

**DOĞU LÂDİNİ (*Picea Orientalis* LINK. ET CARR.) İLE TOROS
KARAÇAMI (*Pinus Nigra* Var. *Caramanica* [Loud.] REHD.)
DAN BİRER AĞAÇTA LİF MORFOLOJİSİ ÜZERİNE DENEMELER**

Doç. Dr. A. Yılmaz BOZKURT.

(Orman Mahsüllerini Değerlendirme Kürsüsü)

G İ R İ Ş

Son zamanlarda yurdumuzda kâğıt ve selüloz sanayii ile ilgili gelişmeler memnuniyet vericidir. İzmit'teki kâğıt fabrikalarından sonra Çaycuma, Dalaman ve Aksu'da da yeni fabrikalar kurulmaya başlamış ve kısmen faaliyete dahi geçmişlerdir. Bu fabrikalarda genellikle yapraklı ve iğneyapraklı ağaç odunları işlenecek ve yakın gelecekte selüloz odunu tüketimimiz büyük rakamlara ulaşacaktır. İzmit'teki kâğıt fabrikalarında sülfite metodu uygulanırken, yeni fabrikalarda özellikle çamlardan sülfat selülozu ve yapraklı ağaçlardan, yarı kimyasal yol ile nötral sülfite selülozu elde olunacaktır. Eskiden sadece lif boyu ve lif çapı arasındaki oranın kâğıt özelliklerine etki yaptığı sanılmakta idi. Ancak yeni araştırmalar göstermiştir ki, kâğıt kalitesi üzerine bu lif özellikleri yanında hücre çeperi kalınlığının ve diğer lif ölçüleri ile arasındaki bazı münasebetlerin de etkisi bulunmaktadır. Bu itibarla memleketimizde tabii olarak yetişen ve kâğıt endüstrisinde kullanılacak ağaç türlerinin lif özelliklerinin bir an önce ortaya çıkarılmasında zaruret bulunmaktadır. Bugüne kadar çeşitli ağaç türleri odunlarının lif özellikleri hakkında bazı çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu araştırmaların kısa bir zamanda daha geniş bir şekilde ele alınması çeşitli ağaç türlerimizin bu bakımdan değerlendirilmeleri itibariyle faydalı olacaktır. Dört yıl kadar önce başlanmış ve hazırlanmış olan bu çalışmamızda Doğu Lâdini (*Picea orientalis* Link. et Carr.) ve Toros Karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica* [Loud.] Rehd.) da lif özellikleri tesbit edilmiştir. Bununla beraber lif boyutları hakkında daha kat'i değerlerin elde edilebilmesi için bu araştırmaların değişik yetiştirme muhitlerinden alınmış ağaç nümuneleri üzerinde yapılması gerekmektedir. Kâğıt yapımında evvelâ odun hamuru elde edilmekte ve daha sonra kâğıt imâl edilmektedir. Odun hamurunun elde olunması için

ise kullanılan metodları esas itibariyle dört esas gurupta toplamak mümkündür. Bunlar aşağıdaki şekilde belirtilebilir :

a. *Kimyasal yollarla odun hamuru elde edilmesi :*

Bu yolla odun hamuru elde edilmesinde odun yongacıklarından kimyasal muamele ile ligninin açığa çıkarılması esas gözönünde tutulmaktadır. Ligninin odundan ayrılması için ise Sülfat (kraft), Soda, ve Sülfite metodları uygulanmaktadır. Böylece odun içersindeki ligninin % 60 - 90 ı çıkartılabilmekte ve odun hamuru randımanı da % 45 - 60 arasında değişmektedir.

b. *Yarı kimyasal yol ile odun hamuru elde edilmesi :*

Yarı kimyasal metod ile odun hamuru elde etmede en önemli şekil nötral sülfite usulüdür. Bunun yanında yüksek randımanlı kraft ve yüksek randımanlı sülfite metodlarını da saymak faydalıdır. Bu usulde pişirmeden sonra öğütülme icabetmekte ve lignin kısmen çıkartılmaktadır. Böylece elde olunan verim % 55 - 80 gibi yüksek rakamlara ulaşmaktadır. Memleketimizde de son zamanlarda bu metodun uygulanmasına başlanmıştır.

c. *Kimyasal ve mekanik yolla odun hamuru elde etme :*

Soğuk soda, kimyasal mekanik odun hamuru, sıcak sülfite (nötral veya asit) selülozu, yüksek basınçlı buhar muamelesi ile selüloz elde etme bu guruba girmektedir. Bu metodlar özgül ağırlığı yüksek olan yapraklı ağaç odunlarından odun hamuru elde etmede kullanılmakta olup randıman % 80 - 95 kadardır.

d. *Mekanik odun hamuru elde etme :*

Genellikle paralama makinelerinde, dönen bir değirmen taşının yuvarlak halde ki gövde odunlarından liflerin kopartılması esasına göre odun hamuru elde edilir. Açık renkte ve özgül ağırlığı düşük odunlardan istifade edilir. Ligninin ayrılması bahis konusu değildir. Randıman % 95 kadardır. En eski odun hamuru elde etme usulüdür. Örneğin Şlâyferlik kâğıt odunu bu maksatlarda kullanılmaktadır.

Bu metodlar içinde randımanın yüksek olması bakımından Yarı Kimyasal Nötral Sülfite metodunun memleketimizde de önemli bir yer alacağı aşikârdır. (Huş, 1965, Tank, 1970 ve Huang, 1970).

1. Lif boyutları ve bunların ağaç içerisinde bulunuşları

Lif boyutları denildiğinde lif uzunluğu (L), lif çapı (D), Lümen çapı (d) ve çeper kalınlığı (W) anlaşılmaktadır. Bunlardan lif uzunluğu ağacın çeşitli yerlerinde değişik bulunmaktadır. Lif çapı, lümen çapı ve çeper kalınlığı ise esas itibariyle yıllık halka içerisinde bulunuş yerine göre değişmektedir. İlkbahar odunu tabakasında kalın çaplı, geniş lümenli ve ince çeperli lifler bulunduğu halde yazodunu tabakasında ince çaplı, dar lümenli ve kalın çeperli lifler görülmektedir. Tabiatıyla ağaç türlerinde de lif morfolojisindeki bu farklılıklar esas olmakla beraber, bazı değişmelerin de bulunabileceğini gözden uzak tutmamak lâzımdır. Ancak lif boyu arttıkça çeper de kalınlaşmaktadır. Çünkü kalın çeperli lifler yaz odununda bulunmakta, ve bu kısımdaki lifler uzun olmakta, ince çeperlilere ise ilkbahar odununda rastlanmakta ve bunlardan kısa lifleri teşkil etmektedir. Böylece lif boyları ağacın çeşitli yerlerinde değişik olmakta, örneğin; bir yıllık halka içerisinde, özden çevreye ve ağacın dip kısmından yukarısına gidildikçe farklı uzunlukta lifler bulunmaktadır. Lif boylarının ağaç içerisinde değişme şekilleri aşağıda verilmiştir :

1.1. Lif boyunun yıllık halka içerisindeki gidişi

İğne yapraklı ağaçlarda trakeidler ve yapraklı ağaçlarda lifler belirli bir yıllık halka içerisinde yaz odunu kısmında ilkbahar odunundan daima daha uzundur. İğne yapraklı ağaçlarda ilkbahar odunu ile yaz odunu trakeidlerinde boy bakımından % 12 - 25 nisbetler arasında bir fark vardır. Yapraklı ağaçlarda bu husus daha başka şekilde değişir. Meselâ uzunlukları 1 mm ve daha fazla olan lifler takriben % 15 bir fark gösterdikleri halde 1 mm den daha kısa olan liflerde bu fark % 75 - 80 kadar olmaktadır. Hücre boylarındaki bu azalma yıllık halkanın başında başlamakta ve azalma ilkbahar ve yaz odunu arasındaki sınıra kadar devam etmektedir. Trakeidler ya da liflerin maksimum uzunluğu, genellikle yaz odununda Vejetasyon periodu sonunda görülür. Hücre boylarındaki değişmeyi temsil eden eğriler yıllık halka boyunca ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin karakteri ile ilgilidir. Örneğin, Duglaslarda (*Pseudotsuga taxifolia* [Poir.] Britton) bu eğriler, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş âni olduğu için keskin çukurluklar teşkil edecek şekilde seyretmektedir. Buna karşılık şayet ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş tedrici ise, (*Pinus radiata* D. Don) da olduğu gibi, trakeidlerin uzunluklarındaki değişme bir daire testerede sırtı kütleştirilmiş üçgen dişlere benzemektedir.

