	0,950
Okalıptus [24]	0,920
Kavak (I-214) [29]	0,247
Karakavak [30]	0,500
Sığla [23]	0,660
Söğüt [20]	0,700
İhlamur [20]	0,780

Ağaç malzemenin şok şeklindeki etkilere karşı koyma kabiliyetini gösteren dinamik kalite değeri 2,49 km olarak hesaplanmıştır. Dinamik kalite değerine göre Kızılağaç odunu "güç kırılır" bir odundur [33]. Deney örneklerinde kırılma yüzeyleri kıymıklıdır. Yoğunluğu daha yüksek olan örneklerde kırılma bölgelerinde daha ince ve uzun kıymıklar meydana geldiği, yoğunluğu daha düşük olan örneklerin kırılma bölgelerinin daha az kıymıklı olduğu görülmüştür.

Makaslama Direnci

Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait makaslama direnci değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Tabloda verilen değerler radyal ve teğet yöndeki makaslama dirençlerinin ortalamasıdır.

Liflere Paralel Çekme Direnci

Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait çekme direnci değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Ağaç malzemedeki liflere paralel yönde çekme direnci bütün direnç özellikleri

Tablo 7. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait makaslama direnci değerleri.

Ağaç Türü	Makaslama Direnci (kp/cm ²)
Kızılağaç	62,76
Kızılağaç [18]	48,30
Kızılağaç [31]	30..45..55
Doğu Kayını [25]	98,01
Kavak [33]	65,00
Kara Kavak [17]	50,00
Ak Söğüt [17]	70,00

Tablo 8. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait liflere paralel çekme direnci değerleri.

Ağaç Türü	Çekme Direnci (kp/cm ²)
Kızılağaç	763,065
Kızılağaç [18]	1093,960
Kızılağaç [21]	591,290
Kızılağaç [33]	591,000
Kızılağaç [32]	497,000
Doğu Kayını [25]	1316,000
Karakavak [30]	770,000
Akçaağaç [20]	800,000
Söğüt [20]	640,000
Ihlamur [20]	830,000

içerisinde en yüksek olanıdır. Bunun nedeni odunun hücre çeperinin mikrofibrillerden ibaret ince yapısı ve hücre yapısından ileri gelmektedir [16].

Bu çalışmada bulunan liflere paralel yönde çekme direnci değeri Ay [18] tarafından yapılan çalışmada verilen değer hariç, literatürde verilen diğer değerlerden yüksek çıkmıştır.

Yarılma Direnci

Kızılağaç ve diğer bazı ağaç türlerine ait yarılma direnci değerleri Tablo 9'da verilmiştir. Radyal yönde yarılma direnci 4,17 kp/cm², teğet yönde yarılma direnci 4,50 kp/cm² olarak bulunmuştur. Tabloda verilen değer radyal ve teğet yönde yarılma dirençlerinin ortalamasıdır.

Radyal yönde yarılma direncinin teğet yöndeki yarılma direncine göre daha düşük olması öz ışınlarının etkisine bağlanabilir. Bu çalışmada bulunan yarılma direnci değeri anatomik yapı bakımından benzer diğer ağaç türleri ile karşılaştırıldığında Kızılağaçın yarılma direnci Kayın ve

Tablo 9. Kızılağaç ve diğer bazı ağaç türlerine ait yarılma direnci değerleri.

Ağaç Türü	Yarılma Direnci (kp/cm ²)
Kızılağaç	4,335
Kızılağaç [33]	7,000
Siğla [23]	7,067
Doğu Kayını [25]	9,112
Kavak (I-214) [29]	3,723

Tablo10. Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait Brinell sertlik değerleri.

Ağaç Türü	Brinell Sertlik Değeri (kp/mm ²)	
	Liflere paralel	Liflere dik
Kızılağaç	2,89	1,50
Kızılağaç [17]	3,80	1,70
Kızılağaç [18]	3,06	1,52
Doğu Kayını [25]	5,49	2,74
Kayın [33]	7,20	3,40
Avrupa Kayını [28]	6,68	3,32
Siğla [23]	---	2,56

Siğla'dan düşük, Kavak'tan yüksektir. Kızılağaç kolay yarılan bir ağaçtır.

