

## Lif Kıvrıklığının Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununun Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Yener GÖKER, Nusret AS, Turgay AKBULUT, Türker DÜNDAR

I.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı,  
80895 Bahçeköy, İstanbul-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 14.07.1998

**Özet:** Bu makalede; Kızılçam ağaçlarında lif kıvrıklığının, odunun bazı mekanik özelliklerini nasıl etkilediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme materyali olarak Antalya Orman İşletme Müdürlüğü, Çakırlar İşletme şefliği bölgesi, Ambar yatağı mevkiinden değişik oranlarda lif kıvrıklığı içeren 17 adet ağaç alınmış ve çalışmalar, bu ağaçlar lif sapması oranlarına göre 5 grupta toplanmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre eğilme direncinde % 10 lif sapmasına kadar, eğilmede Elastikiyet modülünde ise % 15 lif kıvrıklığına kadar bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Basınç gerilmelerinde % 20 veya biraz daha fazla lif kıvrıklığına müsaade edilebilir. Odunda lif kıvrıklığı mevcut ise teğet yönde, diyagonal liflilik varsa radyal yönde makaslama gerilmelerinin oluşturulması tercih edilmelidir. Dinamik eğilme direncinde % 10' a kadar lif kıvrıklığına müsaade edilebilir. Sertlik değerinin de lif kıvrıklığından etkilendiği ortaya konulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Lif Kıvrıklığı, Kızılçam, Mekanik özellikler.

### The Effects of Spiral Grain on some Mechanical Properties of Calabrian Pine (*Pinus Brutia* Ten.) Wood.

**Abstract:** The effects of spiral grain on some mechanical properties of Calabrian pine wood were studied. For this purpose, 17 sample trees were taken from Çakırlar region, Antalya district. The experimental trees were classified into five groups according to the values of spiral grain angles as follows: 0- 5 % , 5-10 % , 10-15 % , 15-20 % , and > 20 %.

No difference was found in bending strength and modulus of elasticity, up to 10 and 15 % spiral grain degrees, respectively. A spiral grain of 20 % or higher can be permitted in compression stresses. If wood has a spiral grain, a tangential shearing test should be used, and if it has a diagonal grain, a radial shearing test should be used. In impact bending, up to 10% spiral grain can be permitted. It was found that the hardness values were also affected by spiral grain.

**Key Words:** Spiral grain, *Pinus brutia*, Mechanical properties.

### Giriş

Lif kıvrıklığı, odunsu hücrelerin (lif, trahe ve traheidler) gövde eksenine paralel olarak değil de, bu eksenle küçük ya da büyük bir açı oluşturarak değişik yönlerde spiral şekilde gövde etrafında seyretmesi ile meydana gelmektedir.

Lif kıvrıklığı gövde içinde sağa, sola ya da her iki yöne doğru olabilmektedir. Ayrıca bu oluşum iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda özden çevreye doğru ve toprak seviyesinden tepe tomurcuğuna kadar yön ve sapma derecesi bakımından farklılık gösterebilmektedir.

Lif kıvrıklığının hangi sebeplerle meydana geldiği henüz kesin olarak bilinmemekle birlikte, çeşitli araştırmacılar tarafından değişik teoriler ileri sürülmüştür.

Bunlar arasında genetik faktörlerin etkisi ilk planda gelmektedir. Örneğin; At kestanesi (*Aesculus hypocestaneum*) ve *Casuarina equisetifolium* genelde kıvrık liflidir(1). Ayrıca bu oluşum üzerine kambiyumda meydana gelen dinamik kuvvetlerin, yetişme ortamı özelliklerinin, ve bu arada rüzgar, kar yükü, eğim, yükselti vb. ekolojik faktörlerin, meşçere tipi, sıklığı, yaş gibi silvikültürel faktörlerin etkisi mevcuttur. Bir kısım araştırmacılar ise bu oluşuma, doğada esasen var olan spiral (helezon) oluşturma eğiliminin sebep olduğunu ileri sürmekte ve bunu normal bir oluşum olarak kabul etmektedirler(1).