Halkalı trakeli yapraklı ağaçlarda hemen hemen yıllık halkanın başındaki geniş lümenli ilkbahar odununun dar olan ilk kısmından itibaren yaz odununa doğru lif boylarında hızlı bir artış görülür. Kavak (*Populus*) gibi yumuşak odunlu yapraklı ağaçlarda ise halkalı trakeli ağaç türlerindeki nazaran lif boylarında daha tedrici bir artış vardır. Dağınık trakeli ağaç türlerinde durum daha değişik olup yıllık halka içerisinde büyük farklılıklar göstermemektedirler (Bisset and Dadswell, 1950). Trakeler de durum başka olup halkalı ve dağınık trakeli yapraklı ağaçların ilkbahar odununda, yaz odunundakilerden önemli derecede kısadırlar. Şekil ve seyir bakımından halkalı trakeli ağaç türlerinde liflerde görülen şekle benzemektedir (Panshin and DeZeeuw, 1964). Çekme odunu, ya da basınç odunu teşekkülü halinde lif boyları kısalmaktadır.

1.2. Lif boyu ile ağaç boyu arasındaki ilişki

Tek bir yıllık halka nazarı itibare alındığında lif boyları ağaç yüksekliğinin belirli bir yerine kadar artış göstermekte, bu yükseklikten sonra ise ağaç boyu arttıkça lif boylarında azalma olmaktadır. En üst kısımda lif boyu diğer kısımlara nazaran daha kısadır. Örneğin 51 m boyunda bir (*Eucalyptus regnans* F.v. M.) ağacında 50 nci yıllık halkada ağacın dip kısmında 1,00 - 1,10 mm, 15 m yükseklikte, 1,35 mm olup maksimuma çıkmakta, en tepe kısmında ise 0,6 mm ye düşmektedir. Böylece en uzun lifler 15 m yükseklikte bulunmaktadır. Buna karşılık 10 uncu yıllık halkada en uzun lif olan (1,0 mm) ye 3,0 m yükseklikte, yirminci yıllık halkadaki en uzun lif (1,20 mm) ye 9,0 metrede, otuzuncu yıllık halkada en uzun lif ise 15 m yükseklikte teşekkül etmektedir. Bundan başka 15 m yükseklikte özden çevreye gidişte lif boyları diğer yüksekliklerdekine nazaran çok daha kısa zamanda maksimuma erişmektedir (Bisset and Dadswell, 1949). Bu kaide iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlar için genel bir kaide olarak kabul edilmektedir. Ancak bazı araştırmacılar örneğin, (*Abies concolor* Gord. and Glend.) da en kısa trakeidin ağaç dibinde olduğunu (*Pinus radiata* D. Don) da ise herhangi bir yıllık halkada ağaç dibinden yukarıya doğru gidildikçe yeknesak bir azalma vuku bulduğunu tesbit etmişlerdir (Panshin and DeZeeuw, 1964).

İğne yapraklı ağaçlarda ortalama olarak kök odununda trakeidler gövde odunundakinden biraz daha uzun, dal odununda ise aynı yaştaki gövde odunundakinin yarısı kadardır. Kök odunlarında trakeid uzunluğu, çeşitli ağaç cinslerinde çok değişiklik gösterir.

Yapraklı ağaçlarda durum daha başka olup en uzun lifler gövde odununda bulunmakta, kök odununda % 10, dal odununda % 25 daha kısadır.

1.3. Lif boyunun özden çevreye doğru değişimi

İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda daima en kısa lif ve trakeidler öz civarında bulunur. İlk teşekkül eden odun tabakalarında trakeid uzunlukları iğne yapraklı ağaçlarda 0,5 - 1,5 mm ler arasında olmasına karşılık, yapraklı ağaçlarda 0,1 - 1,0 mm arasındadır. Bu hücrelerin ortalama boylarındaki artış özden çevreye gidildikçe fazlaşmakta, fakat genellikle en hızlı artış 10 - 20 yaşlarda olmaktadır. Bu yaşlardan sonra hücre boyları artarak bir maksimuma erişinceye kadar daha yavaş bir seyir tâkip eder. Maksimum lif uzunluğuna örneğin, Kavaklarda 60 - 70 yaşlarda ulaşıldığı halde, (*Sequoia sempervirens* [D. Don.] Endl.) da ise maksimum trakeid uzunluğuna 200 - 300 yaşlarında ulaşılmaktadır. Burada lif uzunluğunun maksimuma erişmesinde ağaç türünün tabii yaşının tesiri vardır. Sequoia'lar 1000 yıldan daha fazla yaşadıkları halde, Kavaklarda tabii ömür 150 yılı aşmamaktadır. Yaş ile hücre boylarının artmasına sebep olan iki faktör vardır. Bunlar (a) kambiumdaki inisiyal hücreler yaş arttıkça daha da uzun olmakta, ve (b) yaşlandıkça kambiyumdan meydana gelen hücreler daha fazla uzayabilmektedirler. Bir yıllık halka içersinde de yaz odununa gittikçe lif boyu artmakta ise de yıllık halkalar arasında özden çevreye gittikçe meydana gelen artış daha fazla olmaktadır. Hem iğne yapraklı, hem de yapraklı ağaçlarda en uzun hücreler, öz yakınındaki en kısa hücrelerden hiç olmazsa 2 defa daha uzundur. Genel olarak 3 - 5 defa daha uzun bulunmaktadırlar.

(*Fraxinus excelsior* L.) de özden çevreye doğru gidildikçe pratik yönden trakelerin boylarında bir artma olmamaktadır. Buna mukabil liflerde artış meydana gelmektedir. (*Robinia pseudoacacia* L.) da ise özden uzaklaştıkça liflerde çok az artış vuku bulmaktadır.

2. Lif boyutlarının kâğıt özellikleri üzerine etkisi

Eskiden araştırmacılar kâğıtta mukavemet özelliklerinin esas itibarıyla lif boyunun uzaması ile arttığı fikrine inanmakta idiler. Ancak daha sonra yapılan araştırmalar lif boyunun, genişliğe oranının odun hamuru ve kâğıt mukavemeti özellikleri üzerine lif boyundan daha önemli bir tesir yaptığını ortaya çıkarmıştır. Bu oran Keçeleşme kabiliyeti (Felting power) olarak bilinmekte (Evin, 1948) ve yırtılma mukavemeti ile özellikle ilgili görülerek kâğıt kalitesini arttırmaktadır.

Son yıllarda ise lif genişliği, lümen genişliği ve hücre çeperi kalınlığı gibi lif özelliklerinin kâğıt ve odun hamuru levhalarının özelliklerinde önemli rol oynayan faktörler olarak ortaya çıkmış bulunmaktadır. Geniş çaplı, ince çeperli lifler kolayca yassılaştıkları için birbirleriyle son derecede tesirli birleşme sahaları meydana getirdiklerinden böyle liflerden yapılmış selülozların patlama ve çekme mukavemetleri yüksek olmaktadır. Bunun aksine kalın ve küçük çaplı lifler kolayca yassılaşmamakta ve bir selüloz levha içersinde hakiki durumlarını muhafaza etmektedirler. Böylece liflerin birbirleri ile temas eden satırları (yapışma satırları) azaldığından nisbeten düşük patlama ve çekme mukavemetini haiz levhaların elde olunmasına sebebiyet vermektedirler. Bununla beraber bu tip hücrelerden meydana gelen levhalarda ince çeperlilere nazaran yırtılma mukavemeti daha yüksektir.

Bu itibarla lif boyu ve genişliğinden başka, diğer lif özelliklerinin de kâğıt kalitesi üzerine olan etkisi araştırılmış ve yeni bâzı ölçüler ortaya çıkarılmıştır. Örneğin; lümen genişliğinin (d), lif genişliğine (D) oranı (d x 100/D) Esneklik oranı olarak verilmekte ve Kopma uzunluğu (Breaking length) ile arasında parabolik bir münasebet bulunmaktadır. Bu oran yükseldikçe çekme mukavemeti (Tensile strength) artmaktadır. Rijidite katsayısı (hücre çeperi kalınlığı / lif genişliği = W x 100/D) ise çekme mukavemeti üzerine negatif bir etki yapmaktadır. Bundan başka, özellikle Mühlsteph oranı, enine kesitte lif çeperinin nisbi alanı ile kâğıt kalitesi arasındaki münasebet olup bu oran yardımı ile ağaç türleri hücreleri yassılaşabilme kabiliyetlerine göre çeşitli guruplara ayrılmakta ve dolayısıyla düşük veya yüksek ağırlıkta kâğıt elde olunmasında rol oynamaktadır. Bununla birlikte Runkel oranı (2 W/d) önemli lif özellikleri arasında sayılmaktadır.

Son zamanlarda daha önce zikredilen bu lif özelliklerinin odun hamuru kalite ve mukavemeti üzerine ne şekilde etki yaptığı incelenmeğe başlanmış ve bâzı olumlu neticeler elde edilmiştir. Örneğin; yapraklı ağaçlarda döğülme (beating) den önce odun hamuru serbestlik derecesi (Pulp freeness) esas itibarıyla hücre çeper kalınlığı ile ilgili olup çeper kalınlığı arttıkça serbestlik derecesi de artmaktadır. Döğülmemiş (unbeating) odun hamurunda da çekme ve patlama mukavemetleri üzerine esneklik oranının artması önemli derecede tesir etmektedir. Kopma uzunluğu ve Relatif patlama; lif çapı ve odunun özgül ağırlığının artmasıyla negatif yönde ve lümen genişliğinin artması ile ise pozitif yönde etkilenmektedirler.

Döğmenin yapılması ve serbestlik derecesinin azalması hallerinde esneklik oranı (d x 100/D) çekme ve patlama mukavemetleri üzerine

tesir etmemektedir. Yırtılma mukavemeti öğütülmemiş odun hamurunun hacim yoğunluk değerinin tersi olan (1/R) değeri arttıkça yükselmektedir. Daha uygun bir ilişkide ise yırtılma mukavemeti; lif boyunun ve lümen genişliğinin artması ile yükselmekte, hücre çeperi kalınlığının artması ile artmaktadır. Çeşitli döğülme safhalarında yırtılma mukavemeti ile keçeleşme kabiliyeti veya lif uzunluğu arasında belirli bir münasebet görülmemektedir.

Lif kalitesi (fiber quality) olarak ifade edilen hakiki lif mukavemeti de yırtılma mukavemeti ile ilgili tek bir değişken olmaktadır. Lif uzunluğu ve lif kalitesi her iki değişken beraberce yırtılma mukavemeti üzerine etki yapmaktadır (Tamolang and Wangaard, 1961).

Şüphesiz bu hususlarda daha başka araştırmaların yapılmasına da ihtiyaç vardır. Örneğin; gerilme - deformasyon ilişkilerinin bulunması gibi. Bundan başka hücre çeperi içindeki sekonder çeperdeki mikrofibrillerin tipi, nisbeti ve yönünün de bilinmesi gerekmektedir. Bunlar özellikle döğülmüş liflerde tesirini gösterecektir. Örneğin basınç odununda mikrofibrillerin gidişi değiştiği için son derecede değişik kalitede selüloz meydana gelmektedir (Stamm, 1964).

Böylece lif boyutları, ağacın kalitesi ile ilgili tesbit edilen ölçü ve hesaplanan oranları; Lif uzunluğu (L), lif çapı, (D), hücre çeper kalınlığı (W), lümen çapı (d), keçeleşme kabiliyeti (L/D), esneklik oranı ($d \times 100/D$), Runkel oranı (2 W/d), Mühlsteph oranı [$(D^2 - d^2) \times 100/D^2$], rijidite katsayısı ($W \times 100/D$), hacim yoğunluk değeri ($g/cm^3 = \text{tam kuru ağırlık} / \text{yaş hacim}$) ve yaz odunu yüzdesi olup bu özellikler kâğıt ve odun hamuru kalitesi üzerine önemli derecede etki yapmaktadır. Bunlarla birlikte tabiatıyla hemiselüloz ve pentozan yüzdeleleri, Kapa Numarası (lignin miktarı) ile akıcılık (fluidity) ve odun içerisindeki yabancı maddeler de kâğıt kalitesini etkilemektedir. Kâğıt kalitesini meydana çıkarmak için ise bazı denemelerin yapılması icabetmektedir. Bunlar esas ağırlık (gr/m^2 , tam kuru halde), levha kalınlığı (mikron), patlama faktörü (Ortalama patlama faktörü $gr/cm^2 / \text{esas ağırlık}$), yırtılma faktörü ($t \times 100 / \text{esas ağırlık}$, t = bir levhanın yırtılması için gerekli kuvvet miktarı gram olarak), çekme mukavemeti, hacimlik (kalınlık / esas ağırlık), katlanma faktörü, hava direnci faktörü, serbestlik derecesinin tesbit edilmesi ve netice olarak da selüloz randıman yüzdesinin tayinidir.

Yukarıda belirtilen esneklik oranı ($d \times 100/D$) 75 den fazla olduğu takdirde hücreler ince çeperli ve geniş lümenli olduklarından elde olunan kâğıtlarda mukavemet yüksektir. Bu oran 50 - 70 arasında ise hücre çeperi ve lümenleri orta kalınlıktadır. Böylece lifler yarı çökme

gösterir ve iyi yüzey teması ve lifler arası bağlantı temin edilir. Esneklik oranı 30 - 50 arasında ise çeper kalın ve lümen dardır. Bu sebepten liflerde çok az yassılaşıma (çökme) görülür. Bundan dolayı az bir yüzey teması sağlanır ve lifler arası bağlantı da düşüktür. Oranın değeri 30 dan da az ise çeperler çok kalın ve lümenler yok denecek kadar dardır. Yassılaşımlar, lifler arası temas çok az ve bağlantı çok düşük olur.

Mühlsteph oranının tesbitinden gaye, hücre çapına oranla en ince çeperli liflerin avantajlı durumlarını ortaya koymak, liflerin yassılaşıma kabiliyetlerini ve dolayısıyla kâğıt ağırlığına etkisini meydana çıkarmaktır. Örneğin İğne Yapraklı Ağaç liflerinde ilkbahar ve yaz odununa ait hücre çeperleri arasında belirgin bir farkın bulunmasına karşılık dağınık trakeli yapraklı ağaç hücrelerinde büyük fark yoktur (Tank, 1970).

Runkel'in sınıflamasına göre ise kalın çeperli liflerde (2 W/d) oranı bir (1) den büyük olmakta, ancak böyle lifler kâğıt yapımına en az uygun lifler olarak nazarı itibara alınmaktadır. Şayet (2 W/d) oranı bir (1) e eşitse lifler kâğıt yapımına elverişli, bu oran bir (1) den küçük olanlarda ise çeperler ince olduğundan kâğıt yapımı için en elverişli olmak üzere sınıflandırılmaktadır.

Dinwoodie (1966) Lâdin, Melez ve Duglazlarda yaptığı denemeler sonunda lif boyutlarının bilinmesiyle en önemli kâğıt özelliklerinin daha önceden tahmin edilebileceği neticesine varmıştır. Sülfat selülozunun mukavemetinin tayininde selülozun akıcılık özelliği (viskosite) müstesna, liflerin anatomik özellikleri, kimyasal yapıdaki değişkenlerden çok daha fazla etki göstermektedirler. Örneğin Runkel oranı hem kopma uzunluğu, hem de patlama faktörü üzerine negatif etki yapmaktadır. Buna mukabil lif boyu ve lif mukavemetinin etkisi pozitif yönde olmaktadır. Runkel oranı ve lif uzunluğu yırtılma faktörü üzerine Runkel oranı biraz daha fazla olmak üzere pozitif yönde etki yapmaktadırlar. Hacimlilik (kalınlık / esas ağırlık = Bulk) üzerine döğülmüş ve döğülmemiş selüloz levhalarında daha fazla olmak suretiyle (lif boyu / çap oranı) yani keçeleşme oranı pozitif etki yapmaktadır. Selülozun hava direnci üzerine döğülmemiş selülozda; lif çapı pozitif, lif boyu ve Runkel oranı negatif etki yapmaktadır, ancak döğülmüş selülozda Runkel oranı döğülmemiş selüloza nisbetle çok üstün bir ehemmiyet arzetymekte ve pozitif yönde etkili olmaktadır. Katlanma mukavemeti üzerine de lif boyunun pozitif, Runkel oranının negatif etki yaptığı müşahede edilmiştir. Çekme direnci de lif boyu veya lif boyunun lif çapına oranı ile son derecede münasebette olup bu özellikler-

de pozitif yönde etkilenmektedir. Hernekadar belirli bir serbestlik derecesinde dögülme süresi üzerine Runkel oranı, selülozun akıcılığı ve liflerin boy / çap oranları negatif yönde etki yaparlarsa da, serbestlik derecesi evvel emirde lif boyu ve ikinci olarak da Runkel oranı ile tayin edilir ve bunların etkisi pozitif yöndedir. Selüloz hasılası da Runkel oranı ile doğru orantılı olarak değişmektedir.

3. Odunun kimyasal yapısı

Ligninin odundan ayrılmasını sağlayan metodlarla selüloz elde edilmesinin mahiyetini iyi bir şekilde anlayabilmek için hücre çeperinin yapısının ve diğer kimyasal maddelerle birlikte ligninin çeperdeki bulunuşunun bilinmesine ihtiyaç vardır. Bununla beraber ligninin ile birlikte hemiselülozun bir kısmı da ayrılmaktadır. Zaten iyi kalitede kâğıt selülozu elde etmek için de bu husus gereklidir. Bilindiği üzere kambiyumda hücreler teşekkül ederken hücre arası maddesi esas itibarıyla pektin ve proteinden ibarettir. Hücrenin olgunlaşması safhasında primer ve sekonder çeper teşekkül eder ve bunların terkibi ise hemiselüloz ve selülozdur. Daha sonraki safhalarda ligninleşme başlar. Ligninleşme önce hücrelerin köşelerinden başlamakta ve daha sonra diğer çeper kısımlarına yayılmaktadır. Lignin selüloz kristalitlerini bağlayıcı bir madde olarak çepere yerleşmektedir. Lignin maddesi hücre çeperinde orta lāmelden lümene doğru azalış gösterir. En fazla orta lamelde, sonra primer çeperde vardır. Primer çepere en yakın olan sekonder çeperin S₁ tabakasında % 60 - 90 nisbetlerindedir. S₂ tabakasında ise lümene doğru gidildikçe azalır. Bu kısımda ligninin dağılışı ve miktarı ağaç türü, yetiştirme muhiti şartları, yıllık halka genişliği, hücre çeperi kalınlığı v.b. sebeplerle değişmekte olup % 20 - 30 arasında değişir. Son zamanlarda S₃ tabakasında S₂ tabakasından daha yüksek nisbette lignin bulunduğu tesbit olunmuştur.

Genellikle odun içerisinde % 40 - 60 selüloz, % 15 - 30 hemiselüloz ve % 18 - 40 nisbetlerinde de lignin vardır. Bazı önemli ağaç türleri odunlarının bileşimindeki maddeler (%) yüzde olarak aşağıda verilmiştir (Trendelenburg und Mayer - Wegelin, 1955) :

Ağaç türü	Selüloz	Odun poliozları		Lignin	Reçine/Yağ	Kül
		Heksozan	Pentozan			
Gökmar	42,3	13,3	9,2	28,6	2,3	1,2
Çam	41,9	12,8	8,7	29,5	3,2	1,3
Kayın	45,4	4,4	17,8	22,7	0,7	1,6
Kavak	48,3	3,0	15,2	21,6	2,4	1,3

4. Memleketimizde lif boyutları üzerine yapılan araştırmalar

Aytuğ (1959) Türkiye'deki Gökmar türlerinin Trakeid uzunluk, genişlik ve çeper kalınlıklarını incelemiş ve aşağıdaki şekilde bulmuştur :

Gökmar türü	Trakeid uzunluğu (mm)		Trakeid genişliği (mikron)		Çeper kalınlığı (mikron)	
	Ortalama	Değişim	Ortalama	Değişim	Ortalama	Değişim
<i>Abies Nordmanniana</i> Spach.	2,875	1,5-4,1	43,0	22,5-57,0	5,57	2,5-12,5
<i>Abies Bornmülleriana</i> Mattf.	3,347	1,3-4,9	38,9	24,0-68,0	7,64	1,0-13,0
<i>Abies cilicica</i> Carr.	2,654	1,0-4,2	34,1	16,0-50,0	5,88	2,0-18,0
<i>Abies equitrojani</i> Ascher. et Sint.	3,335	2,1-4,6	40,5	22,0-66,0	5,31	1,0-12,0

Tank (1964) ise yine Gökmar türlerimizde trakeid uzunluk, genişlik ve çeper kalınlıklarını ince ve kalın gövde odunlarında incelemiş ve aşağıdaki değerleri elde etmiştir :

Gökmar türü	Trakeid uzunluğu (mikron)		Trakeid genişliği (mikron)		Çeper kalınlığı (mikron)	
	Ortalama	Değişim	Ortalama	Değişim	Ortalama	Değişim
<i>Abies Bornmülleriana</i>						
İnce	3725	2242-5693	37,87	14,5-66,7	5,74	2,9-11,6
Kalın	3815	2242-5347	41,56	14,5-75,4	6,26	2,9-11,6
<i>Abies Nordmanniana</i>						
İnce	3854	2242-5347	39,82	20,3-66,7	5,54	2,9-8,7
Kalın	3934	2070-5693	40,43	23,2-66,7	6,18	2,9-11,6
<i>Abies cilicica</i>						
İnce	3827	2070-5520	37,53	17,4-69,6	5,39	2,9-11,6
Kalın	4017	2070-5865	38,25	14,5-66,7	5,77	2,9-8,7
<i>Abies equitrojani</i>						
İnce	3786	2070-5865	36,22	14,5-69,6	5,36	2,9-11,6
Kalın	3823	2070-5520	36,57	14,5-63,8	5,51	2,9-8,7

Toros Karaçamında ise Göker (1969) trakeid ölçülerinin aşağıdaki şekilde olduğunu belirtmektedir.

Nümunenin alındığı Orman	Trakeid uzunluğu (mikron)		Trakeid genişliği (mikron)		Çeper kalınlığı (mikron)	
	Ortalama	Değişim	Ortalama	Değişim	Ortalama	Değişim
Dursunbey	4200	1720-8140	48	27-78	9	4-22
Elekdağ	4060	1720-8560	47	26-78	10	4-20

Tank (1970) ın Kayın ve Gürgenlerimiz üzerinde yapmış olduğu araştırmalara göre ortalama lif boyları mikron olmak üzere aşağıdaki şekilde tesbit edilmiştir :

	Lif boyu (L)	Lif genişliği (D)	Lümen çapı (d)	Çeper kalınlığı (W)
<i>Fagus orientalis</i>	1498 ± 0,225	19,54 ± 2,40	5,23 ± 1,72	7,30 ± 1,23
<i>Carpinus betulus</i>	1498 ± 0,271	21,93 ± 3,36	10,22 ± 3,09	5,85 ± 1,28
<i>Carpinus orientalis</i>	1216 ± 0,172	16,81 ± 2,23	6,96 ± 2,02	4,92 ± 0,97

Kâğıt özellikleri bu boyutlar ve ölçüler arasındaki münasebetlerle yakından ilgili olduğu için bu hususlarla ilgili elde olunan ortalama değerler ise aşağıda belirtilmiştir :

	<i>Fagus orientalis</i>	<i>Carpinus betulus</i>	<i>Carpinus orientalis</i>
Keçeleşme oranı (L/D)	59,7 (53,4-61,9)	68,1 (61,3-74,2)	72,3
Esneklik oranı (d x 100/D)	27 (20-34)	47 (43-51)	41
Rijidite kat sayısı (W x 100/D)	37 (36-40)	30 (26-37)	42
Mühlsteph oranı $\frac{D^2 - d^2}{D^2} \times 100$	93 (89-96)	78 (74-82)	83
Runkel oranı (2 W/d)	2,87 (2,28-4,27)	1,15 (0,95-1,32)	1,41
Hacim yoğunluk değeri gr/cm ³	0,569 (0,511-0,598)	0,610 (0,587-0,640)	0,659

Huang (1970) da memleketimizde sun'i olarak yetiştirilmekte olan üç adet (*Populus x euroamericana*) klonunda yaptığı araştırma ile bunların lif morfolojileri ve selüloz ve kâğıt özelliklerini incelemiş olup aşağıdaki değerleri elde etmiştir :

KAVAK KLONLARI

	I - 214	70 D	64 D
Lif uzunluğu (mm)	1,166	1,225	1,176
Çeper kalınlığı (mikron)	4,21	2,81	3,82
Hücre genişliği (mikron)	24,22	22,50	20,93
Lümen çapı (mikron)	15,79	16,97	13,29
(Uzunluk/çap) oranı (Keçeleşme oranı)	48,14	54,33	56,19
(Lümen/çap) oranı (Esneklik oranı)	65,19	75,12	63,50
Hücre çeper oranı (Mühlsteph oranı)	34,81	24,88	36,50
Runkel oranı	0,53	0,33	0,54
Hacim yoğunluk değeri (gr/cm ³)	0,325	0,289	0,329

5. Deneme materyeli ve metod

Bu deneme için Ardanuç İşletmesi (Artvin) den bir adet Doğu Lâdini (*Picea orientalis* L. Carr.) ağacı kesilmiş olup bu ağacın yaşı 254, göğüs çapı 64 cm, boyu ise 29,00 metredir.

Diğer deneme ağacı ile Toros Karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica* [Loud.] Rehd.) dır. Bu ağaç Dursunbey Orman İşletmesinden kestirilmiş olup yaşı 159, 1,30 çapı 55 cm ve boyu 7,70 metredir.

Her iki ağaçtan 1,30 m, 10,00 m ve 20,00 m lerden 5 cm kalınlığında birer tekerlek çıkartılmış ve bunların kuzey yönlerinden özden çevreye doğru 0.0 - 2.5 cm, 2.5 - 5.0 cm, 5.0 - 7.5 cm, 10.0 - 12.5 cm, 15.0 - 17.7 cm ve 20.0 - 22.5 cm çevreye kadar değişik olmak üzere buldukları yerdeki çapın durumu ile ilgili olarak 2.5 veya 5.0 cm de bir nümuneler çıkartılmış ve bunlar radyal ve teğet yönde bölünerek orta kısımlarından 2.0 cm uzunlukta kibrit şeklinde kısımlara ayrılmıştır.

Bundan sonra her bir nümuneye ait törnekler Jeffrey metodunun değişik bir şekli olan ve Amerika Orman Ürünleri Laboratuvarı (Forest Products Laboratory) nda uygulanan maserasyon metodu ile liflerine ayrılmıştır. Bu metoda göre 500 cc. lik damıtık su içerisinde 113,5 gr Kromik asit ilâve edilmekte ve iyi bir şekilde çalkalanmaktadır. Daha sonra bunun içerisine 100 cc. Nitrik asit (HNO_3) ilâve edilmekte ve esas eriyik damıtık su ilâvesiyle 1000 cc. e çıkartılmaktadır. Kibrit şeklindeki nümuneler her guruba giren ayrı ayrı olmak üzere cam tüplere konulmuş ve üzerine yeteri kadar Jeffrey eriyiği doldurularak 24 saat bekletilmiştir. Ancak kibrit şeklindeki çöplerin eriyik içersine batmalarını temin için daha önce su içersinde kaynatılarak veya bir vakum âletinde hücre boşluklarındaki havanın alınmış olması gerekmektedir. Ölçmeler daimi preparatlarda yapılmamış olup evvelâ tüpler içersinde Jeffrey eriyiğinden arınıncaya kadar damıtık su ile lifler yıkanmış bu arada liflerin su ile akıp gitmemesine dikkat edilmiş ve üzerlerine küçük delikli ince kafes tel konulmuştur.

Daha sonra her tüp iyice sallanarak liflerin tam manasiyle birbirinden ayrılması temin edilmiş ve her tüpten bir gram kadar lif alınıp bir litre su içersine atılarak yeknesak bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Müteakiben bu su içersinden damlalık ile bir miktar lif suspansiyonu alınıp lam ve lâmel arasına yerleştirilmiştir. Binoküler ve taksimatlı ölçme tertibatını haiz bir mikroskopta her 5 preparattan 5 veya 6 şar adet olmak üzere 25 - 30 adet trakeidde lif boyu, lif genişliği, çeper kalınlığı ve lümen çapı ölçülmüştür.

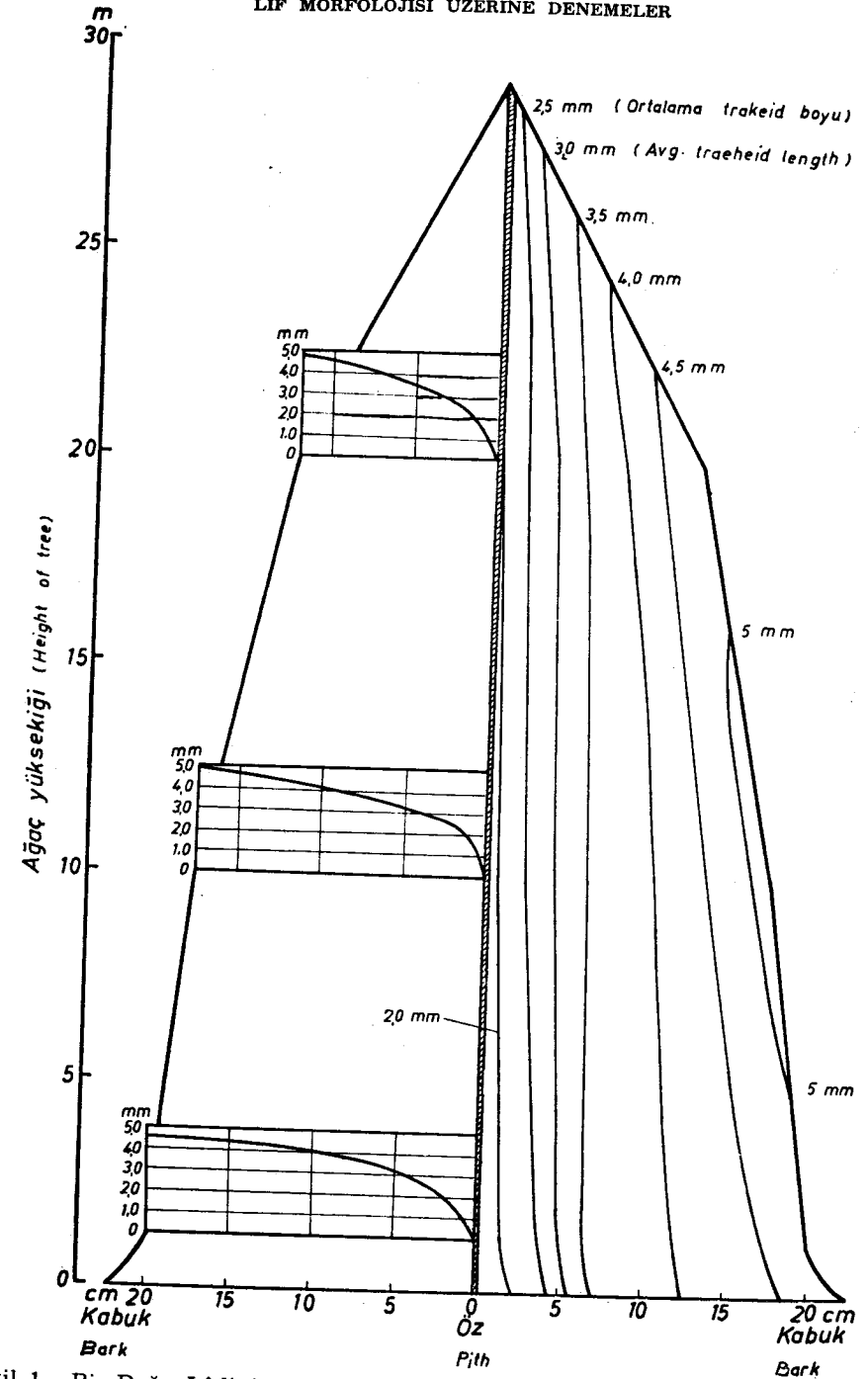
6. Deneme neticeleri ve münakaşası

1. Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) ve Toros Karaçamı (*Pinus nigra var. caramanica*) da trakeid boyu, trakeid genişliği, lümen çapı ve çeper kalınlıkları yapılan ölçmeler sonunda aşağıda (Tablo : 1) de verildiği şekilde bulunmuştur :

Yapılan (t) testleri göstermiştir ki her iki ağaç türüne ait trakeidlerin morfolojik özellikleri % 95 ve daha fazla seviyede bir önemle ayrı toplumlara aittirler.

Bu ölçme neticeleri karşılaştırıldığında Doğu Lâdininde trakeid boyu ve çeper kalınlığı Toros Karaçamına nazaran daha yüksek bulunmuş, buna mukabil trakeid ve lümen çaplarının daha düşük olduğu görülmüştür.

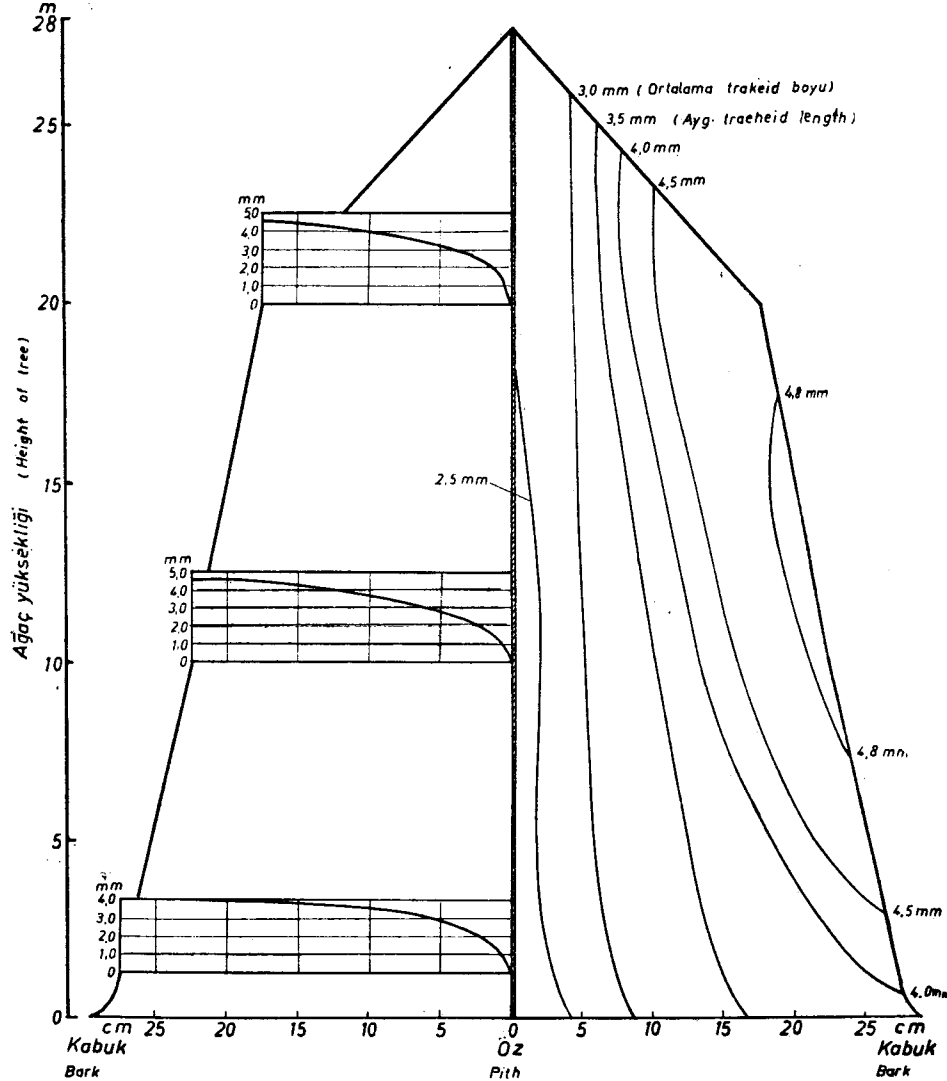
2. Doğu Lâdini ve Toros Karaçamında yapılan ölçmeler trakeidlerin en kısa olanlarının öze yakın kısımlarda bulunduğu ve çevreye



Şekil 1. Bir Doğu Lâdini gövdesinde trakeid uzunluğunun özden çevreye ve ağaç dibinden yukarıya doğru gelişimi

Fig. 1. Variation of tracheid length in the radial and vertical directions in the trunk of a tree of *Picea orientalis* Link. et Carr.

gidildikçe liflerin uzunluklarında belirli bir artış meydana geldiğini göstermiştir. Ancak (Şekil 1 ve 2) nin tetkikinden ilk yaşlarda trakeid uzunluklarındaki bu artışın çok hızlı olduğu, daha sonra çevreye yaklaştıkça bu artış hızının azaldığı kolayca müşahede edilecektir. Böylece genel kaidelere uygun bir duruma, tetkik edilen bu ağaç türlerinde



Şekil 2. Bir Toros Karaçamı gövdesinde trakeid uzunluğunun özden çevreye ve ağaç dibinden yukarıya doğru değişimi

Fig. 2. Variation of tracheid length in the radial and vertical directions in the trunk of a tree of *Pinus nigra* var. *caramanica* (Loud.) Rehd.

de tesadüf edilmektedir. Trakeidlerin morfolojik yapısındaki bu değişikliği diğer ölçülerden trakeid genişliği, ve çeper kalınlığında da görmek mümkün olmaktadır (Tablo : 2 ve 3).

3. Gövde içersinde 1,30 m, 10,00 m ve 20,00 m yüksekliklerden alınan nünunelerden hepsinde heriki ağaç türünde de özden çevreye gidildikçe trakeid ölçülerinde artış olduğu tesbit edilmiştir.

4. Belirli yüksekliklerdeki ortalama değerler mukayese edildiği takdirde ise Doğu Lâdininde en kısa trakeidlere 1,30 m de, en uzunlarına 10,00 m de tesadüf edilmekte, ancak uzunluk bakımından ikinci sırayı 20,00 m deki trakeidler almaktadır. Toros Karaçamında ise ortalama değerlerin tetkikinde de böyle bir sıralama görülmüş ve en kısa trakeidlerin 1,30 m de, en uzunların ise 10,00 m de olduğu anlaşılmıştır. 20,00 dekiler ise 10,00 m dekilerden biraz daha kısa olarak temayüz etmişlerdir.

5. Bununla beraber en kısa trakeidlere Doğu Lâdininde 1,30 m de (1240 mikron), Toros Karaçamında (1080 mikron) olarak Öz'e en yakın nünunelerden elde olunan trakeidler arasında, en uzun trakeidlere ise Doğu Lâdininde (5940 mikron) ve Toros Karaçamında ise (6680 mikron) olarak 10,00 m yükseklikte ve çevreye en yakın nünunelerden alınan trakeidler arasında tesadüf edilmiştir. Bu da bize en kısa trakeidlerin öze ve ağacın dip kısmına yakın kısımlarında, en uzun trakeidlerin ise ağaç boyunun orta kısımlarında ve bu kısımların da öze değil çevreye yakın kısımlarında teşekkül ettiğini göstermektedir. Böylece literatürde diğer ağaç türlerinde tesbit olunan kaidelerin bu iki ağaç türümüzde de doğrulandığı ortaya çıkmaktadır.

6. Daha sonra bu ağaç türlerinin trakeidlerinde yapmış olduğumuz ölçmelerin ortalama değerlerinden yararlanarak, keçeleşme oranı (L/D), esneklik oranı ($d \times 100/D$), Runkel oranı ($2 W/d$) ve rijidite katsayısı ($W \times 100/D$) hesaplanmıştır. Bu değerler yardımı ile selüloz ve kâğıt özellikleri yönünden incelenen ağaç türlerinin özellikleri ortaya çıkarılmak istenmiştir. Elde olunan değerler her iki ağaç türü için aşağıda verilmiştir :

	Keçeleşme oranı L/D	Esneklik oranı $d \times 100/D$	Runkel oranı 2 W/D	Rijidite katsayısı W x 100/D	Hacim ağırlık gr/cm ³
Doğu Lâdini	98	57	0,60	18	0,359 ⁽¹⁾
Torom Karaçam	84	71	0,36	13	0,464 ⁽²⁾

(1) Eraslan, 1947.

(2) Göker, 1969.

Bu rakkamların tetkikinden de kolayca anlaşılacağı üzere keçeleşme oranı Doğu Lâdininde çok yüksek bir değer olan 98 e ve Toros Karaçamında ise 84 e ulaşmaktadır. Böylece keçeleşme kabiliyeti bakımından Doğu Lâdini en yüksek kalitede lif veren bir ağaç türü olmaktadır.

Memleketimizde son zamanlarda bu konuda yapılan araştırmalarda Tank (1970) keçeleşme oranını (*Fagus orientalis*) te 59.7, (*Carpinus betulus*) ta 68.1 ve (*Carpinus orientalis*) te 72.3, ve Huang (1970) ise Kavak klonlarından 1 - 214 de 48.14, 70 D de 54.33 ve 64 H da ise 56,19 değerlerini bulmuşlardır ki bu bakımdan iğne yapraklı olan iki ağaç türümüzde de keçeleşme oranının yapraklı ağaçlardan bir hayli üstün durumda olduğu meydana çıkmaktadır.

Esneklik oranına gelince, bu oran arttıkça çekme mukavemeti de arttığına göre liflerin yassılaşılabile ve yapışmaları Doğu Lâdininde 50 - 70 arasına isabet etmekte ve iyi kalitede lif özelliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Toros Karaçamında ise durum çok daha iyi olup 70 in de üzerinde bulunmakta ve 71 e ulaşmaktadır. Bu halde Toros Karaçanı en iyi lif özelliklerine yakın bir durum göstermektedir. Halbuki yapraklı ağaçlardan *Fagus orientalis* 27, *Carpinus betulus* 47 ve *Carpinus orientalis* 41 ile orta ve düşük kalitede lif özelliklerini haiz bulunmaktadırlar. Bununla beraber Kavak klonlarında sırasıyla 65, 75 ve 63 değerleri elde olunmakla bu ağaç türlerinin de kâğıtçılıkta önemli rol oynayabilecekleri anlaşılmaktadır.

Runkel oranı hem Doğu Lâdininde, hem de Toros Karaçamında sırasıyla 0.60 ve 0.36 gibi değerlerde bulunduğu ve Runkel oranı < 1 olduğundan en iyi kalitede kâğıt yapımına elverişli lifler bahis konusu olmaktadır. Kavak klonlarında da Runkel oranı < 1 olup sırasıyla 0.53, 0.33 ve 0.54 elde olunmuştur. Bu durumda da Kavakların bu maksada çok elverişli olduğu meydana çıkmakta, buna mukabil *Fagus* (Kayın) ve *Carpinus* (Gürgen) lerimiz kâğıt yapımı için daha az elverişli bulunmaktadır. Çünkü (*Fagus orientalis*) te Runkel oranı 2.87, (*Carpinus betulus*) ta 1,15 ve (*Carpinus orientalis*) te 1,41 dir ve Runkel oranı > 1 olmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre rijidite katsayısı yırtılma faktörü üzerine pozitif etki yaptığına göre Doğu Lâdininde elde olunan rijidite katsayısı, Toros Karaçamından yüksek olup yırtılma mukavemeti yüksek lif özelliklerine sahiptir. Katlanma mukavemetinde ise rijidite katsayısı negatif etki yapmaktadır. Bu takdirde Toros Karaçanı Doğu Lâdinine üstünlük göstermektedir. Tank (1970) in bulduğu değerler ise daha yüksek olup *Fagus orientalis*'te 37, *Carpinus betulus*'ta 30 ve *C. orientalis*'te 42 dir. Böylece bu yapraklı ağaç türlerimizde yırtılma mu-

TABLO : 1

Doğu Lâdininde ve Toros Karaçamında ortalama Trakeid boyutları standard ayrılırları ve hata miktarları ile değişim genişlikleri.

TABLE : 1

Average tracheid dimensions in *Picea orientalis* and *Pinus nigra* var. *caramanica*
Doğu Lâdini (*Picea orientalis*)
Toros Karaçanı (*Pinus nigra* var. *caramanica*)

Trakeidlerin boyutları Tracheid dimensions	Ortalama Mean mikron (μ)	Ortalamanın Standard hatası Standard error of the mean mikron (μ)	Standard ayrı- lış ve hata miktarı. Standard deviation and its std. error mikron (μ)	değişim genişli- liği Range mikron (μ)	N
Trakeid boyu (L) Tracheid length	3490,6	$\pm 70,35$	1134,2 \pm 49,74	1240 - 5940	260
Trakeid çapı (D) Diameter	35,6	$\pm 0,5674$	9,15 \pm 0,4012	14 - 56	260
Lümen çapı (d) Lumen width	21,3	$\pm 1,6262$	10,24 \pm 1,1497	2 - 48	260
Çeper kalınlığı (w) Cell - wall thickness	6,4	$\pm 0,1668$	2,69 \pm 0,1179	2 - 14	260
Trakeid boyu (L) Tracheid length	3457,8	$\pm 57,21$	1106,5 \pm 40,46	1080 - 6680	374
Trakeid çapı (D) Diameter	41,4	$\pm 0,2281$	4,41 \pm 0,1613	22 - 66	374
Lümen çapı (d) Lumen width	29,3	$\pm 0,2730$	5,28 \pm 0,1931	2 - 52	374
Çeper kalınlığı (w) Cell - wall thickness	5,3	$\pm 0,1532$	2,96 \pm 0,0108	2 - 18	374

TABLO : 2

Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) te trakeidlere ait morfolojik özelliklerin ağaç içersinde özden çevreye ve aşağıdan yukarıya doğru gidişi

Ağaçta nünunelerin alındığı yük- seklikler m	Özden çevreye uzaklık mm	Trakeid boyu (L) mikron	Trakeid çapı (D) mikron	Lümen çapı (d) mikron	Çeper kalınlığı (W) mikron
1,30	0 - 25	1911	27,2	17,4	4,9
	25 - 50	2573	31,9	21,2	5,3
	50 - 75	3474	37,9	25,5	6,2
	100 - 125	3958	39,6	23,0	8,3
	175 - 200	4682	39,6	25,1	7,3
10,00	0 - 25	2248	29,4	19,1	5,2
	50 - 75	3563	34,4	22,8	5,8
	100 - 125	4189	42,4	29,2	6,6
	150 - 175	5080	41,9	28,9	6,5
20,00	0 - 25	2336	28,9	16,5	6,2
	50 - 75	3720	34,4	18,8	7,7
	100 - 125	4751	40,8	25,0	7,9
Her yüksekliğe ait ortalama değerler					
	1,30 m	3320	35,2	22,5	6,4
	10,00 m	3770	37,0	25,0	6,0
	20,00 m	3603	34,7	20,1	7,3

TABLO : 3

Toros Karaçamı (*Pinus nigra* var. *caramanica*) da trakeidlere ait morfolojik özelliklerin ağaç içersinde özden çevreye ve aşağıdan yukarıya gidişi.

Ağaçta nünunelerin alındığı yük- seklikler m	Özden çevreye uzaklık mm	Trakeid boyu (L) mikron	Trakeid çapı (D) mikron	Lümen çapı (d) mikron	Çeper kalınlığı (W) mikron
1,30	0 - 25	1700	32,0	22,0	5,0
	50 - 75	2860	37,6	27,2	5,2
	100 - 125	3688	43,8	30,7	6,5
	150 - 175	3896	46,1	37,1	7,4
	200 - 225	3752	43,3	28,4	7,5
	250 - 275	4128	47,8	30,9	8,4
10,00	0 - 25	1843	34,7	26,3	4,2
	50 - 75	3147	41,7	31,8	5,0
	100 - 125	3639	43,0	29,7	6,6
	150 - 175	4491	45,5	33,3	6,1
	200 - 225	4823	46,4	30,1	8,1
20,00	0 - 25	2278	35,4	28,9	3,3
	50 - 75	3354	43,7	31,8	5,9
	100 - 125	3987	45,1	31,0	7,0
	150 - 175	4780	47,4	32,7	7,4
Her yüksekliğe ait ortalama değerler					
	1,30 m	3337	41,8	28,5	6,7
	10,00 m	3589	42,3	30,2	6,0
	20,00 m	3600	2,9	31,1	5,9

kavemeti yüksek fakat katlanma mukavemeti düşük olmaktadır. Kavak klonlarındaki tesbitler ise bizim bulduğumuz neticelere yakın düşmektedir.

Hacim ağırlık değerleri yönünden yapılacak kıyaslama ise Toros Karaçamı $0,464 \text{ gr/cm}^3$ ile Doğu Lâdininin $0,359 \text{ gr/cm}^3$ lük değerinden çok daha fazla bulunmakta ve böylece Toros Karaçamı kâğıt istihali bakımından belirli bir hacimde içerisinde daha fazla hücre çeperi ihtiva ederek bu hususta randımanın yüksek olacağı kanaatini vermektedir. Bundan başka döğülmemiş odun hamurunda yırtılma mukavemeti hacim ağırlık değerinin tersi olan (1/R) değeri ile pozitif yönde münasebette olduğundan yani yırtılma mukavemeti arttıkça (1/R) değeri de arttığından, (1/R) değeri Doğu Lâdininde Toros Karaçamına nazaran daha yüksek olması dolayısıyla yırtılma mukavemeti de yüksek bulunmaktadır. Zaten Doğu Lâdininde trakeid uzunluğunun daha fazla olması da bunu diğer yönden doğrulamaktadır.

L İ T E R A T Ü R

- Aytuğ, B. : 1959. Türkiye Gökmar (Abies Tourn.) Türleri üzerinde morfolojik esaslar ve anatomik araştırmalar. Orman Fak. Derg. Seri A, Sayı 2.
- Bisset, I.J.W. and Dadswell, H.E. : 1949. The variation of fibre length within one tree of Eucalyptus regnans F.v.M. Australian Forestry, Vol. XII, No. 2.
- Bisset, I.J.W. and Dadswell, H.E. : 1950. The variation in cell length within one growth ring of certain angiosperms and gymnosperms. Australian Forestry, Vol. XIV, No. 1.
- Dindwoodie, J.M. : 1966. The influence of anatomical and chemical characteristics of Softwood fiber on the properties of sulfate pulp. Tappi, Vol. 49, No. 2.
- Eraslan, I. : 1947. Doğu Lâdini (Picea orientalis Link. et Carr.) nin teknik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar. Orman Genel Md. yay. Özel sayı : 55.
- Evin, C. : 1948. Sellüloz sanayii laboratuvar tahlil usulleri SEKA yayını No. 10/38.
- Göker, Y. : 1969. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (Pinus nigra var. Pallasiana) nın fiziksel, mekanik özellikleri ve kullanış yerleri hakkında araştırmalar. Orman Fak. Derg. Seri A, Sayı 2.
- Huang, Ming - Zen. : 1970. 1 - 214,70 D ve 64 H Melez Kavak klonlarında lif morfolojisi yönünden araştırmalar ve odunlarından yarı kimyasal metotla sellüloz elde etme imkânları (Doktora tezi, basılmamıştır).
- Huş, S. : 1962. Türkiye Sellüloz ve kâğıt sanayiinin ilmi ve teknik yönlerden incelenmesi. Orman Fak. Derg. Seri A, Sayı 2.

- Huş, S. : 1965. Yarı kimyasal sellüloz. Orman Fak. Derg. Sayı 1.
- Huş, S. ve Tank, T. : 1970. Orman Endüstrisi yönünden lif maddeleri ve önemi. Türkiye Orman Mühendisliği III. Teknik Kongresi. Orman Ürünleri sanayii.
- Panshin, A.J. and DeZeeuw, C. : 1964. Textbook of wood technology. McGraw - Hill Book Co. N.Y.
- Stamm, A.J. : 1964. Wood and Cellulose Science. The Ronald Press. Co., N.Y.
- Tamolong, F.N. and Wangaard, F.F. : 1961. Relationships between hard wood fiber characteristics and pulp - sheet properties. Tappi. Vol. 44, No. 3.
- Tank, T. : 1964. Türkiye Gökmar türlerinin kimyasal bileşimleri ve sellüloz endüstrisinde değerlendirme imkânları. Orman Fak. Derg. Seri A, Sayı 2.
- Tank, A. : 1970. Türkiye Kayın ve Gürgen türlerinin nöytral sülfite yarı kimyasal (NSSC) metodu ile değerlendirme imkânları (Doçentlik tezi : Basılmamıştır).
- Trendelenburg, R. und Mayer - Wegelin, H. : 1955. Das Holz als Rohstoff. Carl Häuser Verlag/München.

S U M M A R Y

The Morphological Characteristics of Tracheids within One Tree of each Species in Picea orientalis Link. et Carr. and Pinus nigra var. caramanica (Loud.) Rehd.

Introduction

According to the studies made recently in the field of pulp and paper technology, there are quite good relationships between morphological characteristics of wood fibers and pulp and paper properties. Therefore it is known that felting power, flexibility, Runkel and Mühlsteph ratios, rigidity coefficient and cross-sectional area of cell - wall in square millimeter are very important ratios derived from fiber dimensions such as fiber length, diameter, cell - wall thickness and lumen width.

Pulp freeness prior to beating is related to cell - wall thickness, increasing as wall thickness increases. Tensile and bursting strengths of unbeating pulp are favorably influenced by increasing flexibility ratio (d/D). Tearing strength increases with increasing fiber length (L) and increasing lumen width (d) and decreases with increasing cell - wall thickness (W) in unbeating pulp. The flexibility ratio has a parabolic relationship with breaking length. The coefficient of rigidity ($W \times 100/D$) shows a negative correlation with tensile strength. However the Runkel ratio ($2W/d$) and Mühlsteph ratio ($D^2 - d^2/D^2$) show a negative correlation with the tendency for the fibers to collapse and form a dense sheet. It is also found that the anatomical features of the fibers are considerably more important than the chemical properties. (Tamolong and Wangaard 1961, Stamm 1964 and Dinwoodie 1966).

This study was carried out to reveal morphological tracheid properties within one tree of each species in *Picea orientalis* Link. et Carr. and *Pinus nigra* var. *caramanica* (Loud.) Rehd.

Material and methods

Timber studies were obtained from one tree of *Picea orientalis*, 254 years of age, 64 cm d.b.h., 29 m in height at Ardanuç Forest near Artvin and one tree of *Pinus nigra* var. *caramanica*, 159 years of age, 55 cm d.b.h., 27,70 m in height at Dursunbey Forest near Balıkesir. After the tree was felled 3 discs in two-inch thickness were removed from breast height, 10 m and 20 m height of tree. Later on in the laboratory every disc was cut to obtain wood blocks from pith to bark at 50 mm intervals like (0 - 25 mm), (50 - 75 mm), (100 - 125 mm) etc. Prior to the felling of trees the north side was suitably marked from bottom to top. Of wood blocks small wood sticks match size were obtained by splitting in radial direction. Maceration of individual sticks was carried out by using Jeffrey's solutions. Approximately a 1-gramm sample was selected at random from macerated fibers and these fibers were diluted in a volume of 1 liter. Then one or two drops of fiber suspension were put on a slide and covered with a cover slip. From each slide 5 or 6 whole fibers were chosen at random and measured. From five slides for each group about 25 - 30 tracheids were taken. The dimensions for whole tracheids like length, diameter, lumen width and cell-wall thickness were determined using a Leitz microscope. Total number of tracheids measured for *Picea orientalis* was 260 and for *Pinus nigra* var. *caramanica* 374.

Results and discussion

1. (Table 1) shows the average tracheid dimensions for each species studied. Furthermore standard deviations, ranges and errors are also determined. Average value for tracheid length in *Picea orientalis* is 3490.6 micron and range 1240 - 5940 micron, diameter 35.6 (14 - 56) micron, lumen width 21.3 (2 - 48) micron and cell-wall thickness 6.4 (2 - 14) micron. In *Pinus nigra* var. *caramanica* tracheid length is found as 3457.8 (1080 - 6680) micron, diameter 41,4 (22 - 66) micron, lumen width 29.3 (2 - 52) micron and cell-wall thickness 5.3 (2 - 18) micron. Student (t) tests made between two species for all kinds of fiber dimensions showed that the differences are significant at or above % 95 level.

2. Measurements made in these two species showed that shortest tracheids are almost near the pith and there is a regular increase in tracheid length from the center of tree outwards at a rapid rate for the first years (Fig. 1 and 2).

3. The maximum length of tracheids occurs at the 10 meter level near the bark in the trunk and there is a decrease in tracheid lengths from this level upwards and downwards.

4. According to our results obtained from measurements in *Picea orientalis* and *Pinus nigra* var. *caramanica* felting power (L/D) are found respectively as 98 and 84, flexibility ratio ($d \times 100/D$) 57 and 71, Runkel ratio ($2 w/d$) 0.60 and 0.36, and coefficient of rigidity ($w \times 100/D$) 18 and 13. Thus it is understood that in *Picea orientalis* felting power is considerably higher than that of *Pinus nigra* var. *caramanica*. Furthermore as it will be seen of these numbers *Pinus nigra* var. *caramanica* has quite good fiber characteristics in respect to *Picea orientalis*

as far as flexibility ratio, Runkel ratio and coefficient of rigidity are concerned. Thus breaking length, tensile strength and burst factor are higher in *Pinus nigra* var. *caramanica* than that of *Picea orientalis*. However tearing strength varies with the reciprocal specific gravity (1/SG) positively and *Picea orientalis* has a high tearing strength with regard to *Pinus nigra* var. *caramanica* because the specific gravity in *Picea orientalis* is much lower than that of *Pinus nigra* var. *caramanica*. Undoubtedly pulp yields in *Picea orientalis* will be considerably higher than *Pinus nigra* var. *caramanica* in order that specific gravity is higher.