Brinell Sertlik Değeri

Kızılağaç ve bazı ağaç türlerine ait Brinell sertlik değerleri Tablo 10'da verilmiştir. Tabloda verilen liflere dik sertlik değeri radyal ve teğet kesit sertlik değerlerinin ortalamasıdır.

Liflere paralel yöndeki sertlik değerine göre Kızılağaç odunu literatürde liflere paralel sertlik değeri "küçük" olan ağaçlar grubuna girmesine rağmen, bu çalışmada bulunan değere göre liflere paralel sertlik değeri "çok küçük" olan ağaçlar grubuna girmektedir [19]. Liflere dik yönde sertlik değerine göre ise sertlik değeri "çok küçük" yada "yumuşak" ağaçlar grubuna girmektedir [19,33]. Sertlik ile yoğunluk arasında artan yönde ve önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada bulunan değerler literatürde Kızılağaç hakkında yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında genel olarak daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni yoğunluğun da daha düşük olmasına bağlanabilir. Çünkü yoğunluk tüm mekanik özellikler üzerinde etkili olan bir faktördür. Yoğunluk üzerinde etkili olan faktörler ise

yıllık halka genişliği, ilkbahar ve yaz odunu katılım oranı, ağaç yaşı, öz odun diri odun miktarı, yabancı maddeler, yetişme yeri şartları, toprak türü, genç odun ,reaksiyon odunu oluşumu, rutubet miktarıdır [31]. Deney örneklerinin seçilmesi sırasında reaksiyon odunu, budak vb. oluşumlardan kaçınıldığı ve deneyler hava kurusu halde yapıldığı için bu faktörlerden başka herhangi bir faktör değerler arasındaki farklılığın nedeni olabilir. İncelenen diğer çalışmalarda yetişme muhiti şartları, yaz odunu iştirak oranı, toprak türü vb. faktörler hakkında ayrıntılı bilgi olmadığı için daha fazla yorum yapılamamıştır.

Öneriler

Artvin yöresi Sakallı Kızılağaç odunu yumuşak, kolay işlenir, kolay yarılar, düzgün gövde yapısına sahip, hızlı büyüyen, hızlı büyümesi nedeniyle geniş yıllık halka oluşumu gösteren, yeknesak bir tekstüre sahip, açık renkli, hafif, direnç özellikleri orta derecede olan bir odundur .

Kızılağacın olumsuz bir yönü doğal dayanıklılığının az olmasıdır. Yani Kızılağaç böcek ve mantar etkisine karşı hassastır. Ormanda kesimden sonra yeterli önlemler alınmadığı takdirde kısa bir sürede ardaklanmaktadır. Bu nedenle ormanda kesimi takiben hızla su kaybetmesini önleyecek önlemler alınmalıdır. Ayrıca depolarda da mantar ve böcek etkisine karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Kızılağaç kolay emprenye edilebilen bir türdür [34].

Çatlama, çarpılma eğilimi azdır. Kızılağaç kerestesi kolay kurutulur [20]. Mekanik özellikler söz konusu olduğunda liflere paralel basınç direnci "orta derecede" olan ağaçlar grubuna girdiği için [19] bu direnç özelliğinin önemli olduğu yerlerde özellikle yapılarda ve maden ocaklarında yük taşıyıcı eleman olarak kullanılmamalıdır. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü düşük değerler gösterdiği için bu değerlerin önemli olduğu yerlerde özellikle kiriş vb. amaçlar için kullanılmamalıdır. Makaslama etkilerine karşı orta derecede dayanıklı bir odun olduğu için yüksek makaslama direnci gerektiren

