
SERİ B

CİLT 34

SAYI 1 1984

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



AGAÇ MALZEME - AĞIRLIK İLİŞKİLERİ

Doç. Dr. Ahmet KURTOĞLU¹

1. GİRİŞ

Herhangi bir maddenin birim hacmindeki kütlesi olan Özgül Ağırlık; Odunun Ağırlığı, Çalışması, Isı Değeri, Sertliği, Aşınması, Direnç ve İşlenme kabiliyeti gibi özellikleri hakkında fikir vermektedir.

Bir m³ yaş ve taze odun içerisindeki kuru odun kütlesinin ağırlığını vermesi dolayısıyla hacim ağırlık değeri özellikle Selüloz ve Kağıt endüstrisinde randıman üzerinde etkili olmaktadır.

Hafifliğine oranla odunun direnç özellikleri diğer malzemelere göre daha yüksek olup, bu özellik genellikle yapılarda, maden ocaklarında ve uçak yapımında önemli bulunmaktadır.

Odunun özellikleri ve kullanım yerleri hakkında fikir vermeleri dolayısıyla Odun - Ağırlık ilişkileri pratikte önemli olup, bu nedenle Özgül Ağırlık ve Hacim Ağırlık Değerinin, belirlenmesi, değişimleri, etkileyen Faktörler, ağırlığı artırıcı teknik işlemler ve odunun diğer özellikleri üzerine etkileri aşağıda kısaca açıklanmağa çalışılmaktadır.

2. ÖZGÜL AĞIRLIK VE HACİM AĞIRLIK DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Özgül ağırlık, herhangi bir maddenin Ağırlığının hacmine bölünmesi ile elde olunmaktadır.

$$r = \frac{G}{V} \text{ gr/cm}^3$$

r = Özgül ağırlık (gr/cm³)

G = Ağırlık (gr),

V = Hacim (cm³)

Bilindiği gibi odun içerisinde;

- 1) Odun kütlesi : Hücre çeperi maddesi ve ekstraktif maddeler,
- 2) Hava boşluğu : Lümen, Hücre arası boşluklar ve geçit odaları,
- 3) Su : Serbest su (Lümen), Higroskopik su (Hücre çeperinde)

bulunmaktadır.

¹ I.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü.

Odunun ağırlığı içerdiği rutubet miktarına göre değişmekte olup, rutubet miktarının artması ile ağırlıkta artmaktadır. Bu nedenle belirlenen özgül ağırlık değerinin bir anlam taşıyabilmesi için hangi rutubet derecesinde belirlendiğinin bilinmesi gerekmektedir.

Bilimsel bakımdan en güvenilir Özgül ağırlık Tam Kuru Özgül Ağırlık (r_0) olup, Ağaç malzemenin ağırlığı ve Hacmi (%0) rutubete belirlenmektedir.

Pratik bakımdan önemli olan Hava Kuru Özgül Ağırlık (r_{12}) ise odunun ağırlık ve hacmi %12 rutubet derecesinde bulunmaktadır.

Herhangi Rutubetteki Özgül Ağırlık (r_m) bu rutubetteki odunun ağırlığının hacmine bölünmesi ile elde olunmaktadır.

Hacim Ağırlık Değeri (R) ise tam kuru ağırlığın (G_d) taze haldeki hacme (V_u) bölünmesi ile bulunmaktadır.

$$R = \frac{G_d}{V_u} \text{ kg/m}^3$$

Özgül Ağırlık ile Hacim Ağırlık Değeri arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmakta ve aşağıdaki formüller yardımı ile birbirlerine çevrilebilmektedir.

$$R = (1 - \beta_v) \cdot r_0 = \frac{r_0}{1 + \alpha_v} \quad r_0 = (1 + \alpha_v) \cdot R = \frac{R}{1 - \beta_v}$$

Özgül ağırlık ve Hacim ağırlık değerinin hesaplanabilmesi için odunun ağırlığının ve hacminin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca Pilodyn - odun deneme aleti ile son zamanlarda özgül ağırlığı indirekt belirlenmeğe çalışılmaktadır.

Aşağıda Ağırlık ve Hacim'in Belirlenmesi kısaca açıklanacaktır.

2.1. Odunun Ağırlığının ve Hacminin Belirlenmesi

2.1.1. Odunun Ağırlığının Belirlenmesi

Odunun ağırlığı analitik terazilerde 0,0005 gr hassasiyet ile yapılan ölçmeler ile bulunmaktadır.

Tam kuru ağırlığın belirlenebilmesi için odun örneğinin kurutma dolaplarında 103 ± 2 C da ağırlığı değişmez duruma gelinceye kadar kurutulması gerekmektedir. Kurutulan örnekler daha sonra içerisinde CaCl_2 ve P_2O_5 (Fosfor Pentoksit) bulunan desikatörlerde soğutulurak hızla analitik terazilerde tartılmaktadır.

Hava kuru odunun ağırlığı ise, odun örneklerinin 20 ± 2 C ve %65 \pm 5 bağıl neme sahip iklimlendirme odalarında en az 28 gün, odun rutubetinin %12'e ulaşması beklendikten sonra analitik terazilerde tartılması ile bulunmaktadır.

2.1.2. Odunun Hacminin Belirlenmesi

Odun numunelerinin hacminin belirlenmesinde kullanılan metotlar şu şekilde sıralanabilir.

1. Stereometrik Metod, 2. Daldırma Metodları (Cıva İçerisine Daldırma Metodu, Su İçerisine Daldırma Metodu, Yüzdürme Metodu, Arşimed Kanununa göre), 3. Radyasyon Metodu, 4. Oyuk Açma Metodu.

Stereometrik Metod ile Hacim Belirlenmesinde odun örneklerinin dikkatli bir şekilde çatlaksız olarak prizma veya silindir şeklinde hazırlanması gerekmektedir. Tam kuru, hava kurusu ve taze haldeki örneklerin boyutları 1/10 mm hassasiyet ile ompaslarla ölçülmekte ve hacim hesaplanmaktadır.

Daldırma Metodları ile Odunun sıvı içerisine daldırılması ve taşıdığı sıvı yarıdımı ile hacim belirlenebilmektedir. Bu yol ile şekilleri düzgün olmayan odun örneklerinin de hacimleri bulunmaktadır. Sıvı olarak su ve cıvadan yararlanılmaktadır.

Su içerisine daldırma ile hacim belirlenmesinde üzerinde taksimat bulunan basit silindirik kaplardan yararlanabildiği gibi, ayrıca WISLICENUS'un camdan, NIETHAMMER'in bakırdan özel olarak yapılmış aletleri de kullanılmaktadır.

Bu aletlerin esas depo kısmı ile yan tarafında taşınan suyun yüksekliğini gösteren taksimatlı ince bir borusu bulunmaktadır. Bu borudaki suyun yükselme seviyesi doğrudan hacmi göstermektedir.

Bu metod ile hacim belirlenmesinde odunun su alarak genişlemesi nedeni ile örneklerin su geçirmeyen bazı maddeler ile emprenye edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla örnekler ya Benzol veya Ksilol içerisinde emprenye edilmekte veya üzerlerine benzol veya celloidin içerisinde eritilmiş parafin sürülmektedir. Bu parafin veya celloidin tabakası hacmi etkilemekte ve hata yaratmaktadır. Bu tabaka hacminin okunan hacimden çıkarılması gerekmektedir. Bu metod ile Stereometrik metoda göre %1,79 daha fazla hacim bulunmakta ve daha fazla zaman almaktadır (BOZKURT, 1980).

Muntazam olmayan odun örneklerinin hacmi cıva içerisine daldırma yolu ile daha güvenli (birkaç mm³ kadar) olarak belirlenebilmektedir.

Örneklerin suya karşı parafin ve diğer maddeler ile emprenye edilmesine gerek bulunmamaktadır. Bu amaç için BREUIL'in aletinden yararlanılmaktadır.

Yüzdürme Metodu ile muntazam dar ve uzun odun örneği dereceli bir kap içerisine konarak yüzdürülmektedir. Suyu batan kısmın derinliği (L₂) ve numune uzunluğu (L₁) ndan yararlanarak özgül ağırlık (r) aşağıdaki formül ile doğrudan hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{L_2}{L_1} \cdot r_1$$

r₁ : Suyun özgül ağırlığı.

Suyun neden olduğu boyut değişmelerine engel olmak için, örneğin parafin veya celloidin ile işlem görmesi gerekmektedir. Ayrıca özgül ağırlığı 1,0 gr/cm³ den büyük olan odun örnekleri suyun dibine battığı için bu metod ile özgül ağırlığı belirlenmemektedir.

Archimed Prensibine göre özgül ağırlığın belirlenmesinde ise bir sıvı içerisinde batırılan bir cismin, taşıdığı sıvının ağırlığı kadar kendi ağırlığından kaybeder

preslbinden yararlanılarak, odun örneğinin havadaki ağırlığı (G) ile su içerisindeki ağırlığı (G') nin farkının sıvının özgül ağırlığına (r,) bölünmesi ile hacim (V) elde edilmektedir.

$$V = (G - G') / r, \text{ Özgül ağırlık ise } r = \frac{G}{G - G'} \cdot r, \text{ formülü ile bulunmaktadır.}$$

Radyasyon Metodu ile özgül ağırlığın belirlenmesi ise özellikle Beta ışınlarının bir kısmının odun tarafından absorbe edilmesi, geri kalanının ise Geiger sayacı ile belirlenmesi suretiyle bulunmaktadır (BOZKURT 1980).

Çünkü eşit kalınlıktaki odun numunelerinde Beta ışınlarının gönderildiği taraftaki şiddeti arasındaki farkla özgül ağırlık arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır.

Oyuk açma metoduna göre ise özgül ağırlığı bulunacak ağaçtan alınan bir tahta üzerinde matkap ile oyuk açılmaktadır. Oyuktan çıkan yongalar tartılıp, uygun hacmine oranlanarak özgül ağırlık bulunmaktadır. Talaşların ağırlığının ve uygun hacminin sıhhatli olarak belirlenmesi gerekmektedir.

2.2. Pilodyn - Odun Deneme Aleti ile Özgül Ağırlığın Belirlenmesi

Uzun süredir çabuk, tahribatı az, güvenilir bir şekilde ve az masrafla odunun özgül ağırlığının belirlenmesi için yeni metodlar geliştirilmeğe çalışılmaktadır.

Dikili ve kesilmiş ağaçlardan özgül ağırlık bu zamana kadar genellikle yıllık halka kalemı yardımı ile çeşitli metodlardan yararlanarak bulunmaktadır (KEYLWERT 1954; V. VEDEL 1962).

Pressler artım burgusu ile alınan yıllık halka kalemlerinin ağaçta 10 mm kalınlıkta kanal açması sonucu buralardan mantar ve böceklerin arız olması sakınca yaratmaktadır.

Bu nedenle birkaç yıl önce bir İsviçre firması (PROCEQ S.A. Züriç) Pilodyn - Odun deneme aletini geliştirmiştir.

Aletin vuruş çivisinin odun içerisine batış miktarı ile odunun özgül ağırlığı arasındaki ilişkiden yararlanarak özgül ağırlık indirekt olarak saptanabilmektedir. Bu alet şimdiki kadar Danimarka, Fransa ve İngiltere'de denenmiş ve kullanılmaktadır (LEWARK - GIEFING 1983).

Ön denemeler ile Özgül ağırlık ve batış miktarı arasındaki Regression denklemleri bulunduğunda, Laboratuvar çalışmasına gerek kalmaksızın özgül ağırlık çabuk belirlenebilmektedir. Bu alet ile ağaçta 2,5 mm çapında 20 mm derinliğe kadar bir kanal açılmaktadır. Bu ölçülerin aletin geliştirilmesi ile daha da küçülebileceği belirtilmektedir.

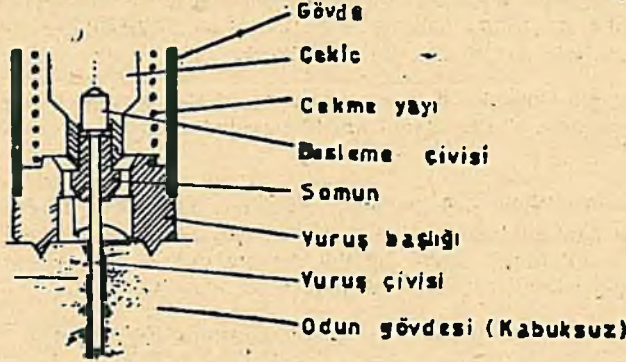
Şekil 1 de Pilodyn - Odun deneme aleti şematik olarak gösterilmektedir.

Bu alettaki vuruş çivisi yayı vasıtasıyla odun içerisine itilmekte ve batış derinliği ölçülmektedir.

Standart olarak yapılmış aletin çapı 50 mm, boyu 335 mm, ağırlığı 1,55 kg bulunmaktadır. Vuruş enerjisi: 6 J(Nm), maximum batış derinliği 40 mm, Vuruş çivisi çapı: 2,5 mm dir.

Ayrıca standart yapılmış aletlerin yanında vuruş enerjisi 12 ve 18 J ile maksimum batış derinliği 70 mm olan tipleride üretilmiş bulunmaktadır.

Bu zamana kadar yapılan araştırmalara göre alet esas olarak ibrelilerde, özellikle çok sayıda örneğe sahip araştırmalarda özgül ağırlığın indirekt ve az masraflı olarak belirlenmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 1. Plodyn - odun deneme aletinin ön kısmının kesiti. Proçeç. S.A. Züriç firmasının Prospektüsüne göre - (LEWARK - GIEFING 1983).

LEWARK ve GIEFING (1983)'ün kayın ve ladindeki araştırmasına göre aletin kullanılabilirliği yapılan ön denemelerin doğruluk derecesine bağlıdır. Değerlerin doğruluğu ise ağaç türü, yaşı, çapı, kabuklu ve kabuksuz ölçülmesi, ölçme yeri ve sayısı ve deneme materyalindeki özgül ağırlığın dağılımına bağlı olarak değişmektedir.

3. ÖZGÜL AĞIRLIĞI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Odunun özgül ağırlığını etkileyen Faktörler :

Odunun rutubet miktarı, Öz odunu oluşumu ve diğer yabancı maddeler, Odun içerisindeki hücre çeperi ve hava boşluğu oranı, İlkbahar ve yaz odununun katılım oranı, Yıllık halka genişliği, Dal ve kök odunu, Reaksiyon odunu, Ağacın yaşı, Yetiştirme muhiti ve coğrafik yer olarak sıralanabilir.

3.1. Odunun Rutubet Miktarının Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi

Özgül ağırlık ile odun rutubeti arasındaki ilişki teknik bakımdan önemlidir. LDN (Lif Doğunluğu Noktası) rutubet derecesinin üstünde odunun rutubet miktarı arttıkça genişleme miktarı çok az olduğu için özgül ağırlıkta hızlı bir artış görülmektedir.

(LDN) rutubet derecesinin altında ise özgül ağırlığı 1,1 gr/cm³ den az olan ağaç türlerinde rutubet miktarı arttıkça özgül ağırlık'ta artmaktadır.

Özgül ağırlığı 1,1 gr/cm³ den büyük olan ağaçlarda ise rutubet miktarının artması ile odunun ağırlığındaki artış, hacmindeki artıştan az olduğu için özgül ağırlıkta bir azalma ortaya çıkmaktadır (BERKEL 1970).

Odunun tam kuru ve belirli rutubetteki özgül ağırlığı arasındaki ilişki teknik bakımdan önemli olup, odunun tam kuru özgül ağırlığının (r_0) bilinmesi halinde, belirli rutubetteki özgül ağırlığı (r_u) higroskopik sınırlar içerisinde aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$r_u = \frac{G_u}{V_u} = \frac{G_d (1+u)}{V_d (1+\alpha_{V_u})} = r_0 \frac{1+u}{1+\alpha_{V_u}}$$

Burada u =odun rutubetini, α_{V_u} =Hacim genişlemesini göstermektedir. Bu eşitlik yalnız tam kuru hal ile (LDN) rutubet dereceleri arasında geçerli bulunmaktadır.

ABD Orman Ürünleri Laboratuvarının araştırmalarına göre, odunun tam kuru halden (LDN) rutubetine geçişte ortalama hacim genişleme yüzdesi tam kuru özgül ağırlığın 28 katıdır.

$$\alpha_v = 28 \cdot r_0 (\%)$$

Yapılan araştırmalara göre 0 ile %25 odun rutubet miktarları arasında meydana gelen hacim genişlemesi maximum hacim genişlemesinin %75 ini oluşturmaktadır ve bu sınırlar içerisinde doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır.

Buna göre %1 rutubet artışı için hacim genişleme yüzdesi miktarı $0,75 \alpha_v / 25 = 0,03 \alpha_v$, olmaktadır. Bu değerler yerine konulursa,

$$r_u = \frac{1+u}{1+0,84 \cdot r_0 \cdot u}$$

elde olunmaktadır.

Rutubet miktarının (LDN) rutubet derecesinin üzerinde olması halinde hacimde herhangi bir değişiklik olmadığı için :

$$r_u = \frac{1+u}{1+28 \cdot r_0}$$

eşitliği geçerli olmaktadır.

Hacim ağırlık değeri ise özgül ağırlığın aksine (LDN) rutubet derecesine kadar rutubetin artması ile azalmaktadır.

3.2. Öz Odunu Oluşumu ve Diğer Yabancı Maddelerin Etkisi

Odunda değişik miktarlarda reçine, tanen, boyalı maddeler, yağ ile eter ve alkol de eriyen çeşitli maddeler bulunmaktadır.

Bu maddeler daha çok öz odunun oluşması esnasında hücrelerin içerisine yerleşmekte ve özgül ağırlığı artırıcı etki yapmaktadır.

Bu etki öz odunu kuvvetli şekilde oluşmuş, koyu renkli ve içerisindeki maddeler bakımından diri oduna göre belirli fark gösteren ağaçlarda daha fazla görülmektedir. Öz odunu maddeleri bazı ağaç türlerinde çok olduğu halde, sekoya'da olduğu gibi, bazılarında ise çok az bulunmaktadır.

Kayında gövdenin iç kısmındaki Kırmızı Yürek oluşumu ve ayrıca Ladin ile gökmar da gövdenin iç kısmında kuru, ölü ve renk bakımından fark göstermeyen uygun odun ile diri odun arasında fark görülmemektedir (BERKEL 1940).

3.3. Hücre Çeperi ve Hava Boşluğu Oranlarının Etkisi

Daha önce belirtildiği gibi odun içerisinde su, hava boşluğu ve Hücre çeperi odun maddesi bulunmaktadır. Odunun rutubet miktarının özgül ağırlığa etkisi 3.1 de açıklanmıştır.

Tam kuru halde odunun özgül ağırlığı, birim hacimdeki hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranlarına bağlı bulunmaktadır. Hücre çeperi maddesi hacmini (V_c) odunun tüm hacmine (V_0) oranlayacak olursak Hücre çeperi maddesi oranı (K) elde olunmaktadır.

$$K = V_c / V_0$$

Birim hacimdeki hücre çeperi maddesi oranı arttıkça odunun özgül ağırlığı artmaktadır. Odunun hücre çeperinin özgül ağırlığı her ağaç türü için yaklaşık olarak aynı olup, pratikte 1,5 gr/cm³ kabul edilmektedir.

Çeşitli Araştırmacılar tarafından Hücre çeperi maddesi özgül ağırlığı 1,44 ile 1,62 gr/cm³ arasında değişmektedir.

Odunun ana bileşiklerinden Selülozun özgül ağırlığı 1,55 - 1,61 gr/cm³ (HERMANS 1949), Lignin'in özgül ağırlığı ise 1,31 - 1,41 gr/cm³ (STAMM - HANSEN 1937) olarak belirlenmiştir (BOSSHARD, 1974).

Lignin özgül ağırlığının küçük olması nedeniyle Lignince fakir ağaçların hücre çeperi özgül ağırlığı yüksek bulunmaktadır.

Odunun hücre çeperi ve Hava boşluğu hacminin bulunmasında yer değiştirme maddesi olarak su, benzen ve helium kullanılmaktadır. Odun çeperi özgül ağırlığı su kullanıldığında en yüksek, benzen kullanıldığında ise en düşük bulunmaktadır.

Birim hacimdeki hava boşluğu katılım oranının artması ile ise özgül ağırlık azalmaktadır. Odunun hava boşluğu hacmi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$P = 1 - K = \frac{r_0}{1,5} = 1 - 0,667 \cdot r_0$$

veya yüzde olarak

$$P = 100 - 66,7 \cdot r_0 (\%)$$

Burada P = Hava boşluğu hacmi, K = Hücre çeperi odun maddesi, r_0 = Tam kuru özgül ağırlıktır.

Hava boşluğu hacmi buraya kadar tam kuru haldeki odun için belirlenmiştir. Odun daima rutubete sahip olduğundan, hücre çeperindeki suyun etkisi ile meydana gelen genişlemeyi de göz önünde tutmak gerekmektedir.

Bu genişleme üzerine hücre çeperi içerisine absorbe edilen ve burada yoğunlaşarak sıkışan suyun odunun iç yüzeyi üzerine yaptığı basıncın etkisi bulunmaktadır.

Ayrıca (LDN) rutubet derecesinin üzerinde hücre boşluğuna giren suyun etkisinde göz ardı etmemek gereklidir. Odundaki hava boşluğu hacminin bilinmesi, çeşitli empenye maddeleri ile empenyede ne kadar empenye maddesi kullanılacağına saptanmasında yararlı olmaktadır.

3.4. İlkbahar ve Yaz Odunu Katılım Oranının Etkisi

Yıllık odun halkası içerisinde yaz odunu traheid çeperleri ilkbahar odununun traheid çeperlerine göre daha kalın, lümenleri ise daha dar bulunmaktadır. Yapraklı ağaçlarda özellikle Libriform liflerinin çeperleri yaz odununda ilkbahar odunundan daha kalındır. Böylece hücre yapısı dolayısıyla yaz odununun özgül ağırlığı ilkbahar odununun özgül ağırlığından daha büyük bulunmaktadır.

İlkbahar ve yaz odunu katılım oranı üzerine özellikle yetiştirme muhiti faktörleri etki etmektedir. Genel olarak iğne yapraklı ağaç odunlarında yaz odunu katılım oranı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki daha belirgindir.

3.5. Yıllık Halka Genişliğinin Etkisi

Genellikle iğne yapraklı ağaçlarda yıllık halkanın genişlemesi ile yaz odunu oranı azaldığı için özgül ağırlık azalmaktadır.

Yapraklı ağaçlarda ise yıllık halka genişlemesi ile yaz odunu oranı arttığı için özgül ağırlık fazlalaşmaktadır.

Yıllık halka genişlemesi yaşa göre ağaç gövdesinde özden çevreye ve aşağıdan yukarıya farklar göstermektedir. Ağacın yaşı ilerledikçe sık meşcerelerde ve örtü altında yetişen ağaçlarda yıllık halkalar daralmaktadır.

Ladