

ODUN YAPISI ÜZERİNDE ETKİLİ FAKTÖRLER

The Factors Affecting Wood Structure

A. Dilek DOĞU

**İ.Ü. Orman Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı**

İ.Ü. Faculty of Forestry, Forest Biology and
Wood Preservation Technology Department

80895 Bahçeköy / İSTANBUL

DOĞU AKDENİZ ORMANCILIK ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜĞÜ

DOA DERGİSİ (Journal of DOA)

Sayı:8 Sayfa: ... Yıl:

ÖZET

Ağaçlar gelişmeleri sırasında farklı faktörlerin etkisi altında kalarak, farklı odun özellikleri göstermektedirler. Odun yapısındaki değişimleri meydana getiren etkenler ağacın yaşı, genetik özellikleri ve içinde bulunduğu çevre şartlarıdır. Bu çalışmada; farklılık oluşturan önemli faktörler ve hangi odun özellikleri üzerinde etkili oldukları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Odun özellikleri, Ağaç yaşı, Genetik özellikler, Çevre şartları.

ABSTRACT

Trees are affected by some different factors during their growing period and shows different wood properties. Factors that cause to change some properties on wood structure are tree age, genetic properties and environmental factors. In this study, important factors and their influences on wood properties were examined.

Key Words: Wood properties, Tree age, Genetic properties, Environmental factors.

1. GİRİŞ

Aynı türe ait ağaçların, yada tek bir ağacın çeşitli kısımlarından alınan odun örneklerinde görünüş, anatomik yapı, fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki farklılıklar odunun değişkenliği olarak kabul edilmektedir. Bu değişkenlik odunun orijininin kaynaklanmaktadır. Büyüme sürecinde, çok sayıda iç ve dış faktörlerin etkisi altında olması nedeni ile oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bu faktörler, ağacın büyüme hızını ve odun oluşumunu etkilemektedir (WILSON ve WHITE, 1986). Ağaçta büyüme süreci oldukça uzun olduğundan, faktörlerden birinin yada birkaçının değişimi odun özellikleri üzerinde farklılaşmaya neden olabileceğinden ağaç malzemenin belirli bir amaç için uygunluğu ve kalitesi de etkilenecektir. İklim, toprak, coğrafik şartlar, gıda maddesi temini, insan faktörü, diğer ağaçlarla rekabet, silvikültürel müdahaleler gibi çevre faktörlerinin etkisi odun yapısı üzerinde görülebilir. Yine dalların kırılması, ağaçların devrilmesi ile oluşan zararlar, yangın, don etkisi, orman hayvanlarının verdikleri zararlar ve bunun gibi tesadüfen ortaya çıkan faktörlerin etkisiyle odunun yapısında farklılıklar oluşmaktadır. Ayrıca yaş faktörü, ağacın büyüme hızı ve modeli üzerinde etkili olmaktadır. Bazen, benzer büyüme şartları altında gelişen aynı türe ait ağaçların kendi aralarında bile genetik yapı ve ekotipik orijinlerinden kaynaklanan farklılıklar bulunabilmektedir. Ancak, odun yapısında meydana gelen değişikliklerin tek bir faktörden mi yoksa faktörler kombinasyonundan mı kaynaklanmakta olduğunun belirlenmesi oldukça güçtür.

Ağaç malzemenin kullanım yerinin belirlenebilmesi için, belirli özelliklerinin bilinmesi gerektiğinden yukarıda belirtilen faktörlerin etkisiyle oluşan odunun değişkenlik derecesinin bilinmesi gerekmektedir. Çünkü, odun özelliklerini etkileyen faktörlerden birinde meydana gelecek değişme, ağaç malzemenin belirli bir kullanım alanı için uygun olan özelliklerin ortadan kalkmasına neden olabilecektir.

2. AĞAÇ YAŞININ ODUN YAPISINDA MEYDANA GETİRDİĞİ DEĞİŞİKLİKLER

2.1. Yıllık Halka Yapısı ve Hücre Morfolojisindeki Değişmeler

İğne yapraklı ağaçlarda ilk oluşan yıllık halkalarda yaz odunu tabakası fazla belirgin değildir. Yine öze yakın kısımlarda ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaş ve az belirgin olmaktadır. Çok yaşlı ağaçlarda kabuğa yakın kısımlardaki yıllık halkalar oldukça dar olup, yaz odunu tabakası çok incedir. Halkalı traheli düzene sahip geniş yapraklı ağaçlarda ise ilk yıllarda trahe düzeni, dağınık diziliştir.

Özden çevreye doğru hücre boyutlarındaki değişimler incelendiğinde, minimum değerlerin öze yakın kısımlarda bulunduğu görülmektedir. Kambiyumun olgunlaşmaya başlaması ile hücre boyutlarında önce hızlı bir artış olmakta, kambiyum yaşlandığında bu artış hızı azalmakta, ya da herhangi bir değişme görülmemektedir. İğne yapraklı ağaçlarda traheidlerde ve geniş yapraklı ağaçlarda liflerde boy artışı öze yakın kısımlarda hızla artarken, trahelerde nispeten yavaş bir artış görülmekte ya da hiçbir artış görülmemektedir. İğne yapraklı ağaçlarda artan yaşla birlikte traheid çapları ve çeper kalınlıklarında meydana gelen artış, uzunluklarından daha az olmaktadır.

2.2. Öz Odun Oluşumu

Ağaç yaşının artması ile odun yapısında meydana gelen değişmelerden birisi de öz odun oluşumudur. Odun dokusu içerisinde iletim ve destek görevi yapan hücrelerle birlikte, depolama görevini üstlenmiş yaşayan parankim hücreleri bulunmaktadır. Ancak zaman içerisinde parankim hücrelerinin protoplazmaları ölür. Böylece ksilemin fizyolojik olarak görevi sona erer ve özün çevresinde öz odun adı verilen tabaka oluşmaya başlar. Bir ağaçta öz odunun oluşum yaşı ortalama olarak 14-18 yaşlar arasındadır. Odunda bu kısmın değişkenliği direkt olarak yaşla ilgilidir (HILLIS ve DITCHBURNE, 1974). Ayrıca toprak, iklim ve yetiştirme yeri şartları da öz odunun oluşum zamanı üzerinde etkili olmaktadır. Genç odundan ergin oduna geçiş süresinin kısa oluşu ve/veya yüksek büyüme

hızı, maksimum öz odun miktarının arzu edildiği yerlerde istenilmemektedir.

Öz odun ile kabuk arasında yer alan ve genel olarak açık renkli olan kısım ise diri odundur. Diri odun genişliği üzerinde ağaç yaşı, yetiştirme yeri ve ağacın meşcere içerisinde bulunduğu yer önemli rol oynamaktadır. Öz odun oluşumu sırasında her yıl kaç yıllık halkanın öz oduna dönüştüğü bilinmemektedir, ancak diri odun genişliği yıllık halka sayısı bakımından daima sabit kalmaktadır.

Ağaçta yaşın ilerlemesi ile birlikte öze yakın kısımda kalan öz odunda değişimler meydana gelmektedir. Bunlar, ekstraktif maddelerdeki kimyasal farklılıklar, ince basınç çatlaklarının oluşması ya da mantar saldırısına uğrama gibi artan yaşla birlikte ilerleyen değişimlerdir. Böylece, yeni oluşan öz odun kalitesi, daha önce oluşan öz odundan daha yüksektir. Kısaca, ağacın yaşı ilerledikçe öze yakın kısımdaki öz odun kalitesini kaybetmektedir.

2.3. Genç ve Ergin Odun

Ağaçlarda artan yaşla birlikte farklı özelliklere sahip odun kısımları oluşmaktadır. Genel olarak, ağaçların ilk 5-20 (25) yıllık periyodunda genç odun, 200 yaşından sonra ise yaşlı odun oluşmaktadır. Genç odun ile yaşlı odun arasında kalan odun kısmı ise ergin odun olarak isimlendirilmektedir.

Genç odun, genç bir kambiyum tarafından üretilmektedir. Genç ağaçlarda tüm ksilem genç odundan oluşurken, ileri yaşlarda, genç odun ve onu çevreleyen ergin odundan oluşmaktadır. Genç odun kısmında yıllık halka genişliği fazla, yaz odunu katılım oranı ile yaz odunu yoğunluğu daha az, hücrelerin boyları kısa, selüloz az, lignin fazla, S₂ tabakasında mikrofibril açıları büyük, kristallik derecesi ve yoğunluk düşüktür. Genç ve ergin odun, aynı ağaçta iki farklı yapı olarak düşünülmelidir. Ergin odun, ağaç türünün normal özelliklerini gösterirken, genç odun aynı ağaç içerisinde bulunmasına rağmen, gerek anatomik gerekse fiziksel özellikler bakımından daha düşük kalite özelliklerine sahiptir. Ancak, genç odunun nerede bittiği ve ergin odunun

nerede başladığı tam olarak bilinmemektedir. Kaba bir yaklaşımla ergin odun başlangıcı, gövdede öz odunun oluşmaya başladığı yıllara rastlamaktadır.

Yaşlı odun ise, çok yaşlı ağaçlarda oluşmaktadır. Yaşlı odunda yıllık halkalar çok dar, yaz odunu oranı düşük, hücreler kısa ve çeperleri daha ince, lignin miktarı fazla ve selüloz miktarı azdır.

2.4. Ultra Mikroskopik Yapı ve Kimyasal Kompozisyonda Değişmeler

Ağacın ilk yıllarında oluşan hücrelerin S₂ tabakasındaki mikrofibril açısı büyük olup, iğne yapraklı ağaçlarda mikrofibril açısındaki değişim, geniş yapraklı ağaçlardan daha büyüktür. Aynı şekilde, ağaçlardaki kristallik derecesi özden çevreye doğru artış göstermektedir.

Selüloz miktarı artan yaşla birlikte artış göstermekte ve ağaç türleri ile ilgili olarak artış oranı %3-20 arasında değişim göstermektedir. Hemiselüloz miktarı, özden çevreye doğru %3 kadar azalmaktadır. Lignin miktarı ise, iğne yapraklı ağaçlarda özden çevreye doğru %1.5-3.0 kadar azalma gösterirken, geniş yapraklı ağaçlarda bu konuda yapılan araştırmalar sınırlı düzeyde kalmaktadır. Ancak, genel eğilim lignin miktarındaki değişmelerin fazla olduğu yönündedir. Ekstraktif maddelerin miktarı, reçine hariç öz odun katılım oranı ile ilgili olarak değişmektedir. İğne yapraklı ağaçlarda öze yakın kısımlarda ekstraktif madde ve reçine miktarı daha yüksektir. Yine öz odunun dış kısmında ve kabuğa yakın kısımlarda reçine miktarında bir artış söz konusudur (BOZKURT ve ERDİN, 1997).

3. ÇEVRESEL FAKTÖRLERİN ODUN YAPISI ÜZERİNE ETKİSİ

Ağaçların gelişim süreci içinde dış faktörlerin etkisi odun yapıları üzerinde etkili olmaktadır. Çünkü, çevre faktörleri tüm biyolojik prosesler için gerekli olan fiziksel şartları hazırlamaktadır. Yani, ağacın gelişimi sırasında odun yapısı üzerinde belirli derecede etkisi olmayan hiçbir çevresel faktör yoktur. Bu faktörler sıcaklık, ışık şiddeti, su miktarı, gıda maddesi, fotoperiod, iklim özellikleri, coğrafik şartlar olup,

ayrıca rüzgar, don etkisi, yangın, sel, silvikültürel müdahaleler ve çevre kirliliği gibi belirli aralıklarla etkili olan dış faktörler de söz konusudur (WODZICKI, 2001).

Bu bölümde, odun yapısında değişim meydana getiren dış faktörler ile bu faktörlerin etkisi altında kalan odun özelliklerinden önemli olanlar ele alınacaktır.

3.1. Çevresel ve Coğrafik Faktörler

Genel olarak yıllık halka genişliği, ağaçların gelişimi ile iklim özellikleri arasında ilişki kurmak için kullanılmaktadır (FRITTS, 1976). Diğer bazı çalışmalarda ise, traheid hücrelerinin boyutları (VAGANOV, 1990) yada trahe hücrelerinin büyüklüğü ve düzeni bu ilişkinin belirlenebilmesi için incelenmektedir (WOODCOCK, 1989; WOODCOCK ve IGNAS, 1994; SASS ve ECKSTEIN, 1995). Yıllık halka yoğunluğundaki değişimler de iklim özelliklerindeki değişimleri göstermektedir (VILLALBA ve VEBLEN, 1996). İğne yapraklı ağaçlar bazen, minimum yaz odunu yoğunluğu nedeni ile belirgin olmayan yıllık halka sınıрыyla kendini belli eden yıllık halkalar geliştirebilirler. Bu tip oluşumlar volkanik patlamalar gibi klimatik olayların göstergesi olabilir (FILION ve ark., 1986; DELWAIDE ve ark., 1991; EVANS ve ark., 1996; GINDL, 1999). Vejetasyon mevsimi boyunca meydana gelen don olayları zaman zaman yaz odunundaki hücrelerin yapılarında bozulmalar oluşturarak don halkası oluşumuna neden olabilmektedir (LAMARCHE ve HIRSCHBOECK 1984; BRUNSTEIN, 1996). Yine birim alandaki reçine kanalı sayısının sıcaklıkla ilişkili olduğu (WIMMER ve GRABNER, 1997), bir başka çalışmada ise, iğne yapraklı ağaçlarda yıllık halka içersindeki radyal yöndeki çatlakların rüzgar, kuraklık ve don olaylarını işaret ettiği belirtilmektedir (CHERUBINI ve ark., 1997).

WIMMER ve GRABNER (2000) tarafından yapılan çalışmada, yaklaşık olarak hepsi 70 yaşında olan *Picea abies* ağaçları kullanılmıştır. Araştırmanın amacı, tarihlendirilmiş yıllık halka serilerinde belirlenen 16 parametreden hangilerinin iklimle ilişkili olduğunun belirlenmesidir. Çalışma sonunda şu veriler elde edilmiştir. Temmuz ve ağustos aylarında ortalamanın üstünde oluşan yağış miktarı, yaz odunu oranının artmasına neden olmaktadır. Yaz aylarındaki (haziran-temmuz-ağustos) sıcaklığın,

yıllık halkalarda yaz odunu hücre çeperi oranı, ortalama yaz odunu oranı ve maksimum yoğunluk üzerinde pozitif yönde kuvvetli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ağustos ve eylül aylarındaki yağış miktarı ile aynı özellikler arasında ise, negatif yönde bir korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Klimatik etkilerin ilkbahar odunu üzerindeki etkisinin ise zayıf olduğu görülmüştür. Reçine kanalı yoğunluğu, mikrofibril açısı, öz ışını yüksekliği ve öz ışını hücre sayısının klimatik faktörlere gösterdiği tepkiler, yoğunluk parametrelerine oranla daha zayıf bulunmuştur.

ECKSTEIN ve FRISSE (1982)' ye göre halkalı traheli düzene sahip ağaç türlerinden *Quercus spp.*'de, trahe alanı klimatik şartlarla ve özellikle de yağış miktarı ile güçlü bir ilişki içinde olup, bu ilişki klimatik şartlarla yıllık halka genişliği arasındaki ilişkiden daha kuvvetlidir. SASS ve ECKSTEIN (1992, 1995) aynı ilişkinin dağınık traheli ağaçlardan *Fagus sylvatica* için de geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Yapılan birçok çalışma, hücre çapı, hücre uzunluğu ve frekans gibi kantitatif trahe özelliklerinin ekolojik trendlere bağlı analizleri üzerine odaklanmıştır (ALVES ve ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000). WORBES (1995), trahelerin kurak ortamlarda gruplaşma eğiliminde olduklarını belirtmektedir. Oysa, traheler rutubetli ortamlarda çoğunlukla tek tek ve nadiren gruplar halinde bulunmaktadır (CARLQUIST, 1966; CARLQUIST ve HOEKMAN, 1985; FAHN ve ark., 1986; LINDORF, 1994). Trahelerde spiral kalınlaşmaların olması açık bir şekilde sıcaklık ve subtropikal şartlarla ilişkilidir (CARLQUIST, 1966; BAAS, 1973; VAN DER GRAAFF ve BAAS, 1974; SCHMID ve BAAS, 1984; BAAS ve ark., 1988).

ALVES ve ANGYALOSSY-ALFONSO (2000) tarafından yapılan çalışmada, Brezilya'da geniş bir alana yayılmış ağaç türlerinin odunlarında trahe ve yıllık halka yapısı üzerinde ekolojik trendlerin etkisi araştırılmıştır. Araştırmada 22 familya, 133 cins, 491 tür üzerinde çalışılmıştır. İncelenen örneklerin % 48'inde yıllık halkaların belirgin olduğu görülmüş ve bu durum ılıman ve orta mezotermik iklimle ilişkilendirilmiştir. Yıl boyunca sıcaklıktaki değişimler, kambiyum aktivitesini etkileyerek yıllık halkaların oluşumuna neden olmaktadır. Yıllık halkaların bulunmaması ise Akdeniz iklimi ile istatistiksel bir ilişki göstermektedir. Bu iklim, Brezilyanın Kuzeydoğu bölgesinde görülmekte olup, rutubet ve sıcaklıkta büyük bir değişim görülmemektedir. Ancak,

bu iklim yağış miktarı ve sıcaklık gibi mevsimsel özellikleri ile Kaliforniya, Avrupa, Güney Avustralya ve Güney Afrika'nın tipik Akdeniz ikliminden farklıdır. Yine aynı araştırmada, incelenen ağaç türlerinin % 84'ünün dağınık traheli olduğu sonucuna ulaşılmış ve sub-warm iklim ile diagonal/radyal trahe dizilişi arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu iklimde yaz aylarında yüksek sıcaklık, kışın ılıman iklim hakim olup, en düşük sıcaklıklar 15-18⁰C arasında değişmektedir. Diğer trahe diziliş düzenlerinin ılıman-mezotermik iklimle pozitif yönde ilişkili olduğu gözlenmiştir. Ağaç türleri, mevsimlere bağlı ısı değişimleri nedeniyle dağınık traheli düzenden bazı sapmalar göstermektedir. Brezilya'da sub-warm ve ılıman mezotermik iklimler yüksek enlemlerde bulunmaktadır, yine trahe düzeni ile enlem arasında ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, BAAS ve ark., (1988) ile LI ve ark., (1995) tarafından da doğrulanmaktadır. Brezilya'nın güneydoğu bölgesi ile yarı yaprak döken mevsimsel ormanlarda traheler çoklu gruplar halinde bulunmakta iken, kuzey bölgelerde bu gruplaşmalar görülmemektedir. Makroiklim bakımından her iki bölgenin analizi yapıldığında, güneydoğu bölgesinin kuzey bölgesinden daha yüksek enlemlerde bulunduğu ve trahelerdeki gruplaşma eğiliminin, fiziksel veya fizyolojik kuraklık süresince güvenli su iletiminin sağlanabilmesi için gerçekleştiği şeklinde açıklanmaktadır. Bu çalışmada, incelenen örneklerin % 95'inde basit perforasyon tablasının bulunmakta olduğu, buna karşılık çok düşük miktarda çoklu perforasyon tablosuna rastlanıldığı belirtilmiştir. BAAS ve SCHWEINGRUBER (1987), CARLQUIST ve HOEKMAN (1985) tarafından, çoklu perforasyon tablalarının nadiren düşük rakımlı tropikal ormanlarda, soğuk ve çok soğuk bölgelerle, tropik yüksek dağ floralarında ise fazla yaygın olduğu belirtilmektedir. WHEELER ve BAAS (1991) tarafından kurak, sıcak tropikal bölgelerde merdivenimsi perforasyon tablalarının eliminasyonu yüksek sıcaklıktan kaynaklanan fazla miktardaki transpirasyon oranına bağlanmıştır. Bu bölgelerde iletimin en iyi şekilde gerçekleştirilebilmesi için basit perforasyon tablaları en iyi uyumu sağlamaktadır.

PRIYA ve BHAT (1998) tarafından, *Tectona grandis*'de yapılan çalışmada muson yağmurları öncesi kısa süreli yağışların kambiyum istirahatine ara verdiği ve daha yüksek yağış miktarının daha fazla odun oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada, Güney Hindistan'da yıllık yağış miktarının maksimum düzeyde olduğu dönemde kambiyum aktivitesinin de en üst noktaya ulaştığı bildirilmektedir.

Bir meşcere içinde yetişen aynı tür ağaçlarda dominant karakterde olanlarla, baskı altında yetişenler arasında değişik odun yapısı söz konusu olabilmektedir. Yine, vejetasyon mevsiminde yağışların fazla ya da az olması yıllık halka yapısını değiştirmektedir. Yıllık halka yapısındaki değişiklik ise yoğunlukta farklılıklar meydana getirmektedir. Ağaçlarda tepe tacının büyümesi ve gelişmesi de önemli bir faktördür. Çünkü, tepe tacı öz odunun başlamasına ve büyüklüğüne etki yapmaktadır. Tepe yapısı büyük olan ağaçlarda öz odun oluşumu gecikir. Yine, tepe kısmının büyümesi ilkbahar odunu miktarını artırır. Ağaçların güneş ve gölge tarafında da bazı farklılıklar vardır. Güneşli taraftaki traheid ya da liflerin uzunlukları, gölge tarafındakinden daha kısa olabilmektedir (BOZKURT ve ERDİN, 1997).

Yapılan araştırmalarda, tohum orijinlerinin odun özellikleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Örneğin, *Picea abies*'te yapılan araştırmalar, Almanya orijinli tohumlardan yetiştirilmiş meşcerelerden elde edilen selülozun, Norveç orijinli meşcerelerden elde edilen selülozdan %20-25 kadar daha fazla olduğunu göstermiştir. Yağmur suyu veya taban suyu seviyesi, yaz odunu oranını etkiler.

İğne yapraklı ağaçlarda yapılan araştırmalar; vejetasyon mevsiminde optimum su bulunmasının, hem ilkbahar hem de yaz odunu gelişimini arttırdığını, maksimum yaz odunu oranı ve yüksek yoğunluğa neden olduğu ortaya çıkmıştır (BOZKURT ve ERDİN, 2000).

3.2. Silvikültürel Faaliyetlerin Odun Yapısı Üzerine Etkileri

Kalite, belirli bir kullanım yeri için ağaç malzemenin uygunluğunu gösteren kriterdir. Çünkü herhangi bir kullanım yeri için aranan bir özellik, diğer bir kullanım yerinde tercih edilmeyebilmektedir. Belli bir kullanım yeri için ağaç malzemenin uygunluğunu tayin eden faktörler arasında yoğunluk, yıllık halkaların yeknesaklığı, öz odun oranı, lif uzunluğu, genç odun ve reaksiyon odununun bulunuşu, budaklılık, lif kıvrıklığı, kimyasal kompozisyon ve ekstraktif maddelerin kalitesi sayılabilir. Bu faktörler, çeşitli silvikültürel müdahalelerle kontrol altına alınabilmektedir. Örneğin, ağaçlar arası mesafeyi ayarlayarak veya suni budama yaparak, ya da ihtiyaç duyulan besin ve su miktarının

sağlanmasıyla büyüme teşvik edildiğinde, bazı odun özellikleri üzerinde önemli değişiklikler yapılabilmektedir.

3.2.1. Dikim Aralıkları

Dikim aralıkları herşeyden önce ağaçların yetiştirme ortamından faydalanma derecesini belirler. Belirli limitlerdeki su ve besin maddesi ile maksimum güneş ışığının mevcudiyeti, ağaçların gelişimi için istenilen bir durumdur. Geniş aralıklarla dikilmiş ağaçlar, sık aralıklarla dikilmiş ağaçlardan daha hızlı büyümektedir. Büyüme hızı ise odun yoğunluğu ve direnç özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Bu durum özellikle halkalı ve yarı halkalı trahae düzenine sahip geniş yapraklı ağaçlar için geçerli olup, artan büyüme hızı ile birlikte daha yüksek yoğunlukta ve sertlikte odun oluşmaktadır. Çünkü artan büyüme hızına rağmen, ilkbahar odunu genişliği nispeten değişmeden kalmaktadır (HAYGREEN ve BOWYER, 1996). Halkalı traheli ağaçlarda büyüme hızı yavaşladığında ise, kalın çeperli yaz odunu lif hücrelerinin ve küçük çaplı trahelerin oluşumu minimuma iner (PAUL, 1963). Böylece belli limitler içinde kalan büyüme hızı oranı, halkalı traheli ağaçların daha yoğun olmasına neden olur. JANE ve ark. (1970)'de bu konuya dikkat çekmiş olup, yoğunluktaki artışın belirli limitler içinde kalan hızlı büyümelerde söz konusu olduğunu belirtmiştir. Çünkü, ekstrem büyüme hızı anormal derecede ince çeperli lif ve yüksek oranda paranzim hücrelerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. İlkbahar odunundan yaz odununa geçişin ani olduğu iğne yapraklı ağaçlarda büyüme hızının yoğunluk üzerindeki etkisi ise açık değildir. Yine genç odun oluşum periyodu üzerine, ağaçlar arası mesafenin etkili olup olmadığı sorusuna dair çelişkili bulgular mevcuttur. YANG (1994), *Picea glauca* ile yaptığı çalışmada, 3.6 m x 3.6 m aralıklarla dikilmiş olan ağaçların genç odun kısmında, daha sık aralıklarla dikilmiş olanlara göre daha fazla yıllık halka olduğunu tespit etmiştir. Ancak, *Picea mariana*'da bu etkiyi bulamamıştır. KELLOG ve KENNEDY (1986), ağaçların ilk olarak 2.4 m aralıklarla dikilmesinin ardından uygulanacak aralama işleminin minimum genç odun miktarını sağlayacağını belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmaların direkt sonuçlarından biri de, geniş aralıklı olarak dikilmiş ağaçlarda budakların daha fazla sayıda ve daha geniş çaplı

bulunuşudur. Çünkü, ışığın fazla olması doğal budamayı azaltır ve daha kalın çaplı dalların gelişmesine neden olur.

Açıkta büyümenin odun kalitesi üzerindeki en önemli etkisi, ağaç gövdesinin sık kapalılıkta yetişen ağaçlara göre konik yapıya sahip olmasıdır. Auxin hormonu şişmiş tomurcuklarda üretilir ve ağaç gövdesinde yukarıdan aşağıya doğru ilerleyerek kambiyum aktivitesini başlatır. İğne yapraklı ağaçlarda gövdenin üst kısımlarındaki kambiyum, dip kısımlardakinden 3 hafta kadar önce faaliyete geçmektedir. Büyümenin son bulması ise, gövdede de hemen hemen aynı zamanda meydana gelir. Böylece, sık aralıklı dikilmiş ağaçlarda aktif dallar gövdenin üst kısmında bulunmakta ve her yıl tepe kısmına yakın yerde, dip kısımdan daha fazla büyüme meydana gelmektedir. Sonuç olarak, silindirik gövde oluşmaktadır. Geniş aralıklı dikilmiş ağaçlarda ise bu durumun tersi söz konusu olup, gövde de çap düşüşü fazlalaşmakta ve gövde dolgunluğu azalmaktadır. Böylece endüstride, silindirik tomruklardan elde edilen randıman, konik olanlara nazaran daha fazla olmaktadır.

Endüstriyel amaçlı ağaçlandırmalarda dikim aralıkları, üretim amacına göre değişmelidir. Kalitenin ön planda olduğu kaplamalık, doğramalık, kereste ve tel direği gibi üretim amaçları için sık dikim aralıkları önerilmektedir. Yine selüloz ve kağıt endüstrisi için istenilen kalite ve ağırlıktaki odun elde edilebilmesi için, ağaçların sık aralıklarla dikilmiş olması gerekmektedir.

3.2.2. Aralama Kesimleri

Aralama kesimleri, meşcerelerin gelişme çağlarında uygulanan bakım tedbiridir. Bu uygulamalar, meşcere içinde iyi gelişme gösterecek ağaçların bakımını, tepe taçlarının gelişimini ve yıllık halkaların uygun biçimde genişlemesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Periyodik olarak yapılan aralama kesimleri, üretimi arttırıcı yönde etki yapmakta ve meşcere içinde kapalılık nedeni ile doğal ölümlerle meydana gelecek kayıpları ortadan kaldırmaktadır. Ancak, aralama kesimleri bazı odun özellikleri üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Bu etkiler, aralamanın odun üzerindeki olumsuz özellikleri belirlenerek, uygun olan aralama zamanı ve sıklığı tespit edilerek minimize edilebilir. İlk yıllarda yapılan

aralamanın bir etkisi, daha geniş yıllık halkalara sahip genç odun kısmının artış göstermesidir. Ayrıca, genç odun periyodunun uzamasına ve daha geniş geçiş zonuna neden olur. Bu durumda odunda, daha düşük yoğunluk ve direnç, daha kısa lifler, kuruma ile daha fazla boyuna yönde daralma ve daha yüksek lignin yüzdesi meydana gelmektedir. Aralama işleminin genç odun safhasının sonuna ertelenmesi bu problemleri önleyecektir. Aralamanın basınç odunu oluşumu üzerinde de etkisinin olduğu belirlenmiştir. BARGER ve FFOLLIOTT (1976), *Pinus ponderosa* ile yaptıkları çalışmada aralamanın gittikçe artan basınç odunu oluşumuna sebep olduğunu tespit etmişlerdir. BRAZIER (1977)'de, rüzgarlı bölgelerde, engebeli arazilerde ve çok dik yamaçlarda yapılan aralamanın ağaçlarda düzgün olmayan tepe tacı ve eğri gövde ile basınç odununun meydana gelmesine sebep olabileceği belirtilmektedir.

Aralama işlemi, yıllık halkalarda yaz odunu oranını arttırabilmektedir (LARSON, 1973). LARSON (1973), çok sık olarak yetişen iğne yapraklı ağaçların aralama işlemi sonunda, büyümedeki ani ve belirgin artışla birlikte yıllık halkanın yaz odunu kısmında ve buna bağlı olarak ta odun yoğunluğunda dikkati çeken bir azalma beklenilebileceğini belirtmiştir. Diğer yandan, *Larix* spp., *Pinus* spp. ve *Pseudotsuga menziesii* gibi ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin hızlı olduğu iğne yapraklı ağaçlarda diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, yaşlı ağaçların bulunduğu alanlarda yapılan aralama kesimlerinden sonra ya odunun yoğunluğunda bir artış olmakta ya da herhangi bir değişim olmamaktadır (LOWERY ve SCHMIDT, 1967; NICHOLLS, 1971; CHOONG ve FOGG, 1989; MOSCHLER ve ark., 1989). Bu çalışmaların bazılarında, azalan rekabet koşullarının yaz dönemi süresince topraktaki rutubet miktarının azalmasını önleyeceğinden vejetasyon mevsiminde yaz odunu oranını arttıracağı belirtilmiştir. Sonuç olarak, ağaç malzeme kalitesini attırmak için yapılacak aralamalarda hem ağaç türünü ve yaşını hem de kullanım yerini dikkate almak gerekmektedir.

3.2.3. Gübreleme ve Sulama

Gübreleme ve sulama ağaçlarda daha hızlı büyümeye neden olmaktadır. Amerikan güney çamlarında yapılan araştırmalarda, gübreleme işleminin odun yoğunluğunun 0.48g/cm^3 'ten 0.39g/cm^3 'e, yaz odunu oranının ise %47'den %36'ya düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir (POSEY,

1965). Yine, ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin ani olduğu diğer bazı iğne yapraklı ağaç türlerinde yapılan çalışmalar, gübreleme sonucunda büyüme hızındaki artışa karşılık, yoğunlukta %6-10 kadar azalma olduğunu göstermiştir (ERICKSON ve LAMBERT, 1958; WILLIAMS ve HAMILTON, 1961; KLEM, 1964; WEETMAN, 1971; GOODING ve SMITH, 1972; SIDDIQUI ve ark., 1972; GREY ve KYANKA, 1974; PARKER ve ark., 1976). Gübreleme-yoğunluk ilişkisi ağaçların genç odun dönemi süresince de araştırılmış ve artan büyüme hızına karşılık yoğunluk üzerinde etkisinin çok az yada hiç olmadığı tespit edilmiştir (SMITH ve ark., 1972).

Gübreleme işleminin iğne yapraklı ağaçlarda traheidlerin uzunlukları üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Bazı araştırmacılar traheidlerin uzunluğunda %5-10 oranında artış tespit ederken (POSEY ,1965; GRAY ve KYANKA, 1974), diğerleri gübreleme işleminden sonra ortalama traheid uzunluğunda önemsiz bir artış olduğunu belirtmişlerdir (MANWILLER, 1972). Yine, holoselüloz miktarında oldukça az miktarda azalma ve ekstraktif madde miktarında ise az bir artış belirlenmiştir.

Gübrelemenin odun kalitesi üzerine etkisi geniş yapraklı ağaçlarda daha az incelenmiştir. Ancak bu ağaçların yoğunluğunun, gübreleme sonucunda meydana gelen büyüme hızındaki artıştan daha az etkilenmekte olduğu belirlenmiştir. Yine bu ağaçlarda, trahelerin kapladığı hacimde biraz artış olduğu, lif boylarının ise ya sabit kaldığı, ya da az miktarda arttığı tespit edilmiştir.

Sulama işlemi ya yalnız, ya da gübreleme ile birlikte uygulanmaktadır. Sulama hücre boyutlarında orta derecede değişime, bazen yoğunluk bakımından yeknesaklığın artmasına ve genç odun oluşum süresinin uzamasına neden olabilmektedir.

3.2.4. Budama

Budama, orman alanlarındaki ışık, besin maddesi ve su için yapılan rekabeti azaltmak, odun hacmini ve odun yoğunluğunu arttırmak amacıyla ağaç gövdesinin belli bir kısmının dallarından arındırılması şeklinde uygulanan silvikültürel tedbirdir. Budama ağaç kalitesini dolaylı

olarak etkilemektedir. Gövdenin alt kısmında bulunan ölü dalların temizlenmesinin ağacın büyüme hızı üzerine etkisi yoktur. Yaşayan dalların kabuk seviyesinden budanması ile yapılan yeşil budamadan sonra büyüme hızında önemli bir artış olmaktadır. Kuvvetli yeşil budamadan sonra kalan dallar kalınlaşır ve ağaçta koniklik azalır.

Budama, kerestelik ve kaplamalık tomrukların kalitesini artırmada önemli bir tedbirdir. En iyi sonuç, budama işleminin kesimden 30-40 yıl kadar önce gövdenin alt kısımlarında yapılması ile elde edilmektedir. Ancak kuvvetli budamalardan sakınılmalıdır.

3.3. Çevre Kirliliği ve Odun Kalitesi

20. yüzyılın sonunda, çevrenin değişimine neden olan etkilere ait bilgiler giderek artan öneme sahip olmaya başlamıştır. Bu etkiler kirlilik, ormanların tahrip edilmesi, ormanların yetersiz yönetimi gibi etkilerdir, odun yapısı üzerinde etkili olmaktadır (WODZICKI, 2001). Ormanlar, oksijen üreterek ve havada bulunan kirletici maddelere karşı doğal filtre görevi yaparak hava kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Ancak, geçen zaman içinde kendisi de büyük zararlar görmektedir. Endüstrileşmeye bağlı olarak ormanlarda görülen zararların artması, araştırmacıları bu konuda çalışmaya yöneltmiştir. İlk yapılan araştırmalar, kirliliğin ormanlar üzerindeki etkisi üzerinde yoğunlaşmışken daha sonra, odun kalitesi üzerindeki etkileri de incelenmeye başlanmıştır.

NIEDZIELSKA (1987) tarafından kirlilik etkisi altında kalmış *Pinus sylvestris*'te yapılan araştırma sonunda kirliliğin artması ile birlikte; traheid uzunluklarının kısaldığı, teğet çaplarında azalma meydana geldiği, hücrelerin düzensiz bir hal aldığı, öz ışınlarının sayısında artma olduğu, cm²'de reçine kanalı sayısının önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. NIMMAN ve KNIGGE (1989), tarafından yine *Pinus sylvestris* üzerinde yapılan bir çalışmada ise, traheid uzunluğu, hücre lümen çapı, çeper kalınlığı ve yaz odunu içinde bulunan reçine kanalları sayısı bakımından kirlilik etkisi altında kalan ağaçlar ile sağlıklı ağaçlar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. KURJATKO ve ark. (1990) ise, kirlilik etkisi altında kalmış kayın ağacında trahe oranının arttığını, çaplarının ise azaldığını, ayrıca lif oranında ve lif boyutlarında

ağacın çevresine doğru bir azalma olduğunu tespit etmiştir. TULIK (1999) radyasyonun, odun oluşumuna ve yapısına etkilerini araştırmıştır. TULIK (1999) bu çalışmasında, 1986 yılında Ukrayna Çernobil Nükleer Enerji Santralinde meydana gelen patlamadan 11 yıl sonra, reaktöre 5 km uzaklıkta bulunan 42 yaşındaki *Pinus sylvestris* ağaçlarında radyasyon etkilerini araştırmıştır. Radyasyon etkileri, santraldeki patlamadan sonra oluşmaya başlamış birbirini takip eden yıllık halkaların ilkbahar odunu kısmında, yoğunluk azalması şeklinde görülmüştür. Bu kısımlarda kambiyum, çeşitli lignifikasyon derecelerine sahip anormal şekil, çap ve çeper kalınlığında olan paranzimatik hücreler meydana getirmiştir. Bozuk dokulu kısımları, traheidlerin düzenli radyal sıralar halinde dizildiği odun kısımlarının takip ettiği görülmüştür. Yine yıllık halka genişliğinde artış meydana geldiği ve traheidlerin normalden %10-20 oranında daha uzun oldukları belirlenmiştir. Araştırma sonunda, radyasyon etkisi altında kalan ağaçlarda diğer çevre kirliliğine neden olan faktörler tarafından oluşturulan etkilere benzer özellikler ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

4. GENETİK ETKİLER

Genetik kontrol, odun özelliklerindeki değişimin ana kaynağıdır. Odunun genetik yapısı, direkt olarak odun oluşumu ile ilgili iç prosesleri, dolaylı olarak da ağacın formunu ve büyüme modellerini kontrol eder. Günümüzde, ormanda üstün büyüme gösteren ve düzgün şekilli ağaçlar üzerinde genetik incelemeler yapılmaktadır. Bu ağaçlardan elde olunan tohumlar fidanlıklarda yeni generasyonların yetiştirilmesinde kullanılmaktadır.

Geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlardan hızlı büyüyenlerde genetik seleksiyonlar gerçekleştirilmekte olup, bu ağaçlarda daha yüksek yoğunluk, daha fazla ekstraktif madde, düşük genç odun oranı ile lignin miktarı ve daha az dal oluşumunun sağlanmasının mümkün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, genetik yolla istenmeyen elemanların oranının azaltılması da söz konusu olmaktadır. Ağaçta genetik potansiyeli ifade etmek için kullanılan terimlerden biri de "kalıttır". McELWEE (1963), bu terimin irsel olarak belirlenen değişimlerin derecesini belirttiğini ve 0-1 arasında nümerik bir değer olduğunu açıklamıştır. Verilen bir özelliğin derecesi 1 ise, bu özellik tamamen genetik orijin taşıyordur. Eğer 0 ise, bu özelliğin değişkenliği çevre tarafından

belirleniyordur. am türleri ile yapılan çalışmalarda, odun yoğunluğu ve traheid uzunlukları için kalıtım değeri çok yüksek bulunmuştur. Aynı Şekilde, yaz odunu hücre çeperi kalınlığı ve yaz odunu katılım oranı, odun yoğunluğu ile oldukça kuvvetli bir ilişki içindedir ve kalıtım değerleri de oldukça yüksektir. Yıllık halka genişliğinin kalıtım özelliği ise düşüktür. am trllerinde yapılan araştırmalar genetik seleksiyon yardımı ile hacimde % 25, yoğunlukta % 10, kuru ağırlıkta % 26 artış sağlanabileceğini göstermiştir. Böylece, genetik seleksiyon ile en çok arzu edilen özellikleri bir ağaçta toplamak mümkün olacaktır.

4. SONUÇ

Ağaçlarda büyüme süreci, çok sayıda i ve dış faktörlerin etkisi ile oldukça kompleks bir yapıya sahip olmaktadır. Bu faktörlerden birinin yada birkaçının değişimi, odun özellikleri üzerinde farklılığa neden olabileceğinden ağaç malzemenin belirli bir amaç için uygunluğu ve kalitesi de etkilenecektir. Ağaç yaşı, genetik özellikler ve evre Şartları odun özelliklerinde değişime neden olabilmektedir. Aynı zamanda yangın, kuraklık, don etkisi, orman hayvanlarının verdikleri zararlar gibi tesadüfen ortaya çıkan faktörlerin etkisi ile de odunun yapısında farklılıklar oluşmaktadır.

Belirli bir kullanım yeri için ağaç malzemenin uygunluğunu tayin eden birçok kriter vardır. Bu kriterler arasında yoğunluk, yıllık halkaların yeknesaklığı, öz odun oranı, lif uzunluğu, geç odun ve reaksiyon odununun bulunuşu, budaklılık, lif kıvrıklığı, kimyasal kompozisyon ve ekstraktif maddelerin kalitesi sayılabilir. Bu faktörleri çeşitli tedbirlerle kontrol altına almak mümkün olabilmektedir. Özellikle, yapılacak silvikültürel uygulamalar bu faktörler üzerinde önemli derecede etkili olabilmekte ve kaliteyi arttırabilmektedir. Ancak, istenilen hedeflere varmak uzun zaman almakta ve masraflı olmaktadır. Ayrıca, kaliteyi arttırmak amacıyla uygulanan silvikültürel müdahalelerin odun üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilere dikkat edilmesi gerekmektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ALVES, E.S. and ANGYALOSSY-ALFONSO, V., 2000:** Ecological Trends in The Wood Anatomy of Some Brazilian Species, 1, Growth Rings and Vessels, IAWA Journal, Vol.21 (1): 3-30.
- BAAS, P., 1973:** The Wood Anatomical Range in Ilex (Aquifoliaceae) and Its Ecological and Phylogenetic Significance, Blumea 21: 193-258.
- BAAS, P., ESSER, P.M., WESTEN van der, M.E.T. and ZANDEE, M., 1988:** Wood Anatomy of The Oleaceae, IAWA Bull. n.s. 9: 103-182.
- BAAS, P. and SCHWEINGRUBER, F.H., 1987:** Ecological Trends in The Wood Anatomy of Trees, Shrubs and Climbers From Europe, IAWA Bull. n.s. 8: 245-274.
- BARGER, R.L. and FFOLIOTT, P.F., 1976:** Factors Affecting Occurrence of Compression Wood in Individual Ponderosa Pine Trees, Wood Sci. 8(3): 201-208.
- BAUCH, J., 1986:** Characteristics and Response of Wood Declining Trees From Forests Affected by Pollution, IAWA Bull. 7(4): 269-276.
- BOZKURT, A.Y. ve ERDİN, N., 1997:** Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Yayın No: 3998, Orm. Fak. Yayın No: 445, ISBN 975-404-449-X İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi.
- BOZKURT, A.Y. ve ERDİN, N., 2000:** Odun Anatomisi, İ.Ü. Rektörlük No: 4263, Orm. Fak. No: 466, ISBN 975-404-592-5, Dilek Matbaası.
- BRAZIER, J.D., 1977:** The Effect of Forest Practices on Quality of The Harvested Crop. Forestry, 50 (1): 49-66.
- BRUNSTEIN, F.C., 1996:** Climatic Significance of The Bristlecone Pine Latewood Frost-ring Record at Almagre Mountain, Colorado, U.S.A. Arctic Alpine Res. 28:65-76.
- CARLQUIST, S., 1966:** Wood Anatomy of Compositae: A Summary, With Comments on Factors Controlling Wood Evolution, Aliso 6: 25-44.
- CARLQUIST, S. and HOEKMAN, D.A., 1985:** Ecological Wood Anatomy of The Woody Southern Californian Flora, IAWA Bull. n.s. 6: 319-347.
- CHERUBINI, P., SCHWEINGRUBER, F.H. and FORSTER, T., 1997:** Morphology and Ecological Significance of Intra-annual Radial Cracks in Living Trees, Trees 11: 216-222.
- CHOONG, E.T. and FOOG, P.J., 1989:** Effect of Cultural Treatment and Wood-Type on Some Physical Properties of Longleaf and Slash Pine Wood. Wood Fiber Science 21(2): 193-206.
- DELWAIDE, A., FILION, L. and PAYETTE, S., 1991:** Spatiotemporal Distribution of Light Rings in Subarctic Black Spruce, Quebec. Can. J. For. Res 24: 638-641.
- ECKSTEIN, D. and FRISSE, E., 1982:** The Influence of Temperature and Precipitation on Vessel Area and Ring Width of Oak and Beech, Climate From tree Rings: 12-13, Cambridge University Press, Cambridge.
- ERICKSON, H.D. and LAMBERT, G.M.G., 1958:** Effects of Fertilization and Thinning on Chemical Composition, Growth and Specific Gravity of Young Douglas-fir, For.Sci. 4(4): 307-315.
- EVANS, R., DOWNES, G. and MURPHY J., 1996:** Applications of New Wood Characterization Technology to Dendrochronology and Dendroclimatology. In: J.S.Dean, D.M. Meko, T.W. Swetnam (eds.), Tree Rings, Environment and Humanity: Proc. Intern. Conf., Tucson, Arizona, 17-21 May 1994. Radiocarbon: 743-749.
- FAHN, A., WERKER, E. and BAAS, P., 1986:** Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs From Israel and Adjacent Regions, The Israel Acad. of Sciences Humanities. Jerusalem.
- FILION, L., PAYETTE, S., GAUTHIER, L. and BOUTIN, Y., 1986:** Light Rings in Subarctic Conifers as a Dendrochronological Tool, Quat. Res.26: 272-279.
- FRITTS, H.C., 1976:** Tree Rings and Climate. Academic Press, London, New York.
- GINDL, W., 1999:** Climatic Significance of Light Rings in Timberline Spruce *Picea abies*, Arctic Alpine Res.31: 242-246.

- GOODING, J.W. and SMITH, W.H., 1972:** Effects of fertilization on Stem, Wood Properties, and Pulping characteristics of Slash Pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm.), Proc. Symp. Effect of Growth Acceleration on The Properties of Wood. USDA For. Serv. For. Prod. Lab.
- GRAY, R.L. and KYANKA, G.H., 1974:** Potassium Fertilization Effects on The Static Bending Properties of Red Pine Wood. For. Prod. J. 24(9): 92-96.
- HAYGREEN, J.G. and BOWYER, J.L., 1996:** Forest Products and Wood Science, Third Edition, IOWA State University Press.
- HILLIS, W.E., DITCHBURNE, N. 1974:** The Prediction of Heartwood Diameter in Radiata Pine Trees, Can. J. For. Res. 4: 524-529.
- JANE, F.W. WILSON, K. and WHITE, D.J.B., 1970:** The Structure of Wood, London, Adam & Charles Black.
- KELLOGG, R.M. and KENNEDY, R.W., 1986:** Practical Implications of Wood Quality Relative to End Use, In Douglas-fir: Stand Management For The Future, C. Oliver, D. Manley, and J. Johnson, eds. Seattle: Univ. of Washington Press.
- KLEM, G.S., 1964:** The Effect of Fertilization on Three Quality Properties of Norway Spruce, For. Comm. Lond. 235. Transl. (1965) by C. Clayre From Nor. Skogbr. 10(18): 491-494.
- KURJATKO, S., CUNDERLIK, I. and RACKO, J., 1990:** Wood Properties of Beech from The Stand Affected by Pollution, IAWA Bull. 11(2): 129.
- LaMARCHE, Jr., V.C. and HIRSCBOECK, K.K., 1984:** Frost Rings in Trees as Records of Major Volcanic Eruptions, Nature 307: 121- 128.
- LARSON, P.R., 1973:** Evaluating The Quality of Fast Grown Coniferous Wood, Proc. 63rd West, For. Conf., pp: 146-152.
- Li, B., ter WELLE, B.J.H. and KLAASSEN, R.K.W.M., 1995:** Wood Anatomy of Trees and Shrubs From China, VII. Sapindaceae, IAWA J. 16: 191-215.
- LINDORF, H., 1994:** Eco-Anatomical Wood Features of Species From a Very Dry Tropical Forest, IAWA J. 15: 363-376.
- LOWERY, D.P. and SCHMIDT, W.C., 1967:** Effect of Thinning on The Specific Gravity of Western Larch Crop Trees, USDA For. Serv. Int. For. Range Exp. Stn. Res. Note INT-70.
- MANWILLER, F.G., 1972:** Volumes, Wood Properties, and Fiber Dimensions of Fast-and Slow-Grown Spruce Pine, Proc. Symp. Effect of Growth Acceleration on The Properties of Wood. USDA For. Serv. For. Prod. Lab.
- McELWEE, R.L., 1963:** Genetics in Wood Quality Improvement. Proc. 7th Conf. Forest Tree Improvement, pp. 21-24.
- MOSCHLER, W.W., DOUGAL, E.F. and McRAE, D.D., 1989:** Density and Growth Ring Characteristics of *Pinus taeda*. Following Thinning, Wood Fiber Sci. 21(3):313-319.
- NICHOLLS, J.W.P., 1971:** The Effect of Environmental Factors on Wood Characteristics, II. The Effect of Thinning and Fertilizer Treatment on The Wood of *Pinus pinaster*, Silv. Genet. 20(3): 67-73.
- NIEDZIELSKA, B., 1987:** Effect of Air Pollution on The Anatomical Structure of Scots pine (*Pinus sylvestris*) Wood Growing Within Range of Emissions from The Boleslaw Stellworks Near Olkusz, Poland; Agraria et Silvestria, Silvestris (1986, publ. 1987), 25: 131-141, Dep. Forest and Wood Utilization, April Univ. Karakow, Poland.
- NIMMAN, B. and KNIGGE, W., 1989:** Wood Anatomical Properties and Storage Behavior of Scots pine From Sites in The North German Lowland Affected by Air Pollution, Forstarchiv, 60(2): 78-83, Institut für Forstbenutzung, Universität Göttingen, German Federal Republic.
- PARKER, M.L., HUNT, K., WARREN, W.G. and KENNEDY, R.W., 1976:** Effect of Thinning and Fertilization on Intra-Ring Characteristics and Kraft Pulp Yield of Douglas-fir, Proc. 28th Symp. Applied Polymer, pp: 1075-1086.
- PAUL, B.H., 1963:** The Application of Silviculture in Controlling The Specific Gravity of Wood, USDA For. Serv. Tech. Bull. 1288.
- POSEY, C.E., 1965:** Effects of Fertilization Upon Wood Properties of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.), Proc. 8th Conf. Forest Tree Improvement, pp: 126-130.

- PRIYA, P.B., BHAT, K.M., 1998:** False Ring Formation in Teak (*Tectona grandis* L.f.) and The Influence of Environmental Factors. *Forest Ecol. Management* 108:215-222.
- SASS, U. and ECKSTEIN, D., 1992:** The Annual Vessel Area of Beech as an Ecological Indicator, *Proc. Tree Rings and Environment, Lundqua Report* 34: 281-285.
- SASS, U. and ECKSTEIN, D., 1995:** The Variability of Vessel Size in Beech (*Fagus sylvatica* L.) and Its Ecophysiological Interpretation, *Trees* 9: 247-252.
- SCHMID, R. and BAAS, P. 1984:** The Occurrence of Scalariform Perforation Plates and Helical Vessel Thickenings in Wood of Myrtaceae, *IAWA Bull. n.s.* 5 197-215.
- SIDDIQUI, K.M., GLADSTONE, W. and MARTON, R., 1972:** Influence of Fertilization on Wood and Pulp Properties of Douglas-fir. *Proc. Symp. Effect of Growth Acceleration on the Properties of Wood.* USDA For. Serv. For. Prod.Lab.
- SMITH, D., WAHLGREN, H. and BENGTON, G.W., 1972:** Effect of Irrigation and Fertilization on Wood Quality of Young Slash Pine, *Proc. Symp. Effect of Growth Acceleration on The Properties of Wood,* USDA For. Serv. For. Prod. Lab.
- TULIK, M., 1999:** Historia Czarnobyla Zapisana w Drewnie, Doctor Thesis at Silesian University, Dept. of Biophysics and Cell Biology, Katowice, Poland, pp: 1-150.
- VAGANOV, E.A., 1990:** The Tracheidogram Method in Tree-Ring Analysis and Its Application, In: E.R. Cook and L.A. Kairiukstis (eds.), *Methods of Dendrochronology: Applications in The Environmental Sciences:* 63-76, Kluwer, Dordrecht.
- VAN der GRAAF, N.A. and BAAS, P., 1974:** Wood Anatomical Variation in Relation to Latitude and Altitude, *Blumea* 22: 101-121.
- VILLALBA, R. and VEBLEN, T.T., 1996:** A Tree-Ring Record of Dry Spring-Wet Summer Events in The Forest-Steppe Ecotone, Northern Patagonia, Argentina, *Tree Rings, Environment and Humanity, Proc. Intern. Conf., Tucson, Arizona, 17-21 May 1994, Radiocarbon:* 107-116.
- WEETMAN, G.F., 1971:** Effects of Thinning and Fertilization on The Nutrient Uptake, Growth and Wood Quality of Upland Black Spruce, *Woodland Pap. Pulp Pap. Res. Inst. Can. No:* 28.
- WHEELER, E.A. and BAAS, P., 1991:** A Survey of The Fossil Record For Dicotyledonous Wood and Its Significance For Evolutionary and Ecological Wood Anatomy, *IAWA Bull. n.s.* 2: 275-332.
- WILLIAMS, R.E. and HAMILTON, J.R., 1961:** The Effect of Fertilization on Four Wood Properties of Slash Pine, *J. For.* 59(9): 662-665.
- WILSON, K. and WHITE, D.J.B., 1986:** *The Anatomy of Wood: Its Diversity and Variability,* Stobart & Son LTD., London.
- WIMMER, R. and GRABNER, M., 1997:** Effects of Climate on Vertical Resin Duct Density and Radial Growth of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), *Trees* 11: 271-276.
- WIMMER, R. and GRABNER, M., 2000:** A Comparison of Tree-ring Features in *Picea abies* As Correlated With Climate, *IAWA Journal, Vol. 21 (4):* 403-416
- WODZICKI, T.J., 2001:** Natural Factors Affecting Wood Structure, *Wood Science and Technology,* 35:5-26.
- WOODCOCK, D.W., 1989:** Climate Sensitivity of Wood-Anatomical Features in a Ring-Porous Oak (*Quercus macrocarpa*), *Can. J. For. Res.*19: 639-644.
- WOODCOCK, D.W. and IGNAS, C.M., 1994:** Prevalence of Wood Characters in Eastern North America: What Characters are Most Promising For Interpreting Climates From Fossil Wood? *Amer. J. Bot.* 81: 1243-1251.
- WORBES, M., 1995:** How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees – A Review. *IAWA J.* 16:337-351.
- YANG, K.C., 1994:** Impact of Spacing on Width and Basal Area of Juvenile Mature Wood in *Picea mariana* and *Picea glauca*, *Wood Fiber Sci.* 26(4): 479-488.