Her ne kadar bazı araştırmacılar lif kıvrıklığının bir büyüme kusuru olmayıp, normal bir oluşum olduğunu ve

hatta ağaçlarda düzgün lifliliğin normal olmayan bir durum olduğunu ileri sürseler de (1), lif kıvrıklığı yuvarlak odun ve biçilmiş kerestelerin, diğer masif ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli oranda etkileyen bir büyüme kusurudur. Makinelerde işleme özelliklerini, çalışma özelliklerini, dayanımını, eğilme, bükülme, torsiyon özelliklerini, kesme ve soyma kaplama üretimini etkilemekte, yuvarlak odunlarda uygun olmaması kuruma çatlaklarına, kuruma sonucu çarpılmalara, yuvarlak dikili tel direklerinde çürümenin hızlanmasına ve çarpılmalara, traverslerde liflere dik yönde basınç direncinin aşırı azalmasına neden olmaktadır.

Lif kıvrıklığı hem yapraklı, hem de iğne yapraklı ağaçlarda oldukça sık görülen bir büyüme kusurudur. iğne yapraklı ağaçlardan çam, ladin, göknar, melez gibi türlerde bulunabilmekle birlikte, özellikle çamlarda fazla oranda rastlanır.

Ülkemiz ormanları içerisinde iğne yapraklı ağaç türlerinin %38,5' i çamlardan oluşmakta ve özellikle kızılçam toplam orman alanlarının %15,4' ünü kapsayan önemli bir iğne yapraklı tür olarak karşımıza çıkmaktadır (2). Yaklaşık olarak 3 milyon hektarlık alanda saf ve karışık meşçereler oluşturmaktadır. Alan olarak en fazla yayılışını Antalya (378010 ha.) da yapmaktadır.

Kızılçam reçine üretiminin yanı sıra, odunu çok değişik alanlarda kullanılabilen bir türdür. Tel direği, maden direği, yapı malzemesi, yat ve tekne yapımı, ambalaj sandığı, çit direği, alet ve sandıklarda, kağıt ve selüloz sanayiinde değerlendirilebilmektedir.

Odun kalitesi üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu ve kullanım değerini düşürdüğü kabul edilen lif kıvrıklığı, yerli tomruk ve kereste standartlarında ele alınmış ve istatistik testlere göre kabul edilebilir sınır değerleri belirlenmiştir. Ancak Türk Standartlarında (TS) verilen bu sınır değerler, yerli ağaçlarımız üzerinde yapılan bilimsel araştırmalara dayanmayıp, genel olarak diğer ülkelerin standartlarından esinlenerek kabul edilmiştir.

Bununla birlikte ülkemizde hiç bir ağaç türünde lif kıvrıklığının ağacın teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırma konusu yapılmamıştır. Bu bağlamda, bu araştırmanın amacı, ülkemiz ormanlarında önemli bir konuma sahip kızılçam ağaçlarında lif kıvrıklığının, odunun bazı mekanik özelliklerini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmak ve kabul edilebilir sınır değerlerini belirlemektir.

## Materyal ve Metod

Deneme ağaçları Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü, Çakırlar İşletme şefliği, Ambar Yatağı mevkiinden alınmıştır. Deneme

alanı 119 no' lu bölme içerisinde kalmaktadır. Bölmenin yükseltisi 550 m, eğimi: % 35 civarındadır. Meşçere saf kızılçam meşçeresidir. Değişik yaş, çap ve boyda ağaçlara sahip bir kuruluştadır. Ağaçların bu bölgeden alınmasının nedeni o anda söz konusu bölgede üretim yapılıyor olmasıdır. Deneme ağaçlarının tespit edilmesi amacıyla alandaki ağaçların göğüs çapları ölçülerek ortalama göğüs çapı bulunmuştur. Daha sonra ortalama göğüs çapına sahip olan ağaçlar arasında araştırma amacına uygun oranlarda lif kıvrıklığı gösteren ağaçlar belirlenmiştir.

