

GAN AKKAYAN

SERİ B

CİLT XVI

SAYI 2

1966

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



AĞAÇ MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Yazan :

Doç. Dr. A. Yılmaz BOZKURT

Ağaç malzemenin mekanik özellikleri onun dış kuvvetlere karşı koyma ve uygunluğunun ölçüsüdür. Dış kuvvetler denildiğinde her hangi belirli bir ağaç malzemeyi dışarıdan yapılan etki ile onun büyüklük veya şeklini değiştirmeye zorlayan kuvvetler anlaşılmalıdır. Şekil değişimleri —ki buna deformasyon da denmektedir— ağaç malzeme içersinde de teşekkül edebilirler. Ancak böyle bir değişme, meselâ rutubet miktarındaki değişikliklerle vuku bulur. Bunu meydana getiren kuvvetler ise ağacın mukavemet özelliklerinden ziyade onun fiziksel özellikleri ile ilgilidir. Mekanik özellikler yapı ve inşaat maksatları için ağaç malzemenin bu gibi kullanım yerlerine uygunluğunu tayin ederler ve mobilya, nakil vasıtaları, âletler ve âlet sapları gibi daha bir çok kullanım yeri için önem taşırlar. Aslında ağaç malzemedен bir veya daha fazla mukavemet özelliği aramayan hemen hemen hiç bir kullanım yeri yoktur.

Ağaç malzemelerde mukavemet özellikleri kullanım yerlerinde yapılacak tecrübelerle tespit edileceği gibi ekseriyetle laboratuvar deneyleri yardımı ile tayin edilmektedir. Zira laboratuvar denemeleri zamandan ve materaliden büyük tasarruf sağlamaktadır. Bundan başka laboratuvardaki tatbik edilen metod ve kullanılan aletleri standardlaştırmak kolay olup tabiattekinden daha fazla yük tesir ettirmek de kabil olmaktadır. Laboratuvar araştırmalarının maksatlarından biri de ağacın direnç özellikleri için her bir birim sahaya düşen miktarı tayin etmektir. Maamafih bunlar ağacın kompleks yapısından mütevellit her tecrübeye kolayca elde edilebilen değerler değildir. Yapılabilenin en iyisi ortalama değerleri bulmak, bu ortalama değerinin alt ve üstündeki değişme miktarlarını tespit ve bu değişmeyi doğuran sebepleri meydana çıkarmaktan ibarettir.

Ağaç malzemenin mukavemet özellikleri arasında en önemlileri olarak (1) Çekme gerilmesi, (2) Basınç gerilmesi, (3) Eğilme gerilmesi, (4) Elestikiyet modülü, (5) Dinamik eğilme (Şok) gerilmesi, (6) Makaslaşma gerilmesi, (7) Yarıma gerilmesi ve (8) Sertliği saymak kabildir.

Bu mukavemet çeşitlerine girmeden önce Gerilme, Şekil değişimi (Deformasyon) ve Elestikiyetten bahsedecek olursak konunun daha iyi öğrenilmesi sağlanacaktır. Şimdi bunları sırasıyla tetkik edelim ve ağaç malzemelerdeki tesirlerini öğrenelim.

Gerilmeler :

Katı bir cisim üzerine herhangi bir kuvvet tatbik edildiği zaman bu katı cismin şeklin de az veya çok bir takım değişmeler vuku bulmaktadır. Katı cismin iç kısmında ise bu Şekil değişmelerine mani olmak için bir takım iç kuvvetler teşekkül etmektedir. Şayet dışarıdan tesir ettirilen kuvvet pek fazla değilse bir zaman sonra içerde teşekkül eden kuvvetlerle dış kuvvet arasında bir denge husule gelecektir. İşte bu iç kuvvetlerin birim değerine pratikte Gerilme adı verilmektedir. Bu tarihten de anlaşılacağı üzere Gerilme birim sahaya isabet eden kuvvettir ve bunu şu formülle göstermek mümkün olmaktadır.

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad (1)$$

Burada (σ) gerilme, (P) kuvvet veya yük, (F) ise kuvvetin tatbik edildiği enine kesit sahasıdır. (P) kg. ve (F) cm² ile ifade edildiğinde (σ) nin dimenzionu kg/cm² olur.

Mesela, 25 cm uzunluk ve 5×10 cm enine kesitindeki bir ağaç malzeme üzerine 1000 kg. lık bir kuvvet tatbik edilsin. Burada teşekkül eden Basınç gerilmesini hesaplayalım.

Verilen değerlere göre P=1000 kg, F=5×10=50 cm² dir. (1) eşitliğinde bilinenleri yerine koyacak olursak, Basınç gerilmesi

$$\sigma_B = \frac{P}{F} = \frac{1000}{50} = 20 \text{ Kg/cm}^2$$

olarak bulunacaktır. Burada (σ_B) basınç gerilmesini ifade etmektedir.

Tabiatıyla bu formülden faydalanılarak daha önceden basınç gerilmesi ve tatbik edilen yük miktarı belli olan bir ağaç malzemenin asgari ölçülerini hesaplamakta kabil olabilmektedir.

Meselâ, herbir köşesinde çam kazıkları bulunan bir tesis üzerine 44 ton ağırlığında bir makine oturtulmuş bulunsun. Her bir kazığın eb'adını hesaplayalım. Her bir kazık üzerine düşen ağırlık miktarı $P=11000$ Kg. dir. Çam kazıklarında liflere paralel basınç gerilmesi ise $\sigma = 440$ Kg/cm² olduğuna göre

$$F = \frac{P}{\sigma} = \frac{11\ 000}{440} = 25 = a^2$$

Buradan kare kesitli bir kazık için $a = 5$ cm bulunur.

