

ODUN YAPISINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİKLİKLER

Tek Ağaçta Odunda Yapısal Değişiklikler

Bir ağacın değişik yüksekliklerinden alınan enine kesitlerde özden çevreye doğru; yıllık halka yapısında ve yıllık halkalar az çok belirli bir genişliğe ulaşınca kadar hücre morfolojisinde, özgül ağırlıkta, genç odun ve ergin odun dönemlerindeki değişiklikler özetlenmiştir.



Anatomik yapı, fiziksel karakteristikler ve kimyasal yapıları bakımından farklılıklar söz konusudur.

Örneğin; hücrelerin boyutlarında, çeper kalınlıklarında, yıllık halka genişliklerinde, özgül ağırlıklarında, selüloz ve lignin oranlarında farklılıklar geniş varyasyonlar gösterdiğinden, odunun değişkenlik derecesini bilmek önemlidir.

Ağac malzemenin belli bir maksat için uygunluğunu veya kalitesini belirleyen ölçütler.

malzemenin anatomik yapısını ve buna bağlı olarak fiziksel özelliklerini etkileyen faktörlerden biri ya da birkaçının değişmesi ile etkilenebilir.

Hücre Boyutlarında Değişiklik



- Bir ağaçta hücre boyutları enine kesitte özden çevreye doğru artar.

Bu değişim kambiyumun yaşının genç ya da yaşlı olmasına bağlı olarak gerçekleşir. Kambiyum olgunlaşmaya başladığında hücre boyutlarında hızlı bir artış olmakta, olgunlaşma sürsünce artış devam etmekte, kambiyum yaşlandığında hücre boyutlarında artış azalmakta ya da herhangi bir değişim görülmemektedir. Yani, mesele kambiyumun yaşı ile ilgili olarak ele alınacak olursa, kambiyum yaşı ilerledikçe hücrelerde önceleri hızlı, daha sonra yavaş bir boy ve çap artışı görülmektedir.

Odunun anatomik yapısında ölçümlerle tespit edilebilen bu küçük değişikliklere neden olan etkenler üç grupta toplanmaktadır.

- a) Kambiyumun yaşı,
- b) Ağacın şeklini ve büyümesini kontrol eden genetik özellikler,
- c) Mevsimsel değişiklikler ya da coğrafik şartlar ve besin maddesi temini gibi çevre faktörleri.

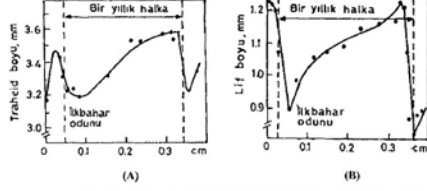
Odun yapısında meydana gelen değişikliklerin daha iyi anlaşılabilmesi için

1. "tek ağaçta odunda yapısal değişiklikler",
2. "odun özelliklerini etkileyen çevre faktörleri"
3. "aynı türden çeşitli ağaçlarda görülen odun yapısı farklılıkları"

Hücre boyutlarında özden çevreye doğru gerçekleşen artış, hücre tiplerine göre de değişiklik gösterir. Örneğin; iğne yapraklı ağaçlarda traheidlerin ve geniş yapraklı ağaçlarda liflerin öze yakın kısımdan itibaren boyları başlangıçta hızlı bir artış gösterirken, traheidlerin boylarında oldukça yavaş bir artış gerçekleşmekte, hatta bazen hiçbir artış görülmemektedir.

İğne yapraklı ağaçlarda traheid çapları ve çeper kalınlıkları özden çevreye (kabuğa) doğru, traheid boylarına nazaran daha az bir artış göstermekte, geniş yapraklı ağaçlarda liflerde benzer durum görülmektedir.

Bir yıllık halka içerisinde hücre boyları incelendiğinde, mevsim farklılıklarının etkisi belirgin olarak anlaşılmaktadır. En kısa boylara ilkbahar odununda, en uzun boylara ise yaz odununda rastlanır. Yani yıllık halkanın ilkbahar odunu tabakasındaki hücreler kısa, yaz odunu tabakasındaki hücreler daha uzundur.



Şekil 8.1: Bir yıllık halkanın ilkbahar ve yaz odunu tabakasında hücre boyları değişimi. (A) *Pinus radiata*'da traheid boyları, (B) *Populus tremuloides*'te lif boyları.

Birbirini takip eden her yıllık halkada mevsim itibarıyla meydana gelen bu farklılıkları görmek mümkündür. Özden kabuğa doğru aynı ayrı ilkbahar ve yaz odunundaki hücre uzunlukları incelenecek olursa, boylarda giderek artan benzer eğriler ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber geniş yapraklı ağaçların ilkbahar odununda lif boylarındaki artış, yaz odunlarındaki lif boylarındaki artıştan daha azdır.

Özgül Ağırlıkta Değişiklik

Geniş yapraklı ağaçlarda ise ortalama **özülgü ağırlık** değişiminde **belli bir uyum yoktur**. Özden çevreye doğru artarken, gövde boyunca değişim üç farklı şekilde gerçekleşmektedir. Ortalama özülgü ağırlık gövdenin dibinden yukarı doğru gidildikçe, (1) azalabilir, (2) artabilir, (3) toprağın bir miktar üstündeki yükseklikten sonra, taca doğru artabilir.

Gövdede özden çevreye doğru ve dipten taca doğru görülen özülgü ağırlık değişiklikleri, direnç değerleri üzerinde de etkilidir. Örneğin; çekme direncinin özden çevreye doğru yaz odununda arttığı halde, ilkbahar odununda azaldığı tespit edilmiştir.

Bir ağaçta hücre boyları, sadece özden çevreye doğru değil **ağaç boyunca** da farklılıklar göstermektedir. Örneğin; iğne yapraklı ağaçlarda traheidlerin, geniş yapraklı ağaçlarda liflerin boyları ağaçta toprak seviyesinden tacin alt kısmına kadar artış göstermekte, tacin altından yukarıya doğru çıktıkça taç bölgesinde yeni oluşan kambyum civarında hücre boyları daha kısa olmaktadır. Maksimum traheid veya lif boyu gövdede ağaç boyunun **1/3 ile 1/2 si arasındaki yükseklikte ve dış tarafta (kabuk tarafında) bulunmaktadır**.

Aynı ağaçta **kök, gövde ve dal odunları** arasında da hücre boyları bakımından farklılıklar vardır. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlarda en kısa, en der hücreler dallarda tespit edilmiştir. İğne yapraklılarda en uzun traheidler köklerde, geniş yapraklılarda ise en uzun lifler gövde odununda görülmektedir. Ancak, bu değerler ortalama değerlerdir. Geniş yapraklı ağaçlarda yapılan araştırmalar sınırlı olduğundan, istisnalar görülebilir.

Genç Odun ve Ergin Odun

Ağaçların yaşam periyotlarında **gençlik, erginlik ve yaşlılık** safhası olmak üzere **üç önemli safha vardır**. Bu periyotlarda oluşan odun da genç odun, ergin odun ve yaşlı odun olarak tanımlanır. Bu üç safhayı yıllar itibarıyla belirlemek güçtür. Genellikle ağaçların ilk 5-20 (25) yılları arasında genç odun, 200 yaşından sonra yaşlı odun, arada kalan periyotta ise ergin odun üretilmektedir. Genç odun periyodunun ağaç türlerine göre değiştiği belirlenmiş, örneğin; güney camlarında 10 yıl olduğu tespit edilmiştir. **Genç odun, genç bir kambyum tarafından üretilen odundur**. Genç ağaçlarda tüm ksilem genç odundan oluşurken, ileri yaşlardaki ağaçlarda ksilem, özün çevresinde genç odun ve onu çevreleyen ergin odundan oluşmaktadır. Genç odun zonu hücre yapıları ve özellikleri bakımından değişiklik göstermekte, ergin odun zonunda ise bu karakteristikler oldukça stabil kalmaktadır. Odunun yapısı ve özelliklerindeki bu temel farklılıklar dikkate alındığında, ağaç gövdesini farklı yapısal özelliklere sahip **iki kısma** ayırmak gerekmektedir.

Özülgü Ağırlıkta Değişiklik

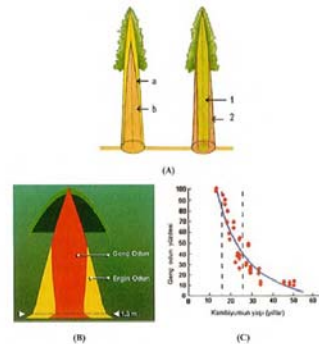
İğne yapraklı ağaçların çoğunda ortalama özülgü ağırlık özden kabuğa doğru genel bir artış göstermektedir. Bu özellik özden çevreye doğru birbirini takip eden yıllık halkalarda yaz odunu oranının artışı ile ilgili olarak değişir. Diğer bir deyişle özülgü ağırlığın artması ya da azalması, genellikle bir yıllık halka içerisinde yaz odunu katılım payının artmasına ya da azalmasına bağlıdır.

Dağınık traheli geniş yapraklı ağaçların çoğunda özden çevreye doğru özülgü ağırlıkta **artış** görülür. Bu artışta liflerin yapısı etkili olmaktadır. Özülgü ağırlığın artış nedeni ya özden çevreye doğru liflerin çeper kalınlığının artmasından veya çeper kalınlığında az artış olmasına karşın, **liflerin** oranındaki artıştan kaynaklanmaktadır.

Halkalı ve yarı halkalı traheli geniş yapraklı ağaçların çoğunda ise özden çevreye doğru özülgü ağırlıkta **azalma** söz konusudur. Bu ağaçlarda genellikle özden kabuğa doğru gidildikçe yıllık halkalarda ilkbahar odunu oranı artmakta, yaz odunu oranı azalmaktadır.

