
SERİ

B

CİLT

57

SAYI

1

2007

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



F.1

Ağaçlarda Büyüme Gerilmeleri: Yapısı, Oluşum Nedenleri ve Belirtileri

Dilek Doğu

İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı
34473 Bahçeköy/İstanbul.

Tel:212 2261103/25084, Faks: 212 2261113. e-posta: addogu@istanbul.edu.tr

Kısa Özet

Büyüme gerilmeleri odunsu dokuların normal gelişmeleri sonucunda ortaya çıkmakta olup, hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaçlarda görülmektedir. Gerilmeler gözle görülememekte ancak, sebep oldukları deformasyonların ölçülmesi ile büyüklükleri tahmin edilebilmektedir. Ağaçların kesilmesi, tomruklara ayrılması ve kereste üretimi sırasında büyüme gerilmeleri ortadan kalkmakta, odunda çatlaklar, yarılmalar, şekil değişimleri gibi deformasyonlara neden olmaktadır. Oluşan deformasyonlar hammadde odunda önemli ekonomik kayıplar meydana getirmekte ve kullanım yeri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu makalede büyüme gerilmeleri, oluşum nedenleri ve belirtileri incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyüme gerilmeleri, deformasyon, anatomik yapı, reaksiyon odunu, mikrofibriller

Growth Stresses in Trees: The Nature, Formation and Manifestations of Growth Stresses

Abstract

Growth stresses are characteristic of normal growing trees and occur in both hardwoods and softwoods. Growth stresses are not visible and can not be measured directly. However, they are estimated by strain measurements in wood.

Yayın Komisyonuna Sunulduğu Tarih: 24. 04. 2006

Growth stresses release when trees are felled, cut into logs and processed into lumber. As a result, splits, cracks and warps occurs in wood materials. Growth strains cause losses in the economic value of wood and create negative effects on wood usage. This paper reviews the nature, formation and manifestation of growth stresses.

Keywords: Growth stresses, strain, wood structure, reaction wood, microfibrils.

1. Giriş

Dünyadaki en önemli hammaddelerden biri olan odun hammaddesi çok sayıda kullanım alanında değerlendirilen kompleks yapıda bir malzemedir. Bununla birlikte her kullanım yeri için ağaç malzemede belirli özellikler aranmaktadır. Ancak, ağaçlar hayatları boyunca çeşitli etkilere maruz kaldıkları için yapılarında oluşan kusurlar, ağaç malzemenin kalitesini etkileyerek, kullanım değerini düşürebilmektedir. Ağaç malzemenin özel bir kullanım yeri için uygun olan kalite özelliklerinden herhangi bir ayrılış, teknolojiye kusur olarak tanımlanmaktadır. Bu kusurlar, ağaç dikili haldeyken ya da kesildikten sonra oluşabildiği gibi yabancı organizmalar tarafından da meydana getirilebilmektedir. Gerilme kusurları, ağaçlar dikili halde iken oluşan büyüme ile ilgili kusurlardandır ve odunsu dokuların normal gelişimleri sonucunda, ağaçların çoğunda ortaya çıkmaktadır. Ağaçların kesilmesi ve işlenmesi sırasında çatlaklar, yarıklar ve şekil bozuklukları gibi deformasyonlar meydana gelmektedir. Oluşan deformasyonlar odun hammaddesinde önemli ekonomik kayıplara neden olmakta ve kullanım yeri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Bu çalışmada, büyüme gerilmelerinin yapısı, oluşum nedenleri ve belirtileri incelenmektedir.

2. Büyüme Gerilmelerinin Yapısı ve Oluşum Nedenleri

Büyüme gerilmeleri normal gelişim özellikleri gösteren ağaçlar için karakteristik olup, hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaçlarda ortaya çıkabilmektedir. Basınç odununun yüksek oranda bulunduğu iğne yapraklı ağaçlar dışında, bu grupta yer alan ağaçlar için tedirgin edici bir durum oluşturmamaktadır. Ancak geniş yapraklı ağaçlarda, özellikle rüzgar etkisi ile meydana gelen boyuna yöndeki büyüme gerilmeleri kritik öneme sahiptir (Banks, 1973; Haslet, 1988). Ağacın kendi ağırlığına ait basınç etkisi tarafından gövde de oluşturulan gerilmeler ise küçüktür (Banks, 1973). Rüzgar kuvvetinin etkisi altındaki ağaç gövdelerinin dış kısmında liflere paralel yönde oluşan gerilmeler, ön gerilmeler olarak tanımlanmakta ve gövdenin rüzgar alan tarafında meydana gelen basınç gerilmelerine karşı koymak amacıyla oluşturulmaktadır (Kubler, 1959). Ağaç gövdeleri yapılarında meydana gelen büyüme gerilmeleri ile dik duruş biçimlerini koruyabilmektedirler (Cassens ve Serrano, 2004).