Araştırmanın amacına bağlı olarak alınması gereken deneme ağaçları, lif kıvrıklığı oranına göre 5 grupta toplanmış ve her grupta kaç adet ağaç bulunması gerektiği daha önceden belirlenmiştir. Lif kıvrıklığı derecesinin gövdede dıştan içe doğru bir miktar değişebileceği göz önüne alınarak kesin derecelendirme yerine % 0-5, 5-10 vb. sınıflandırmalar yapılmış ve ağaçlar bu gruplara dahil edilmiştir. Belirlenen gruplar ve lif sapma dereceleri aşağıda verilmiştir.

| Lif Kıvrıklığı Oranı (%)          | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | > 20 |
|-----------------------------------|-----|------|-------|-------|------|
| Alınan Deneme Ağacı Sayısı (Adet) | 5   | 3    | 3     | 3     | 3    |

Deneme ağacı olarak alınabilecek fertlerin özellikle çürük, çok budaklı, çatallı, eğri, azman ya da cılız olmamasına dikkat edilmiştir. Ayrıca deneme ağaçları üzerinde değişik lif sapmalarının mekanik özellikleri nasıl etkilediğini belirleyebilmek için diğer bütün faktörler aynı tutulmuştur. Ağaç çaplarının birbirine yakın olmasına, yaşlar arasında fazla bir fark olmamasına özen gösterilmiştir. Deneme ağaçları, özellikle çevreye yakın son 5 cm' lerinde eşit sayıda yıllık halka olacak şekilde seçilmeye çalışılmıştır. Deneme ağaçları doğu yöne bakan yamaçlardan alınmıştır.

İstenilen özelliklere uygun olan ağaçların kesimden önce kuzey yönleri işaretlenmiş ve  $d_{1,30}$  (Göğüs yüksekliği) çapları bir kompas yardımı ile ölçülmüştür. Çapları ölçülen ağaçlar 0,30 m yükseklikten kesildikten sonra kuzey yönde kabuksuz gövde üzerinde Scribe test (Çizgi metodu) ile lif kıvrıklığı derecesi tespit edilmiş, dip kütükte yıllık halkalar sayılmak suretiyle ağacın yaşı bulunmuş ve son 5 cm içerisindeki yıllık halkaları sayılmak suretiyle de istenilen özelliklere sahip ağaçlar belirlenmiştir. Bu ağaçların 2-4 m'lik gövde kısımlarından 1,5 m boyunda tomruklar alınmıştır. Alınan materyalin birer en kesit yüzeyine kuzey yönü işaretlenmiş ve ağaç numaraları yazılmıştır.

Uzunlukları 1,5 m olan tomruklardan önce Kuzey-Güney, sonra Doğu-Batı doğrultularında olmak üzere 6 cm kalınlığında ve özü kapsayacak şekilde kalaslar çıkarılmıştır. Deneme materyali daha sonra İ.Ü. Orman

Fakültesine nakledilmiş ve doğal kurutma için bir süre bekletilmiştir.

Araştırmada uygulanan test metotları, ilgili Türk standartlarından faydalanılarak belirlenmiştir. Eğilme deneyinde TS 2474 (3), Eğilmede elastikiyet modülünde ortadan tek noktadan yükleme (4), Dinamik eğilme direncinde TS 2477 (5), Liflere paralel basınç deneyinde TS 2595 (6), Makaslama deneyinde TS 3459 (7), Statik sertlik (Janka) deneyinde TS 2479 (8) uygulanmıştır.

### İstatistik Değerlendirme

Deneyler sonucunda her toplum (Lif kıvrıklığı sınıfı) için aritmetik ortalama (X), standart sapma (s), varyans ( $s^2$ ) istatistik parametreleri bulunmuştur. Daha sonra varyans analizi yapılmış ve değişik derecelerdeki lif kıvrıklığının ortalama direnç değerleri üzerindeki etkisinin istatistik anlamda önemli olup olmadığı araştırılmıştır. Önemli bir farklılık çıkması durumunda Duncan testi uygulanarak hangi lif kıvrıklığı sınıflarının etkili olduğu belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda farklılık çıkmaması durumunda, varyansların karşılaştırılması için Bartlett testi uygulanmıştır. Bilindiği gibi toplumların aynı ana topluma ait olabilmeleri için hem aritmetik ortalamalarının ve hem de varyanslarının eşit olması gerekmektedir (9).

### Bulgular

Elde edilen deney sonuçları toplu halde tablo 1' de verilmiştir.