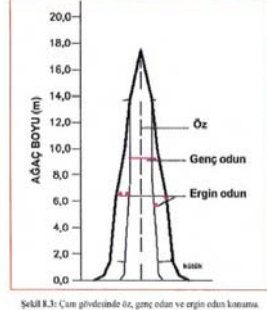
İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlarda bir yıllık halka içerisindeki özülgü ağırlık ilkbahar odununda en düşük, yaz odununda ise en yüksek değerlerde bulunmaktadır. **Yaz odunu özülgü ağırlığı** özden çevreye doğru **arttığı** halde, **ilkbahar odunu özülgü ağırlığı azalmaktadır**.

Birçok iğne yapraklı ağaçta ortalama özülgü ağırlık hem özden çevreye doğru hem de gövdenin dibinden taca doğru belli bir uyum içerisinde değişmekte ve özden çevreye doğru artarken, gövdede dipten taca doğru azalmaktadır.



Şekil 8.2: (A) Gövdede (a) diri odun (b) bir odun, (1) genç odun, (2) ergin odun bölgeleri. (B) Gövdede genç odun ve ergin odun bölgeleri (C) Ağacın yapısal olarak genç odun yüzdesinin değişimi.

(1) Öze yakın olan ve tacin başladığı yere kadar bir silindirik oluşturan bölge genç odundur, bu oluşum öz odun ve diri odun ile karıştırılmamalıdır (Şekil 8.2/A-B, 8.3). Büyümekte olan bir ağaçta yaş ilerledikçe taç kısmı yukarı doğru hareket ederken aynı zamanda çap artımı da gerçekleştiğinden gövde içerisinde genç odun oranı **azalmaktadır** (Şekil 8.2/C).



(2) Genç odun tabakasının dışından kabuğa kadar olan bölge ise ergin odundur (Şekil 8.2/A-B). Genç odun ve ergin odun aynı ağaçta farklı yapısal özelliklere sahip iki bölge olarak düşünülmelidir. Yapısal farklılıklar, lif ve traheid uzunlukları, hücre çeperinin kimyasal kompozisyonu ve özgül ağırlık ile direnç özelliklerinde görülür. Ergin odun, ağaç türünün normal yapısal karakteristiklerini ifade ederken, genç odun hem anatomik hem de fiziksel özellikler bakımından aynı ağaçta olmasına rağmen, ergin odunkinden daha düşük kalite özelliklerine sahiptir.

Şekil 8.3: Çam gövdesinde öz, genç odun ve ergin odun katmanları.

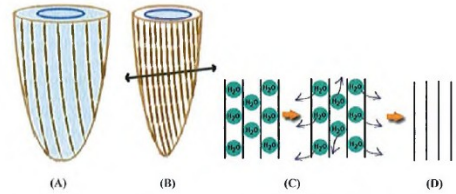
Genç odunun yukarıda sayılan olumsuz özellikleri ağaç malzeme için önemli probleme neden olur. (1) Rutubete bağlı olarak liflere paralel yöndeki daralma ve genişleme artar, (2) Aynı ağacın ergin odununa göre direnç değerleri düşer, bazı durumlarda çok düşük direnç değerlerine rastlanabilir.

Özellikle hücrelerin en geniş hücre çeper tabakası olan S_2 tabakasında bulunan ve hemen hemen hücre eksenine paralel uzanan mikrofibriller odunun birçok özelliğini etkilemekte ya da kontrol etmektedir. Bilindiği gibi hücre çeperleri rutubet kaybettiğinde ya da aldığı, daralma ve genişleme meydana gelmektedir. Su molekülleri hücre çeperinden uzaklaştığında, ağaç malzeme kurur. Bu durumda S_2 tabakasındaki mikrofibriller birbirlerine yaklaşır ve daralma meydana gelir. Aksine, hücre çeperi rutubet alırsa, su molekülleri hücre çeperine taşınır ve S_2 tabakasındaki mikrofibrilleri birbirinden uzaklaştırıp, ağaç malzemenin genişlemesine neden olurlar (Şekil 8.5).

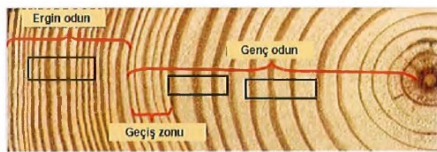
Genç Odun ve Ergin Odun

Genç odun bölgesinde yıllık halka genişliği fazla, yaz odunu katılım oranı ile yaz odunu yoğunluğu daha az, hücrelerin boyları kısa, selüloz az, lignin fazla, S_2 tabakasında mikrofibril açıları büyük, kristallik derecesi küçük ve yoğunluk düşüktür.

Ergin odun bölgesi ise ağacın gençlik devresinden sonra oluşmaktadır. Ergin odunda ağaç türü için karakteristik olan anatomik yapı ve kimyasal kompozisyon normale dönmektedir.

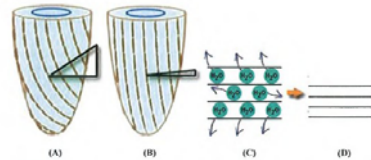


Şekil 8.5: (A) Rutubetli ergin odun ve (B) Kuru ergin odun hücrelerinde S_2 tabakasında mikrofibriller ile hücre çeperi, (C) Mikrofibriller arasında su molekülleri ve kuruma ile su moleküllerinin uzaklaşması, (D) Birbirine yaklaşan mikrofibriller.



Şekil 8.4: *Pinus taeda* enine kesitinde genç odun ve ergin odun bölgelerinde yıllık halka genişlikleri ile genç odundan ergin oduna geçiş zonu.

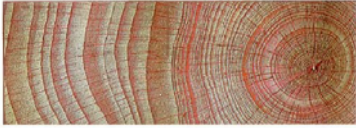
Genç odunda ve basınç odununda, hücre çeperinin S_2 tabakasında mikrofibrillerin yönünde sapma olmaması, mikrofibrillerin hücre eksenine paralel olmaları büyük önem taşımaktadır. Bu özelliği taşıyan bir malzeme kurutulduğunda boyuna yöndeki daralma % 1-6 oranında ya da daha fazla oranda artar. Oysa ergin odunda boyuna daralma oranı maksimum % 0,1-0,3 kadardır (Şekil 8.6). Liflere paralel yöndeki daralma ya da genişleme miktarında küçük bir artış olursa, ağaç malzeme önemli problemler yarattığından, genç odundan kaynaklanacak problemleri bilmek, böyle bir malzemenin üretilecek ağaç malzeme ortaya çıkacak kalite kusurlarından sakınmak için önlemler almaya yardımcı olabilir.



Şekil 8.6: (A) Genç odunda ve (B) Ergin odunda boyuna daralma miktarları, (C) Mikrofibriller arasında su moleküllerinin uzaklaşması, (D) Birbirine yaklaşan mikrofibriller.

Genç odunun genellikle düşük özelliklere sahip olması, özellikle yapı malzemesi olarak tercih edilmemesi sonucunu doğurmaktadır. Yani bazı değerlendirme alanları için genç ağaçlardan elde olunan ağaç malzemenin kullanımı kısıtlanmış olmaktadır. Çünkü bu malzemede öncelikle aşırı derecede boynuz daralma görülmekte, ardından kerestede çarpılmalar meydana gelmektedir.

Plantasyonlarda yetişen ağaçlarda genç odun, öze yakın kısımlardaki hızlı büyüme ile bağlantılı olabilir. Ancak, geniş yıllık halkaların sadece genç oduna ilişkin olduğu düşünülmemelidir. Çünkü genç odun tamamının temelde hücre yapısı ve odun özelliklerindeki farklılıklar da vardır. Örneğin; büyüme şartları uygun olan bir yetişme yerinde ağaçlar hayatlarının herhangi bir devresinde geniş yıllık halkalar oluşturabilirken, ağır rekabet şartları altında büyüyen genç gövdelerde özen yakınındaki bölgede dar yıllık halkalar oluşabilir (Şekil 8.7). Bazı ağaçlarda genç odundan ergin oduna geçiş hızlı olduğu halde, bazılarında yavaştır. Ayrıca, genç odun kalitesindeki düşme iğne yapraklı ağaçlarda, geniş yapraklı ağaçlarda- kinden çok daha belirgindir.



Şekil 8.7: *Larix sibirica*'da öz çevresinde dar yıllık halkalar.

Çevre ve coğrafik faktörlerin odunun bazı karakteristik özellikleri üzerindeki etkileri silvikültürel önemler ile kontrol altına alınabilir. Örneğin; ağaçlar arası mesafeyi ayarlayarak veya suni budama yaparak ya da ihtiyaç duyulan besin ve su miktarının sağlanmasıyla büyüme teşvik edilerek bazı odun özellikleri üzerinde önemli değişiklikler yapılabilir.

İğne yapraklı ağaçlarda taç büyüklüğü ve ağaçlar arası mesafe, büyüme hızı (yani yıllık halka genişliği) üzerinde önemli bir etkidir. Meşcerelerde dominant durumdaki ve baskı altındaki iğne yapraklı ağaçlar karşılaştırıldığında, özgül ağırlığın aynı yaşta, fakat baskı altında olanlarda arttığı görülmüştür. Çünkü dominant durumdaki iğne yapraklı ağaçlarda daha büyük çaplı ve daha kısa traheidler oluşmakta, özgül ağırlık da aynı yaşta ve baskı altındaki ağaçlardan daha düşük olmaktadır.

Meşcerelerde ağaçlar arası mesafeyi kontrol ederek arzu edilen genişlikte yıllık halka oluşumu sağlanabilir. İlman iklimlerde iğne yapraklı genç meşcerelerde aralama kesimleri ile optimum taç aralığı temin edilerek, ilkbahar odunu tabakası genişliği artırılmakta ve özgül ağırlık azaltılabilmektedir. Diğer taraftan çok yaşlı

8.2 Ağaçlarda Odun Özelliklerini Etkileyen Çevre ve Coğrafik Faktörler

Bir ağaçtaki yapısal değişikliklerden başka aynı meşcere içerisinde yetişen, aynı türe ait iki ağaçta çevre faktörlerinin etkisi ile odun özelliklerinde farklılıklar görülebilir. Çünkü ağaçların dominant karakterde ya da baskı altında olmaları, açıkta veya orman içerisinde yetişmeleri nedeniyle küçük yapısal farklılıkları bulunan odun yapısına sahip olmaları söz konusudur. Ayrıca, ortalama sıcaklık ve yağış farklılıklarının bulunduğu coğrafik bölgeler, aynı türün ağaçları arasında değişimlere neden olabilmektedir. Örneğin;

- Vegetasyon mevsiminde yağışların fazla ya da az olması yıllık halka genişliğini etkileyebilir. Yıllık halka genişliğindeki farklılık, özgül ağırlığın değişmesine neden olacaktır.

iğne yapraklı meşcerelerde yapılan aralamalar, birçok ağaç türünde yaz odunu oranı ve dolayısıyla özgül ağırlık artışına neden olmaktadır. Sıcak iklimlerde yetişen *Pinus radiata* plantasyonlarında aralama kesimleri, yıllık halka genişliğini artırdığı halde, özgül ağırlıkta değişime olmamaktadır. Geniş yapraklı ağaçlardan *Eucalyptus regnans* meşceresinde yapılan aralama kesimlerinin ise lif boyunu ve özgül ağırlığı artırdığı belirlenmiştir.

Yetiştirme ortamı toprağında besin elementleri optimum büyüme için sağlayamayacak kadar azsa, gübreleme yapılarak büyüme hızı artırılabilir. Gübrelemeden başka, meşcerelerde yapılacak aralamalar da büyüme hızını orta derecede ya da daha fazla oranda artırmaktadır. Örneğin; Kuzey Avrupa'da ladin ve çamlarda gübreleme sonrası hacimde % 30-50 artış meydana geldiği anlaşılmıştır. Fakat hacim artışında ortalama özgül ağırlık % 5 azalırken, kuru odun hasılatı hektarda m³ olarak % 35'e kadar yükselmekte ve hücrelerde mikro çekme direnci % 20 azalma göstermektedir. Gübreleme ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda *Populus deltoides*'te özgül ağırlık % 3 azalırken lif boyu değişmemiş, *Platanus occidentalis* ve *Liriodendron tulipifera*'da ise gübreleme sonrası hem özgül ağırlıkta hem de lif boyunda değişim görülmemiştir. Kesin bir sonuç varılabilmek için daha ileri araştırmalar gerektiği anlaşılmaktadır.

- Yağışla birlikte yetişme bölgesi enlem dereceleri de özgül ağırlık üzerinde etkili olmaktadır. Vegetasyon mevsiminde özellikle yazın fazla yağış alan bölgelerde kuzeyden güneye gidildikçe, geniş yapraklı ağaçlarda özgül ağırlığın arttığı tespit edilmiştir.

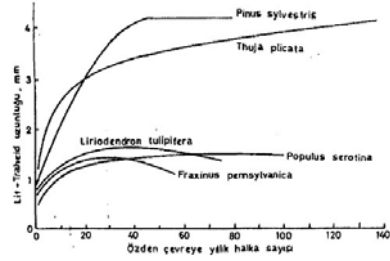
- Enlem ve yükseltilerin aynı türün odun özelliklerinde önemli değişikliklere neden olduğu görülmüş, ancak burada ortalama sıcaklık ve rutubet farklılıkları birbirini etkilediğinden, hangisinin önemli olduğu konusunda kesin bir ifade kullanılamamıştır. Örneğin; Douglas göknarının doğal yayılımının görüldüğü enlem ve yükseltiler ile traheid uzunlukları yakından ilişkilidir. Douglas göknarında en uzun ortalama traheid boyu sahil bölgelerinde yetişenlerde, en kısa ortalama traheid boyu ise iç kısımlarda dağlık bölgelerde yetişenlerde tespit edilmiştir. Yükseltilerde yetişen Douglas göknarında yaz odun oranı azaldığından, özgül ağırlığı düşmektedir. Ayrıca, araştırmalara göre, Douglas göknarı özgül ağırlığında enleme bağlı olarak yaklaşık % 5, yetişme ortamının yükseltilisine bağlı olarak yaklaşık % 1 oranında değişiklik tespit edilmiştir.

- Tohum orijinleri de odun özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. *Picea abies*'te yapılan araştırmalar, Almanya orijinli tohumlardan yetiştirilmiş meşcerelerden çıkarılan ağaçlardan sağlanan selüloz, Norveç orijinli meşcerelerden elde edilen selülozdan % 20-25 kadar daha fazla olduğunu göstermiştir.

Yağmur suyu ya da taban suyu seviyesi, aşağıda kısaca özetlendiği gibi yaz odunu oranını etkilemektedir:

- İğne yapraklı ağaçlarda yapılan araştırmalar; vegetasyon mevsiminde optimum su bulunmasının hem ilkbahar hem de yaz odunu gelişmesini artırdığını, maksimum yaz odunu oranına ve yüksek özgül ağırlığa neden olduğunu ortaya çıkarmıştır. Optimum rutubet şartlarında yaz odunu miktarındaki artış, yaz odunu tabakasının başlangıcında nispeten büyük çaplı ve kalın çeperli hücrelerin üretiminde artış olmasından kaynaklanmaktadır.
- Vegetasyon mevsiminin başında çok az su bulunması, ağacın taç kısmında büyüme faaliyetini yavaşlatarak oksin (auxin) hormonu üretimini azaltır. Sonuç olarak da yaz odunu oluşumunun erken başlamasına ve yıllık halkanın daralmasına neden olur.
- Vegetasyon mevsimi boyunca kuraklık olması da yaz odunu oranını azaltır. Çünkü bu şartlar altında tek tip yaz odunu hücreleri üretilmektedir. İğne yapraklı ağaçların hiçbirinde rutubete karşı bu anlamda reaksiyon görülmemekte, ayrıca yaz yağmurları özgül ağırlığın azalmasına neden olmaktadır.

Bir ağacın odun özelliklerindeki değişkenlik esas itibarıyla kambiyumun yaşından ve çevre şartlarının kambiyum faaliyeti üzerine yaptığı etkiden ileri gelmektedir. Değişimler hücre boyutlarında, hücre çeperinin kimyasal yapısında, odunun fiziksel özelliklerinde görülmektedir.



Şekil 8.8: Çeşitli ağaçlarda özden çevreye doğru lif ya da traheid boylarında değişim.

[illegible]

Genç omudunkı yillık hıkalarda hücre boyu değışimleri, aynı ağaçları erdunkı serpiş tıkip etmekte, fakat kırkleri çizildiğinde erğir bızlar bızla yatık olmaktadır. Bununla beraber grafiğin değidi *Quercus falcata* ve *Quercus nigra* genç omudunkı işbuçken için, erdunkı değışiklik şekildedir. Aynı hıkalı traşeli ağaçlardan *Fraxinus peninsulensis* da ilf boyu değışim yillık halka içersinde bir parabol çizdiği tespit edilmiştir. Halkalı traşeli ağaçların en kısa traşelerinin yillık halkaları erdunkı kısmında bulundukları anlaşılmaktadır. Değışik traşeli ağaçlarda bir yillık halka içersinde traşelerin uzunluğu sabit kalmaktadır. Hafif bir artış görüldü de bunun kambyumun yaylanmasıyla ilgili misallerde görülen boy artışıdan ileri değildi tahmin edilmektedir.

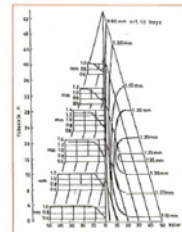
Tablo 8.1: Ergin Odunda Hücre Boyu Artışı

Eğir Yapraklı Ağaçlar	Hücre Boyarında Değişim Sevki	Geniş Yapraklı Ağaçlar
Devamlı (fakat yavaş) artan gübreler ağaçlar		
<i>Larix spp.</i> <i>Picea densata</i> <i>Pinus radiata</i> <i>Pinus silvestris</i> <i>Prinosiderox menziesii</i> <i>Squalia sempervirens</i>		<i>Carya omata</i> <i>Eucalyptus grandis</i> <i>Fagus crumata</i> <i>Populus albertina</i>
Devamlı artış götüren ağaçlar		
<i>Abies pindora</i> <i>Picea siba lucens</i> <i>Picea ponderosa</i> <i>Pinus strobus</i> <i>Thuja plicata</i>		<i>Acer saccharum</i> <i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Alnus glutinosa</i> <i>Betula pubescens</i>
Parabolik artış götüren ağaçlar		
<i>Chamaecyparis obtusa</i>		<i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>Liriodendron tulipifera</i> <i>Platanus occidentalis</i> <i>Salix nigra</i>

Ozden çevreye dogru hucre boyutlarinda meydana gelen degisimler agacin yaslanmasi sonucu kambiyum inisyalayicilari farkli kalinlikta bir sonucudur. Kambiyumun yaslanmasi ile hucre boyutlari, hucre ceper kalinaligi, mikrofibril acisi ve kimyasal kompozisyon etkilenmekte, sonuc olarak da bu degisiklikler odunun fiziksel ve mekanik ozellikleri uzerinde etkili olmak ve ozgul agirligi, daralima miktar, egilime direnci ile elastisiteyi modulli etkilenmektedir.

[illegible]

Gövde odunu. Gövde odumunda ağacın dibinden yukarıya (taca) doğru hücrelerin uzunluk ve çapları incelendiğinde, iğne yapıları ağac tracheidleri ile geniş yapıları ağaç liflerinin boyutları genel olarak çok fazla seviyesinden taca başladığı yavaşlıktaki kadar azalır, daha sonra yukarıya doğru çukoladık tekrar bir azalma görüldüğü anlaşılmaktadır. Amerika'da *Pinus resinosa* ve Avustralya'da *Eucalyptus regnans*'ta yapılan araştırmalar benzer sonuçlar vermiştir. Taramından *Picea orientalis* ve *Pinus nigra* var. *pullmansii*'de yapılan araştırmalarda da benzer eğilim görülmüştür (Şekil 8.9).



Şekil 8.9: *Eucalyptus regnans* glübokünde radyal ve boyuna yönlere lif oranlığı değişimi.