Gerilmeler görünür olmamasına rağmen ölçülebilmekte ve büyüme deformasyonları olarak adlandırılmaktadırlar. Yaygın olarak basınçta elastikiyet modülü ve deneysel deformasyon ölçümlerinin bir değeri olarak tahmin edilirler (Nicholson,1973; Kubler, 1987). Odunda yoğunluğun, elastikiyet modülünün, anatomik yapının, lif yapısının ve dokuların dağılımının yüksek değişkenliğe sahip olması, gerilmelerin şiddetinin kesin olarak belirlenmesinde engelleyici faktörler olarak rol oynamaktadır. Ayrıca, büyüme gerilmeleri yapısal teorilere ve bazı deneysel sonuçlara dayanarak matematiksel olarak ta ölçülebilir. Ancak izlenmesi gereken basamaklar, birbirini takip eden oldukça zor ve çok sayıda analizlere dayanmakta olup, elde edilen sonuçlar da kesin değildir (Archer, 1986).

Jacobs (1938) tarafından yapılan çalışma büyüme gerilmeleri konusunda yararlı bir başlangıç noktası olmuştur. Lif gerilmeleri terimi ilk kez bu çalışmada kullanılmış ve odunsu gövdelerde büyüme gerilmelerinin kaynağını oluşturdukları ifade edilmiştir. Bu çalışmaya göre, büyüme gerilmeleri her yıl oluşan yıllık halkalarda önemsiz boyuna gerilmeler olarak fark edilmekte ve öze doğru uzanmaktadır. Sonuç olarak, öze doğru eşit miktarda basınç uygulayan kümülatif enine çekme gerilmeleri oluşturulmaktadır. Ancak bu açıklama ile büyüme sürecinde oluşan lif gerilmelerinin nedenini ve dikili haldeki ağaçlarda büyüme gerilmelerinin neden kalıcı bir özellik olduğunu anlamak zordur. Yine Jacobs (1939) tarafından yapılan bir çalışmada boyuna çekme kuvvetlerinin gövdenin iç kısmındaki bitişik tabakaları sıkıştırdığı ve böylece daha eskiden oluşmuş hücrelerde çekme kuvvetini azalttığı ifade edilmektedir.

Boyd (1950a; Nicholson ve ark., 1972) tarafından yapılan çalışmalarda ise büyüme gerilmelerinin lif hücrelerinde sekonder çeperin gelişimi sürecinde oluşmaya başladığı belirtilmektedir. Hücrelerin çeperindeki mikrofibriller arasına lignin depolanması lif hücrelerinde enine yönde genişlemeye, boyuna yönde ise kısılmaya neden olmaktadır. Henüz farklılaşmış lifler ve daha eski hücreler, kısılmanın sürmesini sınırlamakta ve böylece liflere paralel yönde çekme gerilmeleri gelişmektedir. Oluşan her yıllık halka ile birlikte, gövdenin dış kısmında bir gerilme birikimi meydana gelmektedir ve böylece ağacın çevresindeki gerilim, kümülatiftir. Çekme gerilmeleri, ilave odunsu tabakaların kümülatif etkisi ile öze yakın kısımlarda basınç kuvvetlerinin oluşmasına neden olur. Munch (1938); Kubler (1987); Plomion ve ark. (2001) yaptıkları araştırmalarda yukarıdaki araştırmaya paralel görüşler bildirmişlerdir.

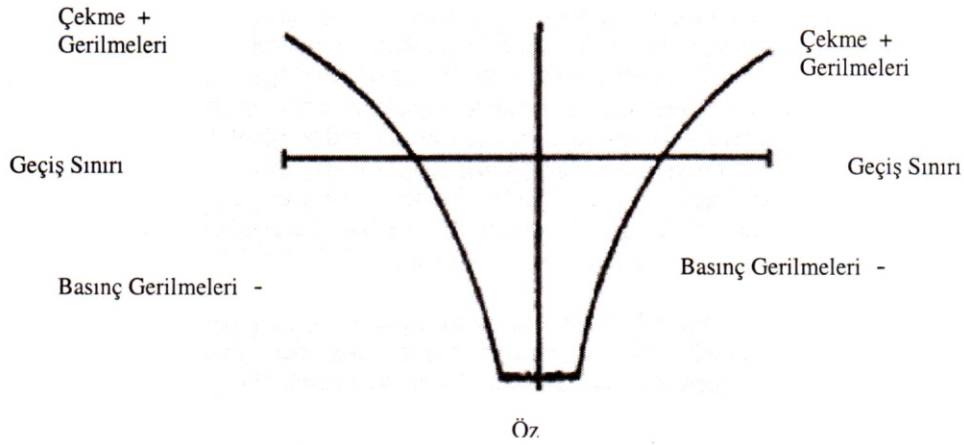
Jacobs (1965)'e göre, geniş yapraklı ağaçların boyuna eksenine doğrultusunda uzanan hücreler, çevrelerinde güçlü boyuna çekme gerilmeleri oluşarak olgunlaşmaktadırlar. Yine aynı araştırmada, çekme gerilmelerinin gövdenin iç kısımlarında oluşan eşit miktardaki basınç gerilmeleri tarafından dengelenmesi gerektiği de ifade edilmektedir.

Jacobs (1945 ve 1965)'a göre ağaçlarda boyuna büyüme gerilmelerinden başka enine büyüme gerilmeleri de oluşmaktadır. Ancak, enine gerilmelerin şiddeti boyuna gerilmelerden daha düşüktür. Öz çatlakları Dinwoodie (1966)'ya göre, öz yakınındaki radyal çekme gerilmeleri ile boyuna yöndeki basınç gerilmelerinden kaynaklanmaktadır. Burget ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, radyal gerilmelerin kaynağı olan paranzim hücrelerinin farklılaşmaları sürecinde, öz ışını dokusunun odun içindeki dağılımı incelenmiştir. Araştırma sonucunda, öz ışınları ile gövde eksenine paralel

yönde uzanan hücrelerin oluşturduğu dokuların farklı büyüme gerilmeleri içerdiği ve gövde içinde radyal çekme gerilmelerinin öz ışını dokusu tarafından meydana getirildiği tespit edilmiştir. Özellikle geniş öz ışınlarına sahip meşe ağaçlarında, radyal yönde çekme gerilmelerinin ortaya çıkışının öz ışını dokusu ile ilgisinin mekanik olduğuna dair bilgiler elde edilmiştir.

Ağaçlar mekanik ihtiyaçlara karşılık olarak büyüme gerilmeleri oluşturmakta, böylece gövde ve dalların yeniden yapılanması sağlanmaktadır. Örneğin reaksiyon odunu bulunan ağaçlar, genel olarak yüksek düzeyde boyuna büyüme gerilmeleri gösterme eğilimindedir. Çünkü, boyuna gerilmeler eğik ağaçların dik durumlarını yeniden kazanmalarına izin verir (Nicholson, 1973). Ancak reaksiyon odunundaki gerilmelerin kaynağı tartışmalı bir konudur. Genel bir teori olarak, reaksiyon odunundaki gerilmelerin kaynağının hücre çeperindeki mikrofibriller olduğu ifade edilmektedir. Bu teoriye göre çekme odununda liflerin sekonder çeperlerinin S_2 tabakasındaki mikrofibriller, boyuna yönde çekme gerilmeleri oluşturan, boyuna doğrultuda gerilmiş yaylar gibi davranırlar. Böylece, eğik ağaçları dik konuma getirmek için çekme kuvvetleri oluştururlar. Basınç odununda ise boyuna traheidlerin sekonder çeperlerinin S_2 tabakasındaki mikrofibriller, sıkıştırılmış helezonik yaylar gibi davranarak eğik ağaçları dik konuma getirmek için basınç kuvvetleri meydana getirirler. Çekme odunundaki jelatinli liflerde lignin bulunmayışı mikrofibrillerin maksimum çekme gerilmeleri oluşturmalarına izin verir. Basınç odununda ise lignin, basınç kuvvetlerini maksimize eden önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, odundaki lignin miktarı ile basınç kuvvetlerinin şiddeti arasında pozitif yönde bir korelasyon bulunmaktadır (Bamber, 2001).

Ağaç içerisindeki gerilmelerin dağılımı bir çok faktörün etkisi ile simetrik değildir ve varyasyonlar gösterir. Bir ağaç gövdesindeki gerilmelerin dağılımı (Şekil 1)'de basitleştirilerek gösterilmiştir.



Şekil 1. Ağaç gövdesinde büyüme gerilmelerinin dağılımı.

Figure 1. Distribution of growth stresses in a tree (Haslett, 1988).

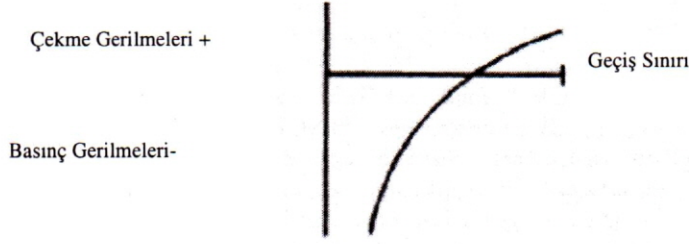
Şekil 1'de gövdenin dış kısmındaki çekme gerilmelerinin, geçiş sınırından merkeze olan uzaklığın üçte biri ile yarısı kadar ölçüde gerilmelerden arınmış dairesel bir alanı geçerek, gövdenin iç kısmında nasıl basınç gerilmelerine dönüştüğü görülmektedir.

Ağaç çapı ile büyüme gerilmelerinin şiddeti arasında bir ilişki olup olmadığına dair araştırmalar yapılmaktadır. Ancak elde edilen deneysel veriler çelişkilidir. Bazı araştırmalarda aralarında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenirken (Chafe, 1995; Muneri ve ark., 2000), diğer bazı çalışmalarda karşıt ilişki belirlenmiştir (Jacobs, 1945; Boyd, 1950b; Wilkins ve Kitihara, 1991a; Muneri ve ark.; 1999). Son grupta yer alan araştırmacılara göre, ağaçta mevcut ortalama gerilme şiddeti üzerinde gövde çapının etkisi az iken, gövdenin herhangi bir kısmındaki gerilme derecesi üzerinde gövde çapı etkili olmaktadır.

Gövde çapı arttıkça gerilmeler daha geniş bir alana yayılmakta ve buna bağlı olarak da gerilme eğimi azalmaktadır (Şekil 2). Pratikte de, kereste endüstrisinde çalışanlar tecrübelerine dayanarak büyük çaplı tomrukların daha küçük çaplı tomruklara göre, genellikle daha düşük büyüme gerilmelerine sahip olduklarını ifade etmektedirler. Şekil 2 incelendiğinde, büyük çaplı tomrukların daha küçük çaplı tomruklara göre daha düşük büyüme gerilmelerine sahip oldukları görülmektedir.

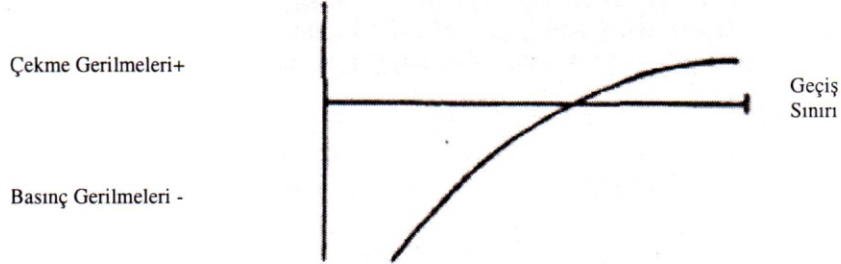
Öz

Küçük Çaplı Ağaçlar



Öz

Büyük Çaplı Ağaçlar

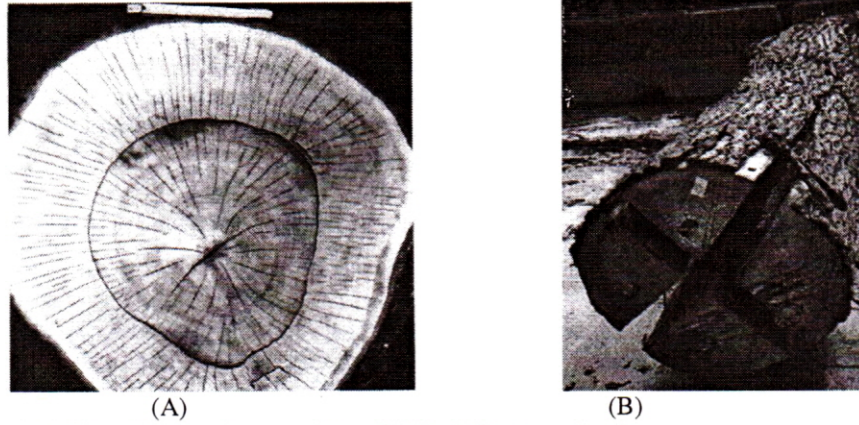


Şekil 2. Ağaç çapının gerilme eğimi üzerine etkisi
Figure 2. The effect of diameter on stress gradients in a tree (Haslett, 1988)

3. Büyüme Gerilmelerinin Belirtileri

3.1. Ağaç ve tomruklarda oluşan çatlak ve yarılmalar

Ağaçlar gövdelerinin dış kısımlarına yakın yerlerde boyuna yönde çekme gerilmelerinin, öze yakın kısımlarında ise basınç gerilmelerinin etkisi altındadır. Boyuna büyüme gerilmelerinin basınç etkisi ağaç gövdesinin çevre kısmından öze doğru artma eğilimi göstermektedir. Ağaçlar kesildiğinde ya da bölümlere ayrıldığında iç gerilim dengeleri değişmekte ve bu değişimler tomrukların uç kısımlarında Şekil 3'te gösterilen değişik tipte çatlaklara (öz ve halka çatlakları gibi), daha ileri aşamada ise yarılmaların oluşmasına neden olmaktadır (Malan, 1979).



Şekil 3. (A) Meşede öz ve halka çatlağı, (B) Cevizde uç yarılmaları.
Figure 3. (A) Ring and heart check in oak log (Erteld ve ark.,1963), (B) End splits in walnut log (Cassens ve Serrano, 2004).

Çatlaklar gövdede özden geçiyor ve radyal yönde uzanıyorsa, öz çatlakları adı verilmektedir. Gövdede öz ışınlarına dik çekme gerilmeleri yüksek bulunduğu durumlarda bu çatlaklar basit veya yıldız şeklinde olabilirler. Özellikle geniş öz ışınlarına sahip ağaçlarda görülmektedirler. Gövdede yıllık halka boyunca meydana gelen çatlaklara ise halka çatlağı adı verilmekte, hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaçlarda oluşmaktadır. Ağaç gövdesinde yarıçap doğrultusunda meydana gelen gerilmeler, gövdenin rüzgar ve kar yükü ile eğilmesi sonucu gelişen makaslama gerilmeleri ile kombine edildiğinde, makaslama gerilmeleri gövde odununda yıllık halka sınırında çatlamalara neden olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kesimden sonra enine kesitlerin maruz kaldığı hızlı kuruma ve oluşan farklı kuruma gerilmeleri enine kesitlerdeki çatlakların şiddetlenmesine neden olabilir. Gerçekte enine kesitlerde görülen çatlakları birbirlerinden ayırt etmek güçtür. Bu oluşumların nedeni büyüme gerilmelerine bağlanabilir, yine enine kesitlerin dış kısımlarındaki kurumalara bağlı olarak gelişebilirler ve her iki durumun kombinasyonu olarak da ortaya çıkabilirler. Ancak enine kesitlerde görülen çatlaklar büyüme gerilmelerinden kaynaklanıyorsa, kuruma gerilmelerinden kaynaklanana göre daha hızlı gelişirler ve bu süre genellikle kesimi takip eden üç gündür.

Yarılma, bir tomrukta liflerin boyuna yönde derinlemesine ayrılmasıyla meydana gelmektedir. Devirme sırasında gövde kütükten ayrılırken, iç gerilme kuvvetlerinin etkisinin kalkması yarılma ile sonuçlanabilir (Erdin ve Engür, 2001). Devirme tekniklerinde yapılan hatalar yarılmaların şiddetini arttırmaktadır. Yapılan teknik hatalar arasında devirme oyuğunun başarılı biçimde açılmamış olması ve bu duruma bağlı olarak uygulanan hatalı devirme kesimi ile devirme yönünün başarılı biçimde kontrol edilmemesi sayılabilir. Bunun sonucu olarak, ağaçların kayalara veya yere çarpması sonucunda oluşan kuvvetler beklenenden daha büyük olmaktadır. Eğer devirme oyuğunun alt ve üst yüzleri arasındaki açılı küçükse, ağaç zemine çarpmadan devirme

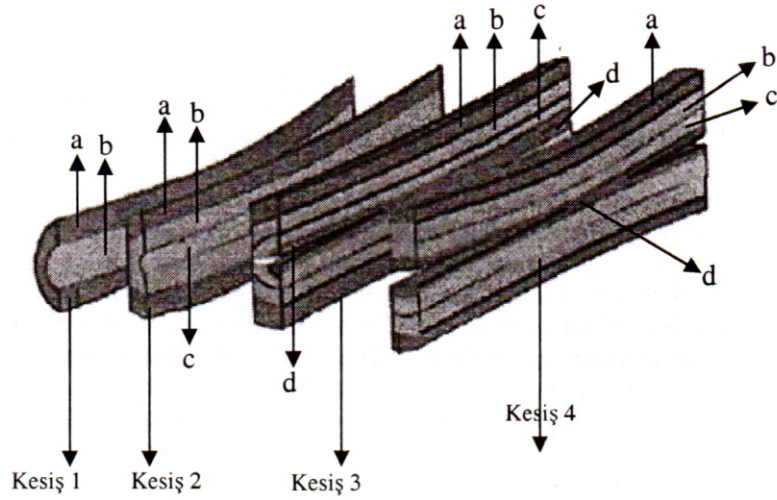
oyuğunun alt ve üst yüzelelerinin birbirine temas etmesi nedeni ile, devirme kesişinin üst kısmında makaslama gerilmeleri oluşmakta ve bu durum yarıkların oluşma eğilimini daha da artırmaktadır (Mattheck ve Walther, 1992).

Gerilmeler neticesinde oluşan deformasyonlar hemen kesimi takiben ortaya çıkmayabilir, genellikle bir hafta içinde ya transport sırasında ya da depolama esnasında oluşabilirler.

3. 2. Liflere paralel yönde yapılan biçme sırasında oluşan şekil değişimleri

Liflere paralel biçme işlemi sırasında gerilmelerin ortadan kalkması kendini genellikle şekil değişimleri halinde belli eder. Bazen bu şekil değişimleri ile birlikte çatlaklarda görülebilir. Biçme işleminden önce gözle görülebilen hiçbir çatlağa sahip olmayan tomruklardan elde edilmiş kerestelerin uç kısımlarında bile çatlaklar ortaya çıkabilir. Liflere paralel biçme işlemi sırasında malzemede oluşan gerilme dağılımları ve meydana gelen şekil değişimleri Şekil 4' de gösterilmiştir.

İlk kesiş odunun dış kısmı boyunca kapak tahtası elde etmek için yapılır ve biçme sırasında dışa doğru eğilmeler oluşur. Bu kesişte çekme gerilmeleri içten dışa doğru azalan bir eğri şeklindedir. Biçilmemiş tomruklardaki gerilmelerin dağılımı eğer Şekil 1'de gösterildiği gibi ise, kapak tahtasındaki en yüksek gerilme eğimi tomruğun yatay merkez çizgisi boyunca oluşmaktadır. En düşük gerilme eğimi ise yatay merkez çizgisine dik açı ile uzanan doğrultuda gerçekleşmektedir. Bunun nedeni olarak, yatay merkez çizgisinin biçme yüzeyinden daha uzakta olması düşünülmektedir. Hem geçiş sınırındaki daha büyük çekme gerilmeleri, hem de bu kısımdaki lif boylarının kapak tahtasının iç tarafındaki lif boylarından daha kısa olması nedeniyle gerilmelerde bir rahatlama meydana gelmektedir. Böylece kapak tahtasının kabuk tarafında içbükey yüzey, biçilmiş yüzeyi tarafında ise dışbükey yüzey oluşmaktadır. Sonuç olarak, kabuk tarafındaki yüzey boyuna yönde kısa, biçilmiş yüzey ise uzun olmaktadır.



Şekil 4. Liflere paralel biçme işlemi sırasında oluşan gerilme dağılımları ve şekil değişimleri.

Figure 4. Stress distribution and warping of during rip-sawing (European Union, 2001).

- a: Yüksek çekme gerilmelerinden orta dereceli gerilmelere geçiş bölgesi
- b: Orta dereceli çekme gerilmelerinden sıfır gerilmelere geçiş bölgesi
- c: Sıfır gerilmeden orta dereceli basınç gerilmelerine geçiş bölgesi
- d: Orta dereceden yüksek dereceli basınç gerilmelerine geçiş bölgesi

İkinci kesitte elde edilen kesitte her iki yüzey birbirine paraleldir ve daha karmaşık bir gerilme dağılımı söz konusudur. Maksimum gerilme eğimi kalınlığa bağlı olarak, odun yüzeyinin yatay çizgisine dik açı yapacak biçimde bulunabilir. Bu kesitte biçme işleminden önce liflerin çoğu yüksekten orta dereceye kadar çekme gerilmeleri altındadır ve biçme sonrasında liflerde kısalma oluşacaktır. Ancak Şekil 4'te "c" ile gösterilen kısımdaki lifler orta derecede basınç etkisi altındadırlar ve biçme işleminden sonra uzarlar. Sonuç olarak, çekme gerilmelerinin oluşturduğu çekme etkisi ve basınç gerilmelerinin oluşturduğu itme etkisinin birleşimi ile kesitte eğilmeler oluşmaktadır.

Üçüncü kesitte gerilme dağılımının daha da karmaşık olduğu, yine paralel yüzeylere sahip bir kesit elde edilmektedir. Bu durumda maksimum gerilme eğimi kesit merkezinden kabuğa doğru iki karşıt doğrultuda gerçekleşebilir. Teorik olarak çekme ve itme kuvvetlerinin birleşimi ile kabuk kısmına doğru kılıcına eğilme oluşur. Pratikte ise, kılıcına eğilmenin meydana gelebilmesi için kesitin orta kısmından yeterli miktarda yarılma gerekmektedir. Yarılma oluşmadığı takdirde kesitin her iki yarı kısmı birbirinden bağımsız hareket edemeyeceği için yukarıda adı geçen teori gerçekleşmeyecektir. Kesit üzerinde gevrek genç odun bulunması halinde gerilme eğimleri daha da karmaşık hale gelmektedir.

Dördüncü kesitte tamamen çeyrek kesiş yapılmakta ve radyal kesit elde edilmektedir. Bu kesitte biçme işlemi sırasında daha büyük gerilme eğimleri meydana

gelmekte ve kabuğa doğru kılıcına eğilme ile yarılmaların oluşma olasılığı artmaktadır (European Union, 2001).

3. 3. Liflere paralel veya dik yönde yapılan biçme işlemi sırasında testerelerde sıkışma ve gerilmelerin meydana gelmesi

Geniş çaplı tomruklar özellikle liflere paralel yönde biçilerek kısımlara ayrıldığında açıkça görülebilen şekil değişimleri oluşabilmektedir. Bu tip geniş çaplı tomruklarda biçilen yüzeyde uzama meydana gelir ve gövde kesiti kendi boyuna ekseni doğrultusunda boyutsal olarak değişime uğrayabilir. Bu durumun nedeni; gövde kesitinin orta kısmı çekme gerilmeleri etkisi altında iken gövde kesitinin iç ve dış kenarlarının boyuna basınç gerilmelerinin altında olmasıdır. Gövde kesitinin her iki tarafından levhalar kesildiğinde gerilme dönüşümü olmakta ve bu durum testerelerin sıkışmasına ve beklenen şekilde hareket edememesine neden olabilmektedir. Bu olumsuzluğu önlemek için geniş çaplı tomruklar ilk biçme işleminden önce yarıya bölünmeli ya da çeyrek kesiş yapılmalıdır. Böylece tomruk merkezinde toplanan basınç gerilmelerinin etkisinin ortadan kalkması sağlanabilir (Jacobs, 1965).

Liflere dik yönde yapılan biçme işlemi sırasında testerenin tomruğa ilk girişinde dış kısımdaki çekme gerilmeleri odunu bir tarafa çekerken, kesiş basınç gerilmelerinin bulunduğu merkeze doğru derinleştikçe, basınç gerilmeleri serbest kalarak büyümekte ve testere sıkıştırılmaktadır(Wilhelmy-von, 1971).

3. 4. Gevrek odun oluşumu

Büyüme gerilmelerinin diğer bir belirtisi de genç odun bölgesinde görülen gevrek odun oluşumudur. Gövdenin genç odun kısmındaki basınç gerilmeleri, boyuna yönde uygulanan basınçta odunun elastiklik sınırını fazlasıyla aşan miktarda ve gittikçe artan şekilde oduna teorik bir yük yükleyebilir (Jacobs 1965). Ağaç çapı arttıkça etkide artar ve bu etki bazen genç odunda lif hücrelerinin çeperlerinde çok ince basınç çatlaklarının oluşumuna veya çeper tabakalarında kaymalara ya da düşük dirençli gevrek odun oluşumuna neden olur. Gevrek odunun varlığı her zaman gözle tespit edilemez. Genellikle normal oduna göre daha düşük yoğunluktaki genç odundan oluşması nedeni ile kolay biçilir, daha açık renkli olabilir, biçilmiş malzemenin enine kesit yüzeylerinde gevşek lif demetlerine rastlanır ve kolay kırılma özelliği gösterir (Hillis, 1984). 1x1cm'lik gevrek odun içeren örneklerin kolayca kırıldığı görülürken, masere edilmiş örneklerde lif hücrelerinin boyuna eksenlerine dik yönde uzanan çatlaklar görülür(Dadswell, 1958).

Gevrek odun tomrukta önemli değer kaybına neden olur, bu nedenle uzaklaştırılması gerekmektedir.

4. Sonuç

Büyüme gerilmeleri normal gelişim özellikleri gösteren ağaçlar için karakteristik olup, hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaçlarda ortaya çıkabilmektedir. Geniş yapraklı ağaçlarda boyuna büyüme gerilmeleri kritik öneme sahip iken, iğne yapraklı ağaçlardan sadece yüksek oranda basınç odunu içerenler için problem oluşturmaktadır. Ağaçların yapısında boyuna büyüme gerilmelerinden başka enine büyüme gerilmeleri de bulunmaktadır. Ancak, enine gerilmelerin şiddeti boyuna gerilmelerden daha düşüktür. Gözle görülmemekle birlikte, ağaç malzemedeki oluşturdukları deformasyonların ölçülmesi ile gerilmelerin şiddeti belirlenebilmektedir. Ağaçların kesilmesi, tomruklara ayrılması ve kereste üretimi sırasında büyüme gerilmeleri ortadan kalkmakta olup, odunda çatlaklar, yarılmalar, şekil değişimleri gibi deformasyonlara neden olmaktadır. Oluşan deformasyonlar hammadde odunda önemli ekonomik kayıplar meydana getirmekte ve kullanım yeri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Büyüme gerilmelerine bağlı problemlerle odun işleyen endüstrilerde yaygın olarak karşılaşmaktadır. Ancak konu ile ilgili teorik bilgilerde yetersizlik, deneysel verilerde çelişki ve büyüme gerilmelerinin oluşum nedenlerine dair temel bilgilerde tereddütler söz konusudur. Bu nedenle gerek Orman Mühendisliği gerekse Orman Endüstri Mühendisliği alanında çalışan araştırmacıların büyüme gerilmelerinin yapısını ve oluşum nedenlerini anlamaya yönelik çalışmalara ağırlık vermesi gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Archer, R. R., 1986.** Growth Stresses and Strains in The Trees. Springer-Verlag, Berlin.
- Bamber, R. C., 2001.** A general theory for the origin of growth stresses in reaction wood: how trees stay upright. *IAWA Journal*. 22 (3): 205-212.
- Banks, C. C., 1973.** The strength of trees. *Journal of the Institute of Wood Science*. 6(2): 44-50.
- Boyd, J., 1950a.** Tree growth stresses III, the origin of growth stresses. *Australian Journal of Science Resource*. B.3: 294-309.
- Boyd, J., 1950b.** Tree growth stresses II, the development of shakes and other visual features in timber. *Australian Journal of Applied Science*.1(3): 296-312.
- Bozkurt, A. Y. ve N. Erdin, 2000.** Odun Anatomisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 4263/466. Dilek Matbaası, İstanbul.
- Burget, I., T. Okuyama and H. Yamamoto, 2003.** Generation of radial growth stresses in the big rays of konora oak trees. *Journal of Wood Science*. 49: 131-134.
- Cassens, D. L. and J. R. Serrano, 2004.** Growth stress in hardwood timber. Proceedings of the 14th Central Hardwood Forest Conference, 16-19 March. Wooster, Ohio.

- Chafe, S. C., 1995.** Peripheral growth stresses and tree diameter in Eucalyptus. *Journal of the Institute of Wood Science*.13 (5): 523-525.
- Dadswell, H. E., 1958.** Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. *Journal of the Institute of Wood Science* 1: 2-23.
- Dinwoodie, J. M., 1966.** Growth stresses in timber: a review of literature. *Journal of Forestry*. 39(2): 162-170.
- Erdin, N. ve M. O. Engür, 2001.** Odun Kusurları. Dilek Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Erteld, W., H.J. Mette and W. Achterberg, 1963.** Holz Fehler In Worth Un Bild.
- European Union, 2001.** Sawmilling systems suitable for processing *Eucalyptus globulus* affected by growth stresses. Fair project CT-98 9579, CIS-Madera. 6: 8-37.
- Haslet, A. N., 1988.** Handling and grade sawing of plantation-grown Eucalyptus, *New Zealand Forest Research Institute Bulletin*. No: 142, Rotoura.
- Hillis, W. E., 1984.** Wood Quality and Utilisation. In W. E. Hillis and A. G. Brown (eds) *Eucalyptus for Wood Production*. CSIRO and Academic Press Sydney.
- Jacobs, M. R., 1938.** The fibre tension of woody stems with special reference to the genus Eucalyptus, *Commonwealth Forestry Bureau Bulletin*. No: 22, Canberra.
- Jacobs, M. R., 1939.** Furthering studies on fiber tension. *Commonwealth Forestry Bureau Bulletin*. No: 24, Canberra.
- Jacobs, M. R., 1945.** The growth stresses of woody stems. *Commonwealth Forestry Bureau Bulletin*.No: 28, Canberra.
- Jacobs, M. R., 1965.** Stresses and strains in tree trunks as they grow in length and width. *Commonwealth of Australia Forestry and Timber Bureau Leaflet*. No: 96.
- Kubler, H., 1959.** Studies on growth stresses in trees. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 17(1): 1-9.
- Kubler, H., 1987.** Growth stresses in trees and related wood properties. *Forest Abstract Journal*. 48: 131-189.
- Malan, F. S., 1979.** The control of end splitting in sawlogs: a short literature review. *South African Forestry Journal*. 109: 14-18.
- Mattheck, C. and F. Walther, 1992.** A new felling technique to avoid end-splitting of deciduous trees. Proceedings of IUFRO V, Nancy, France.
- Munch, E., 1938.** Statics and dynamics of the cell wall's spiral structure, especially in compression wood and tension wood. *Flora*. 32: 357-424.
- Muneri, A., W. Leggate and G. Palmer, 1999.** Relationships between surface growth strain and some tree, wood and sawn timber characteristics of *Eucalyptus cloeziana*. *South African Forestry Journal*. 186: 41-49
- Muneri, A., J. Knight, W. Leggate and G. Palmer, 2000.** The future *Eucalyptus* for wood products. Paper presented at the IUFRO Conference, Launceston.
- Nicholson, J. E., 1973.** Growth stress differences in *Eucalyptus*. *Forest Science*. 19(3): 169-174.
- Nicholson, J. E., G. S. Campbell and D. F. Bland, 1972.** Association between wood characteristics and growth stress level. *Wood Science*. 5: 109-117.
- Plomion, C., G. Leprovost and A. Stokes, 2001.** Wood formation in trees1. *Plant Physiology*. 127: 1513-1523.

- Willhelmy-von, V., 1971.** Residual stresses in wood and their effect on crack development. Ph.D.diss., University of Wisconsin, Madison, WI.
- Wilkins, A.P. and R. Kitahara, 1991.** Silvicultural treatments and associated growth strains and wood properties in 12.5 year old *Eucalyptus grandis*. *Australian Forestry Journal*. 54: 99-109.