### Sonuç ve Tartışma

#### Eğilme Direnci

Yapılan testler sonucunda ortalama eğilme direnci değerleri, değişik lif kıvrıklığı dereceleri için 652,51 kgf/cm<sup>2</sup> ile 874,67 kgf/cm<sup>2</sup> arasında farklılık göstermektedir.

Duncan testi sonucunda %10 lif kıvrıklığına kadar sınıflar arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık olmadığı bulunmuştur. Diğer bütün lif kıvrıklığı sınıfları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Genel olarak %10 lif kıvrıklığından sonra, sapma miktarının artmasına bağlı olarak direnç değerleri düşme göstermektedir ve bu istatistik anlamda lif kıvrıklığından kaynaklanan bir düşüştür. %10 lif kıvrıklığından sonra, her sınıf için %12 oranında bir azalma olmaktadır.

Literatürde (10), %10 lif sapmasındaki direnç azalması %19 oranında iken, %20 lif kıvrıklığında eğilme

direncinde azalma miktarı %45' tir. Araştırmada %10 lif kıvrıklığı derecesine kadar önemli bir farklılık bulunmazken, %20 lif kıvrıklığında azalma miktarı %25 olarak bulunmuştur. Aynı literatürde verilen değerler incelendiğinde %10 lif kıvrıklığından sonra eğilme direnci değerlerinde daha hızlı bir azalma olduğu görülmektedir.

Kızılçamın eğilme gerilmelerine maruz kaldığı kullanım yerlerinde %10' a kadar bir lif kıvrıklığına müsaade edilebileceği, bu araştırma sonuçlarından saptanmış bulunmaktadır.

#### Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü ortalama değerleri, değişik lif kıvrıklığı dereceleri için 69563,5 kgf/cm<sup>2</sup> ile 99996,2 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Yapılan istatistik testler sonucunda çoğu lif kıvrıklığı sınıfları arasında bu özellik bakımından anlamlı farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır.

%10 lif kıvrıklığı değerinden %20 değerine kadar elastikiyet modülü değerlerinde hızlı bir azalma (%18 oranında) söz konusu iken, daha sonra azalma hızı düşmektedir. %0-5 lif kıvrıklığı sınıfı ile %10-15 sınıfı arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığından, %15 lif kıvrıklığına kadar kızılçamda bu kusura izin verilebileceği sonucuna varılabilir.

%0-5 ile %5-10 grupları arasında anlamlı bir farklılık söz konusudur. Ancak bu farklılık direnç azalması ile değil artması şeklinde olmaktadır. Bu nedenle direnç azalmasına bağlı olarak oluşan anlamlı farklılık %15 lif sapmasından sonra gerçekleşmiştir.

#### Liflere Paralel Yönde Basınç Direnci

Basınç gerilmesi, ağaç malzemenin kullanım yerlerinde en fazla maruz kaldığı gerilmelerden bir tanesidir. Elde edilen ortalama değerler 382,57 kgf/cm<sup>2</sup> ile 430,69 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Genel anlamda lif kıvrıklığının artmasına bağlı olarak basınç direncinde bir azalma söz konusu ise de bu direnç azalması %15 lif sapmasından sonra önemli çıkmamıştır.

Düşük lif kıvrıklığı derecelerinde (%15' e kadar) direnç değerlerinde ortalama %5,7' lik azalma meydana gelmiştir. Ancak bu azalma oranı eğilme ve E- modülünde oluşan azalma oranından çok daha düşük bulunmuştur. Söz konusu dirençlerde bu azalma daha çok, yüksek lif açılarında meydana gelirken, basınç direncinde az da olsa direnç azalması, düşük lif açılarında meydana gelmiştir.

Literatürde verilen (10) değerler dikkate alındığında, %6,6 lif kıvrıklığına kadar liflere paralel basınç direncinde bir azalma olmaz iken, %10 lif kıvrıklığında sadece %1, %20 lif kıvrıklığında ise %7 oranında bir azalma meydana gelmektedir. Bu araştırmada ise, %5-10 lif kıvrıklığı

Tablo 1. Mekanik Direnç Değerleri.

| DENEY TÜRÜ                  | SEMBOL                     | LİF KIVIRIKLIĞI DERECESESİ |          |           |           |          |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|-----------|-----------|----------|
|                             |                            | 0-5                        | 5-10     | 10-15     | 15-20     | >20      |
| EĞİLME DİRENCİ              | X (kg/cm <sup>2</sup> )    | 857.36                     | 874.67   | 780.84    | 695.58    | 652.51   |
|                             | S                          | 17.26                      | 65.06    | 212.31    | 199.71    | 22.29    |
|                             | S <sup>2</sup>             | 298.13                     | 4232.31  | 10388.70  | 39883.71  | 496.81   |
|                             | N                          | 58                         | 38       | 42        | 33        | 34       |
| EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ | X (kg/cm <sup>2</sup> )    | 88323.20                   | 99996.20 | 85116.10  | 72021.40  | 69563.50 |
|                             | S                          | 5522.10                    | 9663.60  | 10388.70  | 27396.40  | 4085.70  |
|                             | S <sup>2</sup>             | 30493810                   | 93380907 | 108000000 | 750562824 | 16692960 |
|                             | N                          | 55                         | 38       | 39        | 33        | 36       |
| BASINÇ DİRENCİ              | X (kg/cm <sup>2</sup> )    | 430.69                     | 407.97   | 384.46    | 382.57    | 384.13   |
|                             | S                          | 38.87                      | 12.47    | 36.51     | 2         | 89.59    |
|                             | S <sup>2</sup>             | 1511.03                    | 155.42   | 1333.25   | 4.010     | 8026.84  |
|                             | N                          | 101                        | 60       | 61        | 55        | 59       |
| MAKASLAMA DİRENCİ           | X (kg/cm <sup>2</sup> )    | 65.41                      | 72.48    | 71.53     | 84.21     | 86.25    |
|                             | S                          | 13.90                      | 15.54    | 16.16     | 23.56     | 16.09    |
|                             | S <sup>2</sup>             | 193.23                     | 241.38   | 260.99    | 554.97    | 258.95   |
|                             | N                          | 73                         | 47       | 45        | 45        | 45       |
| DİNAMİK EĞİLME DİRENCİ      | X (kgm/cm <sup>2</sup> )   | 0,26                       | 0,28     | 0,18      | 0,20      | 0,18     |
|                             | S                          | 0,0296                     | 0        | 0,0249    | 0,1671    | 0,0377   |
|                             | S <sup>2</sup>             | 0,00087                    | 0,000001 | 0,0006    | 0,0279    | 0,0014   |
|                             | N                          | 109                        | 61       | 55        | 59        | 46       |
|                             | ENİNE                      | 422,65                     | 393,27   | 387,85    | 407,49    | 398,78   |
|                             | X(kg/cm <sup>2</sup> )RAD. | 324,45                     | 319,8    | 309,86    | 332,98    | 322,79   |
|                             | TEĞET                      | 346,52                     | 335,02   | 320,72    | 347,68    | 333,79   |
| STATİK SERTLİK (JANKA)      | ENİNE                      | 158,37                     | 91,75    | 28,89     | 98,18     | 39,95    |
|                             | SRADYAL                    | 46,57                      | 7,3      | 8,33      | 75,89     | 3,99     |
|                             | TEĞET                      | 1,33                       | 30,34    | 177,88    | 159,72    | 47,34    |
|                             | ENİNE                      | 25080,5                    | 8417,39  | 834,39    | 9639,53   | 1596,3   |
|                             | S <sup>2</sup> RADYAL      | 2169,19                    | 53,29    | 69,44     | 5758,61   | 15,91    |
|                             | TEĞET                      | 1,77                       | 945,09   | 31644,64  | 25510,4   | 2240,96  |
|                             | ENİNE                      | 69                         | 56       | 52        | 45        | 45       |
|                             | NRADYAL                    | 73                         | 54       | 52        | 45        | 45       |
|                             | TEĞET                      | 74                         | 52       | 51        | 45        | 45       |

sınıfında dirençte meydana gelen azalma %5,6, %10-15 lif kıvrıklığı sınıfında ise %12 civarındadır.

Basınç gerilmeleri için %20 lif kıvrıklığına kadar müsaade edilebilmektedir (11). Bu araştırmada ise zaten

%15 lif kıvrıklığından sonra değerler arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır. Böylece, basınç gerilmeleri için %20 ve hatta biraz daha fazla (%25) lif kıvrıklığına izin verilebileceği sonucuna varılmıştır.

### Makaslama Direnci

Araştırmada yapılan radyal makaslama denemeleri sonucunda değişik lif kıvrıklığı sınıfları için bulunan makaslama direnci ortalama değerleri 65,41 kgf/cm<sup>2</sup> ile 86,25 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir.

Denemede radyal yönde makaslama yapılmıştır. Bilindiği gibi liflere dik yöndeki makaslama direnci, liflere paralel yöndekine nazaran oldukça düşüktür (12). Diğer bir ifade ile lif açısı arttıkça makaslama direnci düşmektedir. Çalışmada, lif kıvrıklığı artışına bağlı olarak ortalama makaslama direnci değerlerinde bir artma görülmektedir. Bunun nedeni şudur; deney esnasında örnekler büyük çoğunlukla (düzgün lifliler hariç) makaslama yüzeyi olarak kabul edilen yerden değil, daha büyük makaslama yüzeyleri oluşturacak şekilde lif kıvrıklığı yönünde kırılmışlardır. Ancak, bulunan kırma yükü, önceden alanı hesaplanmış bulunan (kırılması gereken yüzey) kopma alanına bölündüğünden değerler daha büyük çıkmışlardır. Ayrıca lif kıvrıklığı artışına bağlı olarak daha geniş alanlı makaslama yüzeyleri oluştuğundan, kırma yükü de (Pmax) artış göstermiş ve böylece makaslama direncinde yükselme gözlenmiştir.

Gerçekleşen makaslama alanları önceden tahmin edilip ölçülebilmemiş olsa idi, elde edilecek makaslama direnci değerleri daha düşük çıkabilirdi. Ayrıca belirli bir lif açısına sahip makaslama örneklerinde radyal makaslama deneyleri yapılırken, oluşan makaslama gerilmelerinin yanı sıra yarılma gerilmeleri de oluşmaktadır. Bu da direnci düşürücü etki yapmaktadır. Bunların yanısıra, deneyde kullanılan aparatın kama etkisi göstermesi de söz konusu olabilmektedir. Bu da direnç azalmasına sebep olabilen bir faktördür.

Bütün bu faktörlerin etkisi ile genel olarak makaslama direnci lif kıvrıklığının artmasına bağlı olarak düşme gösterecektir. Bulunan bu bulguların ışığında, lif kıvrıklığına sahip örneklerde sıhhatli makaslama deneyleri için (kopmanın önceden öngörülen yüzeyde gerçekleşmesi için) teğet doğrultuda makaslama yapmak gerekir. Diyagonal lifli materyalde ise teğet makaslama yapılmamalıdır. Çünkü, o zaman bu araştırmada karşılaşılan durumla karşılaşılacaktır. Bu tip örneklerde radyal makaslama yapılmalıdır. Yukarıda bahsedilen nedenlerle, yapılan istatistik testlerin sonuçları burada yorumlanmamıştır.

Taşıyıcı eleman olarak ağaç malzemenin kullanılması durumunda, makaslama gerilmelerinin söz konusu olduğu yerlerde, spiral lifli ağaç malzemenin radyal makaslama gerilmeleri oluşacak şekilde, diyagonal lifli ağaç malzemenin ise teğet makaslama gerilmeleri oluşacak

şekilde konumlandırılması bir avantaj sağlayabilir. Çünkü bu durumlarda kıvrıklığın miktarına bağlı olarak daha büyük makaslama yüzeyleri oluşur ve direnç değerlerinde bir artma olur.

### Dinamik Eğilme Direnci

Ağaç malzeme, bazı kullanım yerlerinde (alet sapı, ambalaj, döşeme, spor malzemesi vb.) şok şeklinde yüklemelere de maruz kalabilmektedir. Bu tür yüklemelere karşı koyma derecesini saptayabilmek için dinamik eğilme direnci araştırılmıştır.

Araştırmada değişik lif kıvrıklığı sınıfları için bulunan ortalama şok direnci değerleri 0,18 ile 0,28 kgm/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Yapılan Duncan testi sonucunda %10 lif kıvrıklığına kadar anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. %10-15 lif kıvrıklığı sınıfında şok direnci %50'ye varan bir azalma göstermektedir. Literatürde de (10) dinamik eğilmenin %6,6 (yaklaşık %7) lif kıvrıklığından sonra hızlı bir şekilde düştüğü ifade edilmektedir. Çalışmamızda bu hızlı düşüşün %10 lif kıvrıklığından sonra gerçekleştiği saptanmıştır. %15 ile %20'den büyük lif kıvrıklığı derecelerinde şok direncinin büyük oranlarda etkilenmediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kızılçamın dinamik eğilme gerilmelerine maruz kaldığı yerlerde %10 lif sapmasına kadar olan kusura izin verilebileceği söylenebilir. Bu değer literatürde (13,14,11) %4 olarak verilmektedir. Ancak % 4 değeri genel olarak verilmiştir.

### Statik Sertlik (Janka)

Mobilya, doğrama, yer döşemesi vb. maksatlarda kullanılacak ağaç malzeme için sertlik bir anlam ifade etmektedir. Anizotrop olan odunun değişik yönlerinde özellikleri farklılık göstereceği için sertlik deneyleri de radyal, teğet ve enine kesitler üzerinde yapılmıştır.

Çalışmada bulunan sertlik değeri, enine kesitte 387,85 ile 422,65 kgf/cm<sup>2</sup> arasında, radyal kesitte 309,86 ile 332,98 kgf/cm<sup>2</sup> arasında, teğet kesit sertliği ise 320,72 ile 347,68 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Deneyler sonucunda teğet kesit sertlik değerleri bütün lif kıvrıklığı sınıflarında radyal kesitten yüksek çıkmıştır. Lif kıvrıklığına bağlı olarak böyle bir sonucun çıktığı söylenebilir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, lif kıvrıklığına bağlı olarak üç değişik kesitteki ortalama sertlik değerlerinin bir farklılık göstermediği anlaşılmıştır. Ancak, varyanslar arasında anlamlı bir farklılık olduğu (0,001 güven düzeyinde) yapılan Bartlett testi ile anlaşılmıştır.

Kızılçamın da içinde bulunduğu ve ülkemizde doğal olarak yetişen çam cinsi ağaçlar çok değişik alanlarda

kullanım yerleri bulmaktadır. Geniş çapta inşaat kerestesi ve doğrama malzemesi olarak, yeraltı ve yerüstü kullanım yerlerinde, direk (tel, maden, çit direkleri) olarak, ambalaj endüstrisinde, travers, kaplama, kontrplak, mobilya üretiminde, kağıt sektöründe vb. yerlerde kullanılmaktadır.

Türk Standartları Enstitüsünce çıkarılmış bulunan bazı standartlarda, kullanım yerlerine bağlı olarak ağaç malzeme kalitesini ortaya koyabilmek için, bulunabilecek değişik kusur oranlarına göre bir sınıflandırma söz konusudur. Bu bağlamda söz konusu standartlarda lif kıvrıklığı dereceleri çeşitli kalite sınıfları için verilmiş bulunmaktadır.

Örneğin 'TS 5005(15) Çam Kerestesi (Genel Amaçlar İçin)' standardında, değişik tipteki malzemeler için öngörülen maksimum lif kıvrıklığı değerleri % olarak şu şekildedir:

|                   | I. Sınıf | II. Sınıf | III. Sınıf | IV. Sınıf   |
|-------------------|----------|-----------|------------|-------------|
| Tahta ve Kalaslar | 3        | 10        | 20         | Bulunabilir |
| Kadron ve Latalar | 5        | 20        | -          | -           |

Aynı standartta önemli kereste kusurları içerisinde lif kıvrıklığı da belirtilmiştir. Ancak lif kıvrıklığının sola ya da sağa doğru olup olamayacağı hususunda bir ifade yoktur. Konu ile ilgili diğer standartlarda da aynı durum söz konusudur. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre, yapılan deney tiplerine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, genel olarak izin verilebilecek en yüksek lif

kıvrıklığı değeri %10 olarak kabul edilebilir. Ancak bu sonuç kızılcım için geçerlidir.

TS 1465 (16) de 'Ambalajlık kereste yapımında kullanılan odunda bulunabilecek lif kıvrıklığı oranları yuvarlak odunlarda %15, yarma odunlarda %10'u geçemez' denmektedir; Aslında kızılcım için bu rakamlar düşüktür. Çünkü, normal olarak kızılcım %10-15 lif sapmalarında özelliklerinde önemli oranda bir düşme göstermemektedir. Ambalajlık odunun düşük değerli olmasına karşılık seçilen bu rakamlar, araştırma sonuçlarına göre kızılcımlar için düşük bulunmuştur.

'TS 5032 (17), Denizde Kullanılan Ahşap Kazıklar' standardında ise müsaade edilen maksimum lif kıvrıklığı değeri %10 olarak verilmiştir. Bu kullanım yerinde liflere paralel basınç gerilmeleri önem kazanmaktadır. Çalışmada liflere paralel basınç direnci üzerine lif kıvrıklığının etkisi %20 sapma miktarına kadar önemli bulunmamıştır. Ancak bu değer kısa dikmeler için geçerli olabilir. Uzun dikmelerdeki lif kıvrıklığının etkisi ayrı bir araştırma konusudur. 'İğne Yapraklı Yuvarlak Yapı Odunları' standardında (18) ise lif kıvrıklığına ilişkin bir sınırlama getirilmemiştir. Örneklerde de görüldüğü gibi çoğu standartlarda verilen lif kıvrıklığı sınır değerleri kızılcım için küçük kalmaktadır. Yapılacak diğer çalışmalarla ülkemizde yetişen diğer çam türlerinde lif kıvrıklığının etki derecesi ortaya konulmalı ve çam cinsi için standartlarda verilen lif kıvrıklığı sınır değerleri irdelenmelidir. Benzer çalışmalar diğer ağaç türleri için de yapılmalıdır.

## Kaynaklar

1. Harris, J.M.: Spiral grain and wave phenomena in wood formation. Spring- verlag Berlin, Heidelberg, New York , London-Paris-Tokyo , 1989.
2. OGM, Türkiye Orman Envanteri, POGM yayın no:13/630, 1980.
3. TS 2474 : Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini .TSE, 1976.
4. Bozkurt, Y., Göker, Y. : Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders kitabı, I.Ü. Yayın No:3944, O.F. Yayın No: 436, İSTANBUL, 1996.
5. TS 2477: Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini. TSE, 1976.
6. TS 2595 : Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini. TSE, 1977.
7. TS 3459: Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini. TSE, 1980.
8. TS 2479 : Odunun Statik Sertliğinin Tayini. TSE, 1976.
9. Kalıpsız, A.: İstatistik Yöntemler. Rektörlük No: 3522. Fakülte No: 394, I.Ü. Orman Fak. Yayın no: 394, I.Ü. Orman Fak., İSTANBUL, 1988.
10. F.P.L.: Wood Handbook wood as an Engineering material. Agric. Handbook 72. Rev. Washington, DC:VS. Department of Agriculture, Chapter 4., 1987.
11. Boas,H.: Cross, Diogonal and spiral grain in timber.CSIRO Aust. For. Prod. Dis. Trade Cire. 13, 11 PP., 1933.
12. Berkel, A.: Ağaç Malzeme Teknolojisi, I.Ü. Yayın No: 1448, Orman Fak. Yayın No: 147, İstanbul, 1970.
13. Wilson,T.,R.,C.: The effect of spiral grain on the strenght of wood. J. For. 19.740-747, 1921.
14. Koehler: The properties and uses of wood. McGraw-Hill, New York, 354 PP., 1924.
15. TS 5005: Kereste: Çam kerestesi, Genel Amaçlar için. TSE, 1987.
16. TS 1465 : Odun (Ambalajlık Kereste Yapımında Kullanılan). TSE, 1974.
17. TS 5032 : Ahşap Kazıklar-Denizde kullanılan. TSE, 1987.
18. TS 1266 : Yğne Yapraklı Yuvarlak Yapı Odunları. TSE, 1974.