Şekil 8.9'dan anlaşılabacağı gibi en uzun lifler 15-16 m'ler arasında ve ağacın çevresine yakın kısımlarda bulunmaktadır. Ancak tracheid ve trache boyutlarının bazı türlerde gövde dibinden yukarıya doğru devamlı azaldığı (*Abies concolor*, *Thuja*

plicata), bazılarındaki da (*Pinus ponderosa*, *Carya ovata*, *Larix laricina* ve *Platanus occidentalis*) artışı tespit edilmiştir. Ancak trahelerin boyları zaten kısa olduğu için istatistik değerlendirmeler kısıtlıdır.

Ağaç gövdesi boyunca hücre çaplarındaki değişimlere bakıldığında, iğne yapraklı ağaçlarda trahelerde çaplar önce artmakta, sonra azalmaktadır. Geniş yapraklı ağaçlarda ise lif çapları ağaçta dipten taca doğru azalma göstermektedir.

Hücre çeper kalınlığı *Aruncaria angustifolia*'da alt tomrakta hafif artmakta, taca doğru çıktıkça azalmaktadır. *Populus* sp. ve *Quercus phellos*'da yapılan araştırmalar liflerde çeper kalınlığının taca doğru çıktıkça azalma gösterdiği merkezindedir.

Dal odunu. Hücre boyları dal odununda bulunduğu bölgeye ve gövde odununa göre farklılık gösterebilir. İğne yapraklı ağaçlardan *Pinus resinosa* dallarında trahelerin uzunlukları aynı yükseklikte normal odundaki trahelerden daha kısadır. Bazen uzunluk farkı % 50 kadar olabilir. Traheid boyları, dal uzunluğunun 1/5-1/4'ünde, dahi dip kısmına göre % 10 artış gösterirken, dal uçlarında dip kısmı göre % 40 daha kısa olduğu bildirilmiştir. Traheid çapları ise dal odununda gövde odunundan % 25 daha küçüktür. Geniş yapraklı ağaçlarda dallarda lif boylarının gövdekilerden farklı olup olmadığı konusundaki bilgiler sınırlıdır. Bir araştırmada % 75 daha uzun olduğu bildirilmiştir.

Kök odunu. İğne yapraklı ağaçların köklerindeki trahelerin boyları kök boğuzunda kısadır. Ancak yan köklerde kök boğuzundan uzaklaştıkça trahid boyları artmaktadır. Örneğin, Amerikan güney çamlarında kazık kök kısmında başlangıçta kısa mesafede trahid boyları arttığı halde, kök ucu doğru gidildikçe azalmaktadır. Genel olarak düşünülecek olursa, kök odununda trahelerin gövdekilerden % 50 daha uzun, teget çapları % 30 daha geniş ve çeper kalınlıkları gövde odunundan % 15 daha incedir. Geniş yapraklı ağaç köklerindeki trahelerin uzunluklarının ise gövdekilerden % 10 daha kısa olduğu da yapılan araştırmalarda bildirilmiştir.

Lignin. Bir yıllık halka içerisindeki lignin değişimi beş ağaç türünde (*Abies amabilis*, *Picea sitchensis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja plicata* ve *Quercus coccinea*'da) incelenmiş, yıllık halkanın ilkbahar odunu tabakasında, yaz odununa göre % 1-5 oranında yüksek lignin miktarları bulunmuştur. Özden çevreye doğru gidildikçe iğne yapraklı ağaçlarda lignin miktarı azalmakta, fark % 1,5-3,0 oranında olmaktadır. Ağaç gövdesi boyunca dipten taca doğru inceleme yapıldığında, aynı yıllık halkada az miktarda artışı görülmüştür. Geniş yapraklı ağaçlarla ilgili araştırmalar kısıtlı olmakla beraber genel eğilim gövdede hem radyal hem de boyuna yönde lignin miktarında fazla değişime olmadığı merkezindedir.

Eksrakatif maddeler. Reçine hariç ekstraktif madde miktarı esas itibarıyla öz odun oranı ile ilgili olarak değişmektedir. İğne yapraklı ağaçlarda reçine miktarı gövdenin dip kısmında ve öze yakın kısmında en yüksektir. Ancak, reçine miktarı gövdede özden çevreye doğru ve dipten yukarıya doğru azalır. Reçine miktarında ikinci bir artış, ağacın tepesi kısmında ve öz odunun dış kısmına yakın bölgede görülür. Reçine miktarı diri odunda, öz odundan çok daha düşüktür. Ayrıca yaz odununda, ilkbahar odunundan daha fazla miktarda reçine bulunmasının nedeni, reçine kanallarının yaz odununda toplanmış olmasından ileri gelmektedir. Ekstraktif maddelerin miktarı özden itibaren öz odununun dış tarafına doğru artış göstermektedir. Örneğin *Thuja plicata*'da Thujaaplicin maddesinde olduğu gibi.

8.3.5 Fiziksel Özelliklerde Değişiklik

Odunun fiziksel özellikleri hücre yapısı ve hücre tiplerinin kısımlarına katılma oranı ile yakından ilgilidir. Fiziksel özelliklerden en önemlisi özgül ağırlıktır. Birim odun hacimindeki hücre çeper maddesi miktarı, özgül ağırlık olarak tanımlanır. Özgül ağırlık odunun birçok fiziksel özelliğinin önemli bir göstergesidir. Bu nedenle ağaçların özgül ağırlıkları hakkında çok sayıda araştırma yapılmıştır. Çünkü özgül ağırlık hem kolayca ölçülebilmekte hem hücre strüktürü hem de fiziksel özellikler ile yakın ilişkisi bulunmaktadır. Özgül ağırlığı belirleyen hücre çeper maddesinin hücre çapları, hücre uzunlukları, hücre çeper kalınlığı ve çeşitli hücre tiplerinin odun hacimindeki oranları ağaçta bulundukları yerle ilgili olarak değiştiği unutulmamalıdır.

Bir yıllık halka içerisinde özgül ağırlıktaki değişiklik yeknesak olmayıp, farklılık göstermektedir. Farklılık, bir yıllık halkada mevcut hücre çeper maddesi miktarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. *Pinus palustris*'in Karbon-14 metodu kullanılarak beta-partikül radyasyonu ile tayin edilen özgül ağırlık grafiğinde sinüzoidal

8.3.4 Hücre Çeperi Kimyasal Yapısında Değişiklik

Selüloz. *Pseudotsuga menziesii*'de yapılan araştırmalara göre; bir yıllık halka içerisinde selüloz miktarı ilkbahar odunu tabakasının ortasında % 40'a kadar inmekte, yaz odunu tabakasının orta kısmında ise en fazla % 50 değerine ulaşmaktadır. *Pinus resinosa*'daki araştırmalar da aynı sonucu vermiştir. Selüloz miktarı özden çevreye doğru artmaktadır. Yani ağacın yaşı arttıkça selüloz miktarında artış görülmekte, artış oranı % 3-20 arasında olup, ağaç türleri ile ilgili olarak değişmektedir.

Hemiselüloz. *Pinus resinosa*'da bir yıllık halka içerisinde ilkbahar odununda hemiselüloz miktarı yaz odunundan % 1-2 kadar fazla bulunmuştur. *P. radiata*'da hemiselüloz miktarında taçtan aşağıya doğru ve özden çevreye doğru % 3 oranında azalma tespit edilmiştir.

bir seyir söz konusudur. Bu ağaç türünde özgül ağırlık bakımından minimum değer (0,3 g/cm³) ilkbahar odununda, maksimum değer (0,7-0,9 g/cm³) ise yaz odununda görülmüştür. İlkbahar odununda -yaz odununa geçiş hızı olduğu takdirde grafikteki eğimin gidişi dik, yavaş olduğu takdirde orta derecededir. *Picea sitchensis*'te ilkbahar odunu ile yaz odunu özgül ağırlıkları arasındaki oran da minimum olup 2,5'tir. *Pinus palustris*'te ise bu oran maksimum olup 5,0 olarak verilmektedir. *Pinus sylvestris*'te 0,92/0,30-3,1 kadar, *Pinus pinea*'da ise 1,3'tür.

Geniş yapraklı ağaçlarda da özgül ağırlıkta değişim modeli bir yıllık halka içerisinde yine ilkbahar odununda minimum, yaz odununda maksimumdur. Bu durum halkalı traheli ve yarı halkalı traheli ağaçlarda daha belirgin olarak tespit edilmiştir. Yukarıda özetlenen araştırmalara dayanarak özden çevreye doğru özgül ağırlık değişimleri Tablo 8.2'de verilmiştir.

Tablo 8.2: Örgül Ağırıklan Üç Farklı Tipte Önden Çevreye Doğru Değişimci

İğne Yapraklı Ağaçlar	Geniş Yapraklı Ağaçlar
Tip I Örgül Ağırıklan Önden Çevreye Doğru Artan Ağaç Türleri	
<i>Larix europaea</i>	<i>Betula verrucosa</i>
<i>Picea abies</i>	<i>Carya tomentosa</i>
<i>Pinus elliotii</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
<i>Pinus resinosa</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Populus deltoides</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Tilia americana</i>
Tip II Örgül Ağırıklan Önden Çevreye Doğru Önce Azalan, Sonra Artan Ağaç Türleri	
<i>Abies nordmanniana</i>	<i>Populus trichocarpa</i>
<i>Picea sitchensis</i>	<i>Thuja plicata</i>
<i>Pinus radiata</i>	<i>Tilia heterophylla</i>
<i>Pinus resinosa</i>	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	
Tip III Örgül Ağırıklan Önden Çevreye Azalan Ağaç Türleri	
<i>Chamaecyparis lasiocarpa</i>	<i>Acer saccharum</i>
<i>Cryptomeria japonica</i>	<i>Carya ovata</i>
<i>Pinus echinata</i>	<i>Fagus sylvatica</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Juglans nigra</i>
	<i>Populus hybrid</i>
	<i>Prunus ceratosa</i>
	<i>Quercus falcata</i>