Şekil değişimleri (Deformasyon) :

Herhangi bir ağaç malzemeye dışarıdan bir kuvvet tesir ettirilmediği müddetçe onun şekil ve büyüklüğünde vuku bulacak bir değişmeden bahsedilemez. Halbuki kafi derecede bir dış kuvvet tatbik edilecek olursa tabii şekil ve büyüklük değiştirilmiş olacaktır. Ağaç malzeme de bu Şekil değişmesi veya Deformasyon basınç halinde, kuvvetin tatbik edileceği istikamette bir azalma, çekme halinde bir uzama, eğilme halinde ek-senden uzaklaşma şeklinde ortaya çıkmakta olup pratikte bu Deformasyonun veya Şekil Değişmesinin birim değerine Birim Şekil değişmesi veya sadece Şekil değişmesi adı verilmektedir. Şekil değişmesi mm veya cm ile ölçülmekte ve daima birim uzunluktaki değer olarak ifade edilmektedir. Tarifinden de anlaşılacağı üzere Birim Şekil değişmesini şu formülle belirtmek mümkün olmaktadır.

$$e = \frac{dl}{l_0} \quad \text{cm/cm} \quad (2)$$

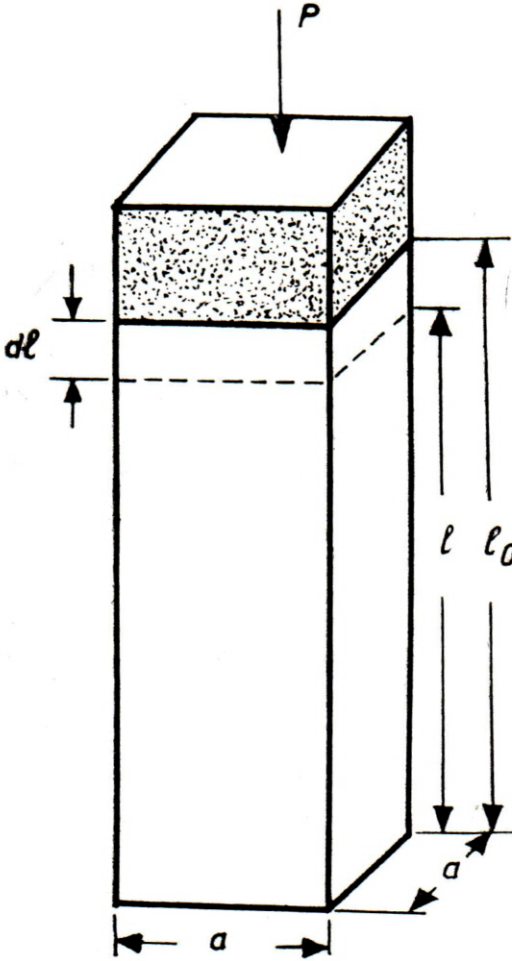
Burada (e) Birim şekil değişmesini, ($dl = l_0 - l$) deformasyonu ve (l_0) ise (Şekil 1) de görüldüğü gibi ağaç malzemenin kuvvetin tesir ettiği istikamette başlangıçtaki uzunluğunu temsil etmektedir.

Meselâ, 20 cm uzunluğundaki bir ağaç malzeme, boyuna istikamette yük tatbik edilmek suretiyle 0,5 cm kısalmış bulunsun. Burada Birim şekil

değişmesini bulmak istersek (2) numaralı formülde bilinenleri yerine koymak icap edecektir. Şöyle ki:

$$e = \frac{0,5}{20} = 0,025 \text{ cm/cm}$$

bulunur.



Şekil 1 : Liflerle paralel yönde basınç tesiri altında kalan ağaç bir numunede meydana gelen Şekil değişimi (Deformasyon).

Şekil değişmesi boyuna bir değişme olduğu gibi saha ve hacim itibarıyla değişme de olabilir. Meselâ, bir ağaç malzemeye basınç tatbik edilirse uzunlukta meydana gelen kayıp (azalma), yanlarda meydana gelen bir genişleme ile birlikte vuku bulmaktadır. Maamafih ağaç malzeme de basınç istikametinde dik yöndeki bu değişme son derecede az olmaktadır ve bundan dolayı hesaplarda nazarı itibara alınmamaktadır.

Ağaç malzeme Elestikiyet modülü :

Şekil değişmesi gerilmenin bir neticesi olduğuna göre bunlar arasındaki münasebeti matematik bir eşitlikle ifade etmek mümkündür. Bu husus ilk defa 1676 da Robert Hooke tarafından ele alınmış olup bu münasebet Hooke kanunu olarak bilinmektedir. Bu kanuna göre elestiki sistemlerde Gerilme, Şekil değişmesi ile doğru orantılıdır. Böylece

$$\frac{\text{Gerilme}}{\text{Şekil değişmesi}} = K = \frac{\sigma}{e} \text{ veya } \sigma = K e \quad (3)$$

yazılabilir. Burada (K) ile gösterilen bir sabite olup Elestikiyet modülü olarak bilinmektedir ve ağaç malzemelerle ilgili problemlerde (E) ile gösterilmektedir.

$$\sigma = E e \text{ veya } E = \frac{\sigma}{e} \quad (3.1)$$

Elestikiyet modülü dış kuvvetler tarafından tesir altında bulundurulmuş bir sistemde, onu tabii büyüklük ve şeklini muhafaza etmesi için zorlayan ve yük kaldırıldığında tekrar orijinal şekline ulaştırılmasına sebep olan bir özelliktir.

Tazyik esnasında veya kuvvet tatbiki esnasında Gerilme ve Deformasyon arasındaki münasebetin doğru orantılı olması sadece belirli bir noktaya kadar câridir. Bu noktadaki gerilme, Elestikiyet sınırındaki gerilme olarak bilinmekte ve bu noktaya Elestikiyet Sınırı adı verilmektedir. Bu noktanın ötesinde ise Şekil değişmesi, kırılmaya sebep olabilmekte ve gerilme miktarından daha fazla nisbette artmaktadır. Elestikiyet sınırındaki gerilme aşıldıktan sonra Gerilme ve Deformasyon arasında oranlılık bozulduğu için artık ($\sigma = E.e$) eşitliği cari değildir. Bu sınırdan sonra tatbik edilen yük kaldırıldığında ağaç malzeme orijinal şekline ve hacmine

dönemez. Buna da Dâimi Şekil değişmesi denir. Artık Elestik deformasyon değil Plâstik deformasyon bahis mevzuudur.

Elestikiyet modülü hakkında diğer bir eşitlik de (σ) ve (e) nin değerlerinin formülde yerine konulması ile elde edilebilir. Bu taktirde

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{P/F}{dl/l_0} = \frac{P.l_0}{F.dl} \quad (3.2)$$

elde edilir.

Bu formül tetkik edildiğinde de anlaşılmaktadır ki, ağaç malzemenin uzunluğu ve enine kesiti sabit kalmak şartı ile tatbik edilen kuvvet ve meydana gelen Şekil Değişmesi orantılı olup biri arttıkça diğeri de artmaktadır.

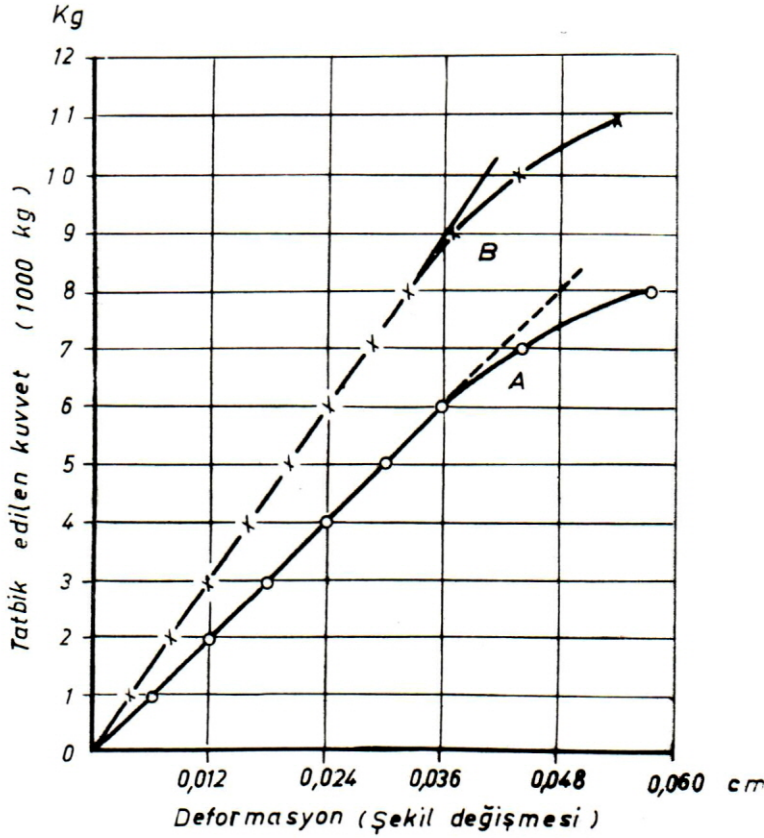
Elestikiyet Modülü (E), Elestikiyet sınırı altında sabit bir değerdir. Şayet Gerilme ve Birim Şekil değişmesi veya tatbik edilen kuvvet ve toplam şekil değişmesine ait deneme neticeleri bir grafik kâğıdı üzerine, Kuvvet (y) eksenini, ve Şekil değişmesi (x) ekseninde gösterilecek şekilde taşınırsa, elastik münasebeti gösteren bir grafik elde edilir. Bu grafik, Gerilme-Deformasyon eğrisi olarak bilinmektedir. Meselâ, $5 \times 5 \times 15$ cm eb'adında 2 adet ağaç numuneyi liflere paralel yönde basınca tabi tutalım. Denemeler neticesinde elde edilen Yük ve Şekil değişmeleri (Tablo : 1) de gösterildiği şekilde olsun.

TOBLO 1 : $5 \times 5 \times 15$ cm boyutlarında iki ağaç numunede Gerilme - Deformasyon değerleri.

P Kg	(A) dl cm	(B) dl cm	P Kg	(A) dl cm	(B) dl cm
0	0	0	6000	0,036	0,024
1000	0,006	0,004	7000	0,044	0,028
2000	0,012	0,008	8000	0,058	0,032
3000	0,018	0,012	9000	---	0,037
4000	0,024	0,016	10000	---	0,044
5000	0,030	0,020	11000	---	0,054

Buradaki değerlerden faydalanarak her iki numuneye ait Yük - Deformasyon eğrilerini çizelim. Herhangi bir durumda Elestikiyet modülünü bulmak istersek çizdiğimiz eğrilere göz atmak kâfidir. Bu eğrilere dikkat edecek olursak A numunesinde Yük - Deformasyon eğrisinin $P_1 = 6000$ Kg. ve B numunesinde ise $P_2 = 8000$ Kg. nin ötesinde orantılı olmadığı görüle-

cektir. Bu itibarla daha önce de belirtildiği gibi bu noktalar Elestikiyet sınırı olup her bir ağaç numune için Elestikiyet sınırındaki Lif gerilme miktarı olarak alınmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2 : 5 x 5 x 15 cm boyutlarında iki ağaç numune için liflere paralel basınç ile meydana gelen Yük-Deformasyon eğrileri

Bu lif gerilmesinin değeri ise (1) numaralı formülde yerine konacak ve her bir numune için ayrı ayrı hesaplanacak olursa

$$\sigma_A = \frac{P_1}{F_1} = \frac{6000}{25} = 240 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ve}$$

$$\sigma_B = \frac{P_2}{F_2} = \frac{8000}{25} = 320 \text{ Kg/cm}^2$$

bulunacaktır.

Bu bilgilerden istifade etmek suretiyle her bir ağaç numuneye ait Elestikiyet Modülünü Elestikiyet sınırına kadar olan kısım içinde her hangi bir noktaya ait Yük (P) ve Deformasyon (d_1) çifti değerlerinden faydalanarak hesaplamak mümkün olmaktadır.

$$E_A = \frac{P_1 \times l_0}{F_1 \times dl} = \frac{4000 \times 15}{25 \times 0,024} = 100\ 000 \text{ Kg/cm}^2$$

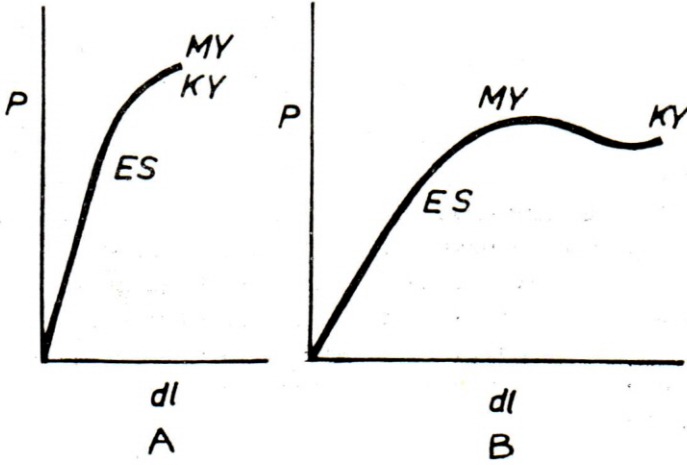
$$E_B = \frac{P_2 \times l_0}{F_2 \times dl} = \frac{6000 \times 15}{25 \times 0,024} = 150\ 000 \text{ Kg/cm}^2$$

Grafikler tetkik edilecek olursa numune (B) ye ait eğrinin değerlerindeki muayyen bir yük için Deformasyon, numune (A) dakinden daha az bulunduğu görülecektir. Bu da göstermektedir ki numune (B), numune (A) dan daha az elastikidir. Yani (B) numunesinin odunu, (A) numunesinden daha serttir. Hesaplamalar neticesinde de anlaşılmaktadır ki (B) numunesinin Elestikiyet Modülü (A) dan daha büyüktür. Grafiklerden (B) numunesinde Elestikiyet sınırındaki Lif gerilmesinin değeri (A) ninkinden daha yüksek olduğu bariz bir şekilde görülmektedir. Bundan şu neticeler çıkmaktadır:

1. Elestikiyet sınırındaki Lif gerilmesi bir cismin mukavemetinin ölçüsüdür.
2. Elestikiyet modülü bir cismin elastiklik ölçüsüdür.

Daha önce de belirtildiği gibi, şayet ağaç numune üzerine basınç yapılmasına daha devam edilecek olursa elastikiyet sınırından sonra Deformasyon, Yük'den daha hızlı bir şekilde artacaktır. Böylece Elestikiyet sınırından sonra artık Yük ve Deformasyon arasında bir oranlılık kalmamaktadır. Elestikiyet sınırına kadar olan kısımda yük kaldırıldığında numune tekrar eski şekil ve büyüklüğünü aldığı halde bu sınırdan sonraki yüklemelerde yük kaldırıldığında ağaç numune artık eski şekil ve büyüklüğüne dönememektedir. Zira bu taktirde daimi bozulma veya deformasyon hali husule gelmektedir. Yüklemedeki devamlı artış sonunda ağaç malzeme nihayet mukavemet edemez ve kırılmaya sebebiyet verilir. İşte bu kırılma anında tespit edilen yüke Maksimum yük adı verilir. Ancak bu yükten sonra daha bir müddet ağaç numune, tatbik edilen kuvvete karşı koyabilir ve daha sonra kırılma husule gelebilir. Burada teşekkül eden yüke ise Kırılma yükü denir ve daima Maksimum yükten küçüktür. Ancak her zaman

böyle iki yük bahis mevzuu olamaz. (Şekil 3) de de görüleceği üzere bilhassa yaş haldeki ağaç numunelerde Maksimum yükten sonra kırılma meydana gelmez ağaç numune daha bir müddet mukavemet ettikten sonra Maksimum yükten daha az bir yükte kırılır. Kuru haldeki ağaç numunelerde ise simum yük ile Kırılma yükü birbirine eşittir.



Şekil 3 : Liflere paralel basınçta yaş ve kuru ağaç numunelerinde meydana gelen Yük-Deformasyon eğrileri. A = Kuru ağaç malzemedeki, B = Yaş ağaç malzemedeki, ES = Elastikiyet sınırı, MY = Maksimum yük, KY = Kırılma yükü, P = Kuvvet ve dl = Deformasyon.

Basınç mukavemetinde Maksimum gerilme, o andaki kuvvetin numune enine kesit sahasına bölünmesi ile elde edilmektedir.

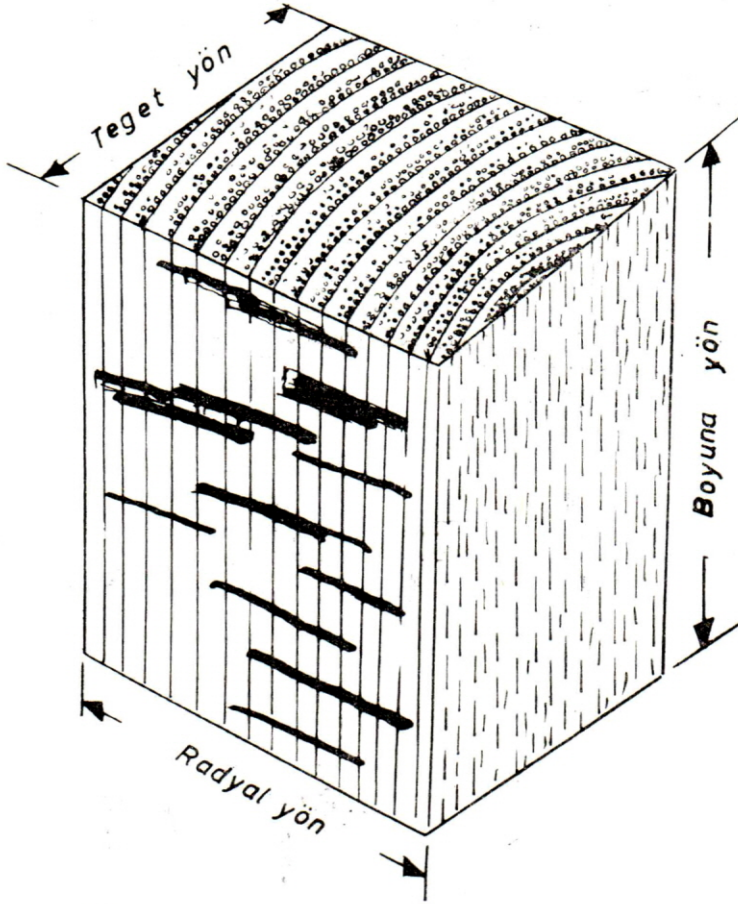
$$\sigma_{\max} = \frac{P_{\max}}{F} \text{ Kg/cm}^2 \quad (4)$$

Ağaç malzemenin yapı eksenleri :

Ağaç malzeme, yapısı itibarıyla pek çok inşaat malzemesinden farklı bulunmaktadır. Esasen izotropik bir madde olan yani her yönde aynı mekanik ve elastik özellikler gösteren çelik gibi maddelere benzemeyen ağaç malzeme, birbirine dik üç yönde ayrı özellikler göstermektedir. Bu üç istikamet (Şekil 4) de gösterildiği üzere liflere paralel, öz ışınları istikameti yani radyal ve yıllık halkalara teğet yönlerdir. Bu yönlerin ağaç malzemedeki

bulunmasının sebebi, onu teşkil eden elemanların değişik yönlerde yerleşmesinden ileri gelmektedir. Ağaç malzemedeki elastik ve mukavemet özellikleri bundan dolayı her üç istikamette başkadır. Maamafih liflere paralel yön ile liflere dik yön arasında fazla fark bulunmamakta olup, teğet ve radyal yönler arasında genellikle büyük farklar mevcut değildir.

Şimdi sırasıyla çeşitli gerilme nevelerini inceleyelim.



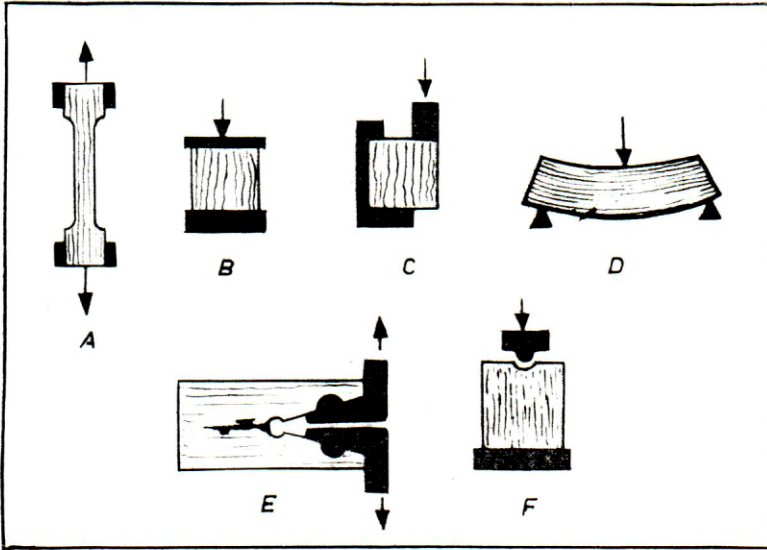
Şekil 4 : Ağaç malzemedeki mevcut yapı eksenleri

1 Çekme gerilmesi

Çekme direnci bir ağaç malzemeyi iki ucundan kavrayarak onu koparmaya veya ayırmaya çalışan kuvvetler neticesinde meydana gelmektedir.

tedir. Neticede kuvvetin tatbik edildiği istikamette bir uzama meydana gelir ve yapılan iş de basıncın aksidir. Liflere paralel ve dik istikamette iki tip çekme direnci bahis mevzuudur. Ağaç malzemede tesbit edilen en büyük direnç liflere paralel çekme direncidir. Liflere paralel çekme direnci liflerin mukavemetine bağlıdır ve anatomik elemanların dimenzionları ve tipleri değil aynı zamanda onların dizilişleri ile de değişmektedir. Bu direnç çeşidi kalın zarlı ve düzgün lifli ağaç malzemelerde en büyük değerine ulaşır. Budaklar, lif kıvrıklığı veya diyagonal liflilik çekme direncini azaltıcı tesir yapmaktadır. Çünkü liflere dik istikamette çekme direnci daha azdır. Denemeler neticesinde öğrenilmiştir ki liflere paralel yöndeki çekme direnci liflere dik yöndekinden 40 misli daha fazladır. Liflere dik çekme gerilmesi (Şekil 5A) da görüldüğü gibi iki uçundan çekilerek kopma anındaki yük tespit edilmek ve enine kesit sahasına bö-

lünmek suretiyle tayin edilmektedir. Bu maksat için $\sigma = \frac{P}{F}$ (1) formülü kullanılmakta ve elde olunan değer Kg/cm^2 olarak değerlendirilmektedir. Sarı çamda liflere paralel çekme gerilmesi 1040 Kg/cm^2 ve Meşede 900 Kg/cm^2 dir. Liflere dik çekme gerilmesi ise Meşede 40 Kg/cm^2 ve Sarı çamda 30 Kg/cm^2 dir.



Şekil 5 : Çeşitli Direnç neveleri. A = Liflere paralel çekme, B = Liflere paralel basınç, C = Makaslama, D = Eğilme, E = Yarıлма ve F = Sertlik

2. Basınç gerilmesi :

Ağaç malzemeyi ezmeye ve sıkıştırmaya karşı çalışan kuvvetlere karşı gösterilen dirençtir. Bu da liflere dik ve paralel olmak üzere iki çeşittir.

Liflere dik basınç direnci : Bu tip yüke mâruz kalan ağaç malzeme de iki durum mevcuttur. Birinci halde yük ağaç malzemenin tamamına tesir ettiği halde, ikincide yük ancak belirli bir kısmına tesir ettirilmektedir. Bu ikinci hal, meselâ pratikte bir rayın traves üzerine oturması halinde olduğu gibi çok rastlanan bir durum olup ekseriyetle denemeler bu esasa istinat ettirilmektedir. Bu şekilde elde olunan gerilme değerleri kirişlerde temas sahalarının hesaplanmasında ve demiryolu traversleri için çeşitli ağaç türlerinin elverişliliğini tespit etmede kullanılmaktadır.

Liflere paralel basınç direnci : Bu direnç nevi maden direkleri, çit kazıkları ve dikmeler gibi ağaç malzemelerin mukavemetleri bakımından önemlidir. Maamafih uzun ağaç malzemelerde tam kırılma direncine erişilmeden evvel eğilme vuku bulmaktadır. Böyle uzun direklerdeki bu yük, kritik yük olarak bilinmektedir. Uzunluğu enine kesit kenarlarından en küçüğünün 11 katından büyük olan ağaç malzemeler uzun, küçük olanlar ise kısa ağaç malzeme olarak bilinmekte ve hesaplamalar ona göre yapılmaktadır. Liflere paralel basınca ait laboratuvar denemeleri ekseriyetle $2 \times 2 \times 3$ cm eb'adındaki numuneler üzerinde yapılmaktadır (Şekil 5 B). Elde olunan değerler kırılma gerilmesi, elastikiyet sınırındaki Lif gerilmesi ve Elestikiyet modülüdür. Daha önce de belirtildiği gibi basınç gerilmesi ve Elestikiyet modülü şu formüller yardımı ile hesaplanmaktadır:

$$\sigma_B = \frac{P}{F} \quad (2.1)$$

$$E = \frac{P \times l}{F \times dl} \quad (2.2)$$

Elde olunan değerler Kg/cm² cinsindedir. Elestikiyet sınırındaki Lif gerilmesini bulmak için Maksimum yük yerine Elestikiyet sınırındaki yük alınmaktadır. Basınç gerilmesi, dikme ve direklerin eb'adının tayininde kullanılmaktadır. Maksimum kırılma gerilmesi ile Elestikiyet sınırındaki Lif gerilmesi arasında oldukça daimi bir münasebet mevcuttur. Yapraklı ağaçlarda Elestikiyet sınırındaki gerilme Kırılma gerilmesinin % 75

ini, İbrelî ağaçlarda ise % 80 ini teşkil etmektedir. Elestikiyet modülü ise uzun dikme ve direk boyutlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Liflere paralel basınç gerilmesi liflere dik gerilmeden 3 ilâ 10 defa büyüktür. Kürsümüzde yapılan araştırmalara göre Uludağ göknarında liflere paralel basınç gerilmesi 358,3 Kg/cm² olarak bulunmuştur. Sapsız meşede bu mukavemet daha yüksek olup 606 Kg/cm² dir.

3. Makaslama gerilmesi :

Ağaç malzemenin iki bitişik kesitini birbirinden ayırmak için aksi istikamette tesir eden ve aynı düzlem içersinde itmek suretiyle lifleri birbirinden ayırmaya çalışan kuvvetlere karşı gösterilen dirençtir. Makaslamanın üç muhtelif şekli vardır. Bunlar liflere paralel, liflere dik ve liflere meyilli makaslama gerilmeleridir. (Şekil 5-C) de de görüldüğü gibi yukarıdan tatbik edilen bir kuvvet yardımı ile ağaç malzeme, bir kayma sathı üzerinde birbirinden ayrılmak için zorlanmaktadır. Muhtelif birleşme yerlerinde kullanılan ağaç çiviler liflere dik makaslama misal teşkil etmektedir. Meyilli makaslama ise esas itibariyle kısa direk ve dikmelerde liflere paralel basınç veya çekme esnasında tesadüf olunmaktadır.

Liflere dik makaslama liflere dik basınçla çok yakından ilgili olup elde olunan değerler her iki gerilme nevinde de birbirine çok yakındır. Bundan dolayı bu hususta özel tecrübeler yapmakla çok az fayda sağlanabilmektedir. Bununla beraber liflere paralel makaslama gerilmesi çok önemlidir. Makaslama gerilmesi de iki sathı birbirinden ayırmak için gerekli liflere paralel maksimum yükün enine kesit sahasına bölünmesi ile tayin edilmektedir.

$$\sigma_M = \frac{P}{F} \text{ Kg/cm}^2 \quad (3.1)$$

Meyilli makaslama mukavemetinin hesaplanmasında makaslama sathı ekseriyetle eksen ile 45° lik bir açı yapmaktadır. Bu taktirde

$$\sigma_M = \frac{P}{2 F} \quad (3.2)$$

formülü ile hesaplama yapılır. Şayet açı 45° den farklı bulunuyorsa

$$\sigma_M = \frac{P}{F \sin \alpha \cos \alpha} \quad (3.3)$$

formülünden istifade edilmektedir.

Liflere paralel makaslama gerilmesi Sarı çamda 100 Kg/cm^2 ve Meşe de ise 110 Kg/cm^2 dir.

4. Statik eğilme gerilmesi :

Statik eğilme direnci, bir veya iki tarafından tespit edilmiş ağaç malzemenin, liflere dik olarak tesir eden ve onu eğmeye çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği dirençtir. Ekseriyetle kiriş şeklinde kullanılan ağaç malzemenin mukavemet hesaplarında faydalanılmaktadır. Statik eğilme gerilmeleri laboratuvarında iki ucundan serbestçe oturtulan dik dörtgen veya kare kesitli $2 \times 2 \times 30 \text{ cm}$ eb'adındaki numunelerin ortasından yük tatbik edilmek suretiyle tayin edilmektedir (Şekil 5 D). Bunun için de şu formülden faydalanılmaktadır.

$$\sigma_E = \frac{3 P l}{2 b h^2} \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (4.1)$$

Burada (l) mesnet açıklığını, (b) numune genişliğini ve (h) ise numune yüksekliğini ifade etmektedir.

Dik dörtgen kesitli kirişlerde tatbik edilen kuvvet ile diğer ölçüler arasında şu münasebetler mevcuttur.

- (1) Aynı genişlik ve yükseklikteki kirişlerde yük mesnet açıklığı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Mesnet açıklığı iki misli artarsa kirişin kaldıracağı yük yarıya iner.
- (2) Yükseklik ve mesnet açıklığı aynı olan kirişlerde yük genellikle doğru orantılıdır. Genişlik iki misli olursa kirişin kaldıracağı yükte iki misli artar.
- (3) Aynı genişlik ve mesnet açıklığını havi kirişlerde ise yük yüksekliğin karesi ile doğru orantılıdır. Şayet kirişin yüksekliği iki misli artarsa kirişin kaldıracağı yük 4 misli artmaktadır.

Maamafih eğer eğilmeye maruz kalacak bir ağaç malzemenin yüksekliği genişliğinin 4 mislini aşacak olursa yüklenme esnasında çarpılma meydana gelmektedir. Eğilmede, Kırılma gerilmesi yanında Elestikiyet sınırındaki Lif gerilmesi de hesap edilmektedir. Ancak Elestikiyet sınırındaki Lif gerilmesi her ne kadar Elestikiyet sınırı içindeki yükü temsil etmekte ise de Emniyet

gerilmelerinin hesaplanmasında Kırılma gerilmesi kadar güvenilir bir değer değildir. Bunun hesaplanmasında da aynı formül kullanılmakta olup sadece Elestikiyet sınırındaki yüke göre hesaplar yapılmaktadır.

Elestikiyet modülü bir kirişte eğilmeye veya deformasyona mukavemet etme kabiliyetinin ölçüsüdür. Elestikiyet modülünün hesaplanmasında yük Elestikiyet sınırındaki yüküdür. Kiriş ve benzeri âğaç malzemelerde eğilme miktarının ve uzun dikme ve direklerde ise emniyet yüklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Basit bir kirişte yük ortadan tatbik edildiğine ve kiriş uçlarının serbest oturtulmuş bulunduğuna göre Elestikiyet modülü şu formül yardımı ile hesaplanır:

$$E = \frac{P_1 l^3}{48 y I} \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (4.2)$$

Burada (E) elestikiyet modülü, (l) mesnetler arasındaki açıklık cm, (y) P_1 yükü esnasındaki azami eğilme miktarı cm, (P_1) Elestikiyet sınırındaki yük Kg, ve (I) numunenin enine kesitinin Atalet momenti cm^4 dir. Dik dörtgen kesitli bir kiriş bahis mevzuu olduğunda formül

$$E = \frac{P_1 l^3}{4ybh^3} \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (4.3)$$

olacaktır. Burada (b) kirişin genişliği cm, ve (h) ise kirişin yüksekliği cm dir.

Eğilme miktarı olan (y) ye tesir eden faktörler şunlardır:

(1) Aynı genişlik ve yüksekliği havi kirişlerde eğilme miktarı mesnetler arasındaki mesafenin küpü ile doğru orantılıdır. Mesnet aralığı üç defa artarsa eğilme miktarı 27 defa artmaktadır.

(2) Aynı yükseklik ve mesnet açıklığında eğilme miktarı, genişlik ile ters orantılıdır. Genişlik üç misli arttırılırsa eğilme miktarı $1/3$ ü kadar artış gösterecektir.

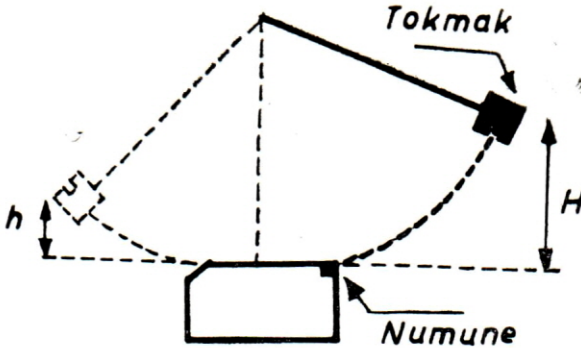
(3) Aynı genişlik ve mesnet açıklığını havi kirişlerde ise eğilme miktarı yükseklikle ters orantılıdır. Şayet yükseklik üç defa artarsa eğilme miktarı onun $1/27$ si kadar artmaktadır.

Memleketimiz ağaç türlerinden Uludağ göknarında eğilme gerilmesi 708 Kg/cm² ve Meşede ise 1185 Kg/cm² olarak bulunmuştur. Sarı çamda Elestikiyet modülü 120 000 Kg/cm², Sapsız meşede ise 113 000 Kg/cm² dir.

5. Dinamik eğilme gerilmesi (Şok) :

Dinamik eğilme gerilmesi ağaç malzemenin ani tesir eden kuvvetlere karşı gösterdiği gerilmedir. Pratikte bu çeşit kuvvetlere maruz kaldığı çoktur. Bir uçağın kanatlarına çarpan ani fırtına, bir âlet sapında vuruş esnasında meydana gelen darbe tesiri, spor aletlerindeki çarpmalar ve ambalaj sandıklarının maruz kaldığı çarpma ve vurmalar, bu tesire misal olarak gösterilebilir. Bazı ağaç türlerinde şok neticesi meydana gelen kırılmalarda, kırılma satırları uzun lifli ve kıymıklı bir durum gösterir. Bu nevi ağaçlara şoka mukavim ağaçlar tabir edilmektedir. Buna mukabil bazı ağaç türleri de vardır ki kırılma kesiti uzun kıymıklı olmayıp düz ve kısa kıymıklıdır. Bu nevi ağaçlara da gevrek ağaçlar adı verilmektedir.

Dinamik eğilme mukavemeti muhtelif aletler ve metodlar yardımı ile tayin edilmekle beraber Avrupa ve memleketimiz standartlarına göre pandül şeklide ve muayyen ağırlıktaki madeni bir cismin, belli bir (H) yüksekliğinden ağaç numune üzerine tesir ettirilmesiyle dinamik eğilme tayin edilmektedir. Çarpma çekici (H) yüksekliğinden numune üzerine serbest bir şekilde düşürülmekte ve çarpma çekici bu hareketi esnasında çarparak numuneyi kırmakta ve hareketine devam ederek (h) yüksekliğine çıkmaktadır. Çarpma çekici haiz olduğu kinetik enerjinin bir kısmını numuneyi kırmak için sarfedeceğinden diğer tarafta çekicinin yüksekliği daima (H) dan küçüktür ve (H-h) numuneyi kırmak için sarfedilen iş miktarını vermektedir (Şekil 6). Kırılma esnasında bertaraf edilen iş mik-



Şekil 6 : Dinamik eğilme (şok) direncinin bulunmasını izah eden bir şema

tarı (A), alet üzerinde Kg m cinsinden okunmakta ve bu iş miktarı enine kesit sahasına bölünerek Kg/cm² cinsinden şok veya dinamik eğilme gerilmesi bulunmuş olmaktadır.

$$a = \frac{A}{b.h} \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (5.1)$$

Burada (A) Kg m olarak kırılma anındaki iş miktarı, (b) deneme çıtasının genişliği ve (h) çıtanın yüksekliğidir. Uludağ göknarında ortalama dinamik eğilme direnci 0,36 Kg/cm² ve Meşede ise 0,68 Kg/cm² olarak bulunmuştur.

6. Yarılma direnci :

Yarılma direnci ağaç malzemenin kama şeklinde ve onu yarmağa çalışan bir cisme karşı gösterdiği dirençtir. Yakacak odunların hazırlanmasında düşük yarılma direnci arzu edilirse de, yarılma direncinin yüksek olması ağaç malzemenin iyi çivi ve vida tutma kabiliyetini göstermesi itibarıyla daha çok arzu edilen bir mekanik özelliktir. Yarılma direnci de laboratuvarında özel surette hazırlanan kusursuz numuneler yardımı ile tayin edilmektedir (Şekil 5-E). Yarılma sathı liflere paralel, fakat ya radyal ya da teğet istikamette olmaktadır. Yarılma gerilmesi de şu formül yardımı ile hesaplanmaktadır:

$$\sigma_Y = \frac{P}{b.h} = \frac{P}{A} \quad \text{Kg/cm}^2 \quad (6.1)$$

Burada (σ_Y) yarılma gerilmesi, (P) yarılma anında tatbik edilen maksimum kuvvet ve $b.h=A$ ise yarılma kesit yüzeyidir.

Bir çok ağaç türü odunu öz ışınları boyunca yıllık halkalara teğet istikametinden daha kolay yarılmaktadır. Bu ağaç neveleri meşe, kayın ve çınar gibi geniş öz ışınlarını havi ağaçlardır. Elestikiyet modülü düşük ve liflere dik istikamette kohezyon kuvveti yüksek olan ağaç nevelerinde yarılma güç olur. Buna mukabil Elestikiyet modülü yüksek ağaç nevelerinde ise yarılma kolay olmaktadır. Memleketimiz ağaç türlerinden Uludağ göknarında yarılma gerilmesi öz ışınlarına paralel yönde 2,2 Kg/cm², yıllık halkalara teğet yönde 2,9 Kg/cm² dir.

7. Sertlik :

Ağaç malzeme içersine girmeye çalışan herhangi bir cisme karşı gösterilen dirençtir. Sertlik, ağaç malzemenin çeşitli aletlerle mekanik bir şekilde işlenmesi esnasında önemli olan bir özelliktir. Sertlik derecesinin aşındırıcı kuvvetlere karşı tesiri de büyüktür. Ağaç türlerinde sertlik derecelerini tayin etmek için esas itibariyle iki metod vardır. Bunlar Brinell-Mörath metodu ile Janka metodudur. Janka metodunda çapı, 11,278 mm olan çelik bir küre yarısına kadar ağaç numune içersine girecek şekilde zorlanmakta ve bunun için lüzumlu kuvvet aletten Kg/cm² olarak doğrudan doğruya okunmaktadır. Bu çelik kürenin ağaç içersine giren kısmının sathı 1 cm² olmaktadır. Fakat deneme esnasında ağaçta görülen yanılma v.s. gibi kusurlar dolayısıyla memleketimizde daha ziyade madeni cisimlerin sertliğini tayin etmek üzere ortaya konmuş bulunan Brinell-Mörath metodu kullanılmaktadır. Bu metodda 10 mm çapında bir çelik küre çok yumuşak ağaçlarda 10 Kg, orta sertlikteki ağaçlarda 50 Kg ve çok sertlerde ise 100 Kg. basınç ile ağaç içersine tazyik edilmektedir (Şekil 5-F). Kürenin ağaç içersinde meydana getirdiği çukurun çapı ölçülmek suretiyle şu formülden faydalanılarak sertlik derecesi tayin edilmektedir.

$$H_B = \frac{2 P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \text{Kg/mm}^2 \quad (7.1)$$

Burada (H_B) Brinell sertlik derecesi, (P) basınç miktarı, (D) Brinell sertlik küresi çapı (10 mm), ve (d) ise çelik kürenin ağaç numune üzerinde açtığı çukurun çapıdır. Liflere dik fakat teğet ve radyal yönlerde yapılan denemelerde sertlik dereceleri arasında fazla fark bulunmamakta olup asıl fark liflere paralel istikametle dik istikametler arasındadır. Sertlik tayininde kullanılan daha bir takım metodlar var ise de burada bahsedilmeyecektir. Memleketimiz ağaç türlerinden Uludağ göknarında liflere paralel yönde sertlik derecesi 3,6 kg/mm², liflere dik yönde ise 1,2 Kg/mm² dir. Meşede ise liflere paralel yönde 6,6 Kg/mm² ve liflere dik yönde ise 3,4 Kg/mm² dir.

Türkiyede yetişen ağaç türlerimizde muhtelif araştırmacılar tarafından yapılmış bulunan denemeler neticesinde çeşitli gerilme neveleri için elde olunan değerler bir fikir vermek üzere (Tablo 2) de verilmiş bulunmaktadır.

L İ T E R A T Ü R

- Berkel, A.**, 1941 : Şark kayını (**Fagus orientalis**) nın Teknolojik vasıfları ve istimáli hakkında araştırmalar. Yüksek Ziraat Enstitüsü, Sayı 118, Ankara.
- " " 1943 : Kestane odununun önemli Teknolojik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar. Y. E. Dergisi Sayı 1.
- " " 1954 : Lübnan sediri (**Cedrus libanotica**)' nın teknik vasıfları ve kullanım yerleri hakkında araştırmalar. Orman Umum Müdürlüğü yayınlarından. No: 93, İstanbul.
- " " 1957 : Kızılcım (**Pinus brutia**) da teknolojik araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt VII, Sayı 1.
- " " 1960 : Doğu Lâdini (**Picea orientalis**) de Brinell sertlik denemeleri. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt X, Sayı 1.
- " " 1963 : Uludağ Göknarı (**Abies bornmülleriana** Mattfeld)'in önemli fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında araştırmalar. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından No. 89.
- Brown, H. P., Panshin, A. J. and Forsaith, C. C.** 1952 : Textbook of wood technology. Vol. II McGraw-Hill Book Com. Inc. New York.
- Eraslan, İ.**, 1947 : Doğu Lâdini (**Picea orientalis** Link and Caar) nin teknik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar. Orman Umum Müdürlüğü Yayınlarından. Ankara.
- Gürsu, İ.**, 1960 : Tokat mıntıkası Kayınlarının teknik vasıfları üzerinde yapılan bir çalışma. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, Temmuz 1960, Ankara.
- Gürsu, İ., und Bernhart, A.** 1964 : Struktur-und Eigenschaftsvergleiche an Traubeneichenholz verschiedener Herkunft. Forstw. Cbl. 83, Jg. 1964 (718) 222-247. Hamburg.
- Kollmann, F.**, 1951 : Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Aufl., Band 1, Springer Verlag, Berlin/München.
- Toker, R.**, 1953 : Türkiye Okalıptüs (**E. Rostrata**) ün maden direği bakımından teknik özellikleri hakkında araştırmalar. Orman Umum Müdürlüğü yayınlarından No: 120, Ankara.
- " " 1960 : Batı Karadeniz Sarıçamının teknik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar. Orman Araştırma Enstitüsü yayınlarından No. 10, Ankara.
- Toker, R., Şahin, M. ve İncekaş, L.** 1964 : Batı Karadeniz Köknarı Araştırmaları. İmar ve İskân Bakanlığı yayınları No: 5-18, Ankara.
- Wangaard, F. F.**, 1950 : The mechanical properties of wood, John Wiley and Sons, Inc., New York.