yerlerde kullanılması uygun değildir. Şok şeklindeki etkilere karşı dayanıklı olduğu ve hafif bir oduna sahip olduğu için alet sapları yapımında kullanılabilir. Sertlik ağaç malzemenin işlenme özellikleri hakkında bilgi verir. İşlenme özellikleri denilince planyalama, frezeleme, tornalama, delme, zımparalama anlaşılmaktadır. Bu işlemler Kızılağaç odununda kolaylıkla yapılabilir [20]. Ayrıca tornalama ve planyalamada bir ağaç türünün yarılma direnci önemlidir. İşlenme sırasında yarılma direnci büyük olan ağaçlarda kesici elemanlar lifleri kopartmak yerine keser böylece daha düzgün yüzeyler elde edilir [23]. Yarılma direnci, odunun hava kurusu rutubet derecelerinde (%12-17) en yüksek değerine ulaşmakta, bundan sonra rutubetin artması veya %12 rutubetin altındaki rutubet derecelerinde odun rutubetinin giderek azalması ile azalmaktadır [17]. Hava kurusu halde Kızılağaç kolay yarılan bir ağaçtır.

Kızılağaç yumuşak bir oduna sahip olduğu için yer döşemesi olarak kullanılması uygun değildir. Kızılağacın lif ve yonga levha yapımında kullanılması önerilmektedir [35,36]. Kızılağaç dışarıda kullanıldığında mutlaka emprenye edilmiş olmalıdır [34]. Emprenye edildiği takdirde tel direği ve çit kazığı olarak kullanılabilir. Kızılağaç odunu yeknesak bir tekstüre sahip olduğu , kolay soyulabildiği, yoğunluğu ve mekanik direnç değerleri uygun olduğu için soyma kaplama levha üretiminde kullanılması önerilmekte ve Kızılağaç odununun kontrplak üretiminde kullanılabilirliği belirtilmektedir [20,37,38]. Bu çalışmada elde edilen bulgular literatürde verilen değerler ile karşılaştırıldığında, Artvin yöresinde yetişen Kızılağaç odununun kontrplak üretiminde değerlendirilebileceği söylenebilir. Kızılağaç odunu kolay işlendiği, iyi boyanma ve cilalanma özelliği gösterdiği için model yapımı ve oymacılıkta kullanılabilir. Çeyiz sandığı ve dekoratif eşya üretiminde üzerine değişik vernik ve boyalar uygulanarak kullanılabilir. Mobilya üretiminde iç kısımlarda kullanılması önerilir. Ayrıca açık renkli, hafif ve kokusuz bir oduna sahip olması nedeniyle ambalaj sandığı yapımında kullanılması uygundur.

Kaynaklar

1. Eryılmaz, A., C., Gümüş, C., Orman Ürünleri Endüstrisinin Hammade Kaynağı olan Ormanlarımızın Durumu, ORENKO'92 I. Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, 1992, Trabzon, Bildiriler Kitabı, I. Cilt, 181-188.
2. Saraçoğlu, N., Kızılağaç [*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.] Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü . Trabzon, 1988.

3. Anşin, R., Özkan, Z.C., Tohumlu Bitkiler, K.T.Ü Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, Trabzon, 1993.
4. TS 4176, Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini için Homojen Meşcerelerden Numune Ağacı ve Laboratuar Numunesi Alınması, I. Baskı, TSE Ankara, Eylül 1984.
5. TS 2470, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, TSE., Ankara, Kasım 1976.
6. TS 2471, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Rutubet Miktarı Tayini, I. Baskı, TSE Ankara, Kasım 1976.
7. TS 2472, Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TSE, Ankara, Kasım 1976.
7. TS 2595, Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, Mart 1977.
9. TS 2474, Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, 1977.
10. TS 2478, Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara, Kasım 1978.
11. TS 2477, Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, 1976.
12. TS 3459, Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, 1980.
13. TS 2475, Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, TSE, Ankara, 1976.
14. TS 7613, Odunun Yanılma Mukavemetinin Tayini, TSE, Ankara, Kasım 1982.
15. TS 2479, Odunun Statik Sertliğinin Tayini, TSE, Ankara, Kasım 1976.
16. Kollmann, F. F. P., Côte, W. A., Principles of Wood Science and Technology, I Solid Wood, George Allen & Unwin Ltd., London, Springer-Verlag Heidelberg New York, 1968.
17. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi I. Cilt, İ.Ü. Yayın No: 1448, Orman Fak. Yayın No: 147, İstanbul 1970.
18. Ay, N., Rize-Çayeli Bölgesi Kızılağaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey.) Yalt.] Odununun Mekanik Özellikleri Pamukkale Üniversitesi Dergisi, Cilt :4, Sayı:1/2, Sf:641-647, 1998.
19. Bozkurt, A.Y., Erdin, N., Ticarete Kullanılan Ağaçlarda Fiziksel ve Mekanik Özellikler, İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Cilt: 40, Sayı: 1, 1990.
20. Bozkurt, Y.A., Odun Anatomisi, İ.Ü Yayın No: 3652, Orman Fak. Yayın No: 415, İstanbul, 1992.
21. Gürsu, İ., Meryemana Araştırma Ormanı Kızılağaçlarının Teknolojik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar, OAE Yayınları Teknik Bülten Serisi, No: 23, Ankara 1967.
22. Junka, A.D., and Tytlinsch, K.K., Physical and Mechanical Properties of the Wood of *Alnus glutinosa* Growing in the Latvian S.S.R. Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis, Riga, 1956 (3), 69-74
23. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Sığla Odununun Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri, İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Cilt: 40, Sayı: 2 (1990).
24. Acar, O., Gökçe, O., *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Odununun Teknolojik Özellikleri Üzerinde Bazı Araştırmalar, T.C. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni, No: 5-6, İzmit, 1971.
25. Malkoçoğlu, A.K., Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununun Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü Orman Fakültesi, Trabzon, 1994
26. Berkel, A., Şark Kayını (*Fagus orientalis* L.)'nın Teknolojik vasıfları ve İstihsalı Hakkında Araştırmalar, Yüksek Ziraat Enstitüsü Yayınları, Sayı: 118, Ankara, 1941.
27. Gürsu, İ., Tokat Mintikası Kayınlarının Teknik Vasıfları Üzerinde Yapılan Bir Çalışma, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 6, 1 (1960) 30-41.
28. Cividini, R., Studio Tecnologica sul Faggio dell., Appennino Toscano, C.N.R del Legno, Roma, 126-22 (1969) 1-38.
29. Tunçtaner, K., Tulukçu, M., Toplu, F., Bazı Kavak Klonlarının Büyüme ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, T.C. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten Serisi, No: 170, İzmit, 1994.
30. Kollmann, F., Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, II. Band, 1951.
31. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, No: 3445/388, İstanbul, 1987.
32. Harvat, I., Physical and Mechanical Properties of *Alnus glutinosa*, Sum. List 84 (9/10), 273-289.
33. Bozkurt, A.Y., Ağaç Teknolojisi, İ.Ü Orman Fakültesi Yayın No: 3403/380, İstanbul, 1986.
34. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin N., Emprenye Tekniği, İ.Ü. Yayın No:3779, Orman Fakültesi Yayın No:425, İstanbul, 1993.
35. Walther, S., and Matela, W., Properties of Particleboard Made with a Core Layer of Hardwood Particles, Przemysl, Przewny, 27 (11), (1976), 13-15.
36. Küçük, Y., Kızılağaç Odunundan Yonga Levha Üretimi ve Teknolojik Özelliklerinin Saptanması, OAE Yayınları Teknik Bülten Serisi, Seri No: 115, (1978), 19-26.
37. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:378, İstanbul, 1986.
38. Çolakoğlu, G., Kavak (*Populus x. Euramericana* I-214) ve Kızılağaç (*Alnus glutinosa* subsp.) Kontrplaklarının Tutkallama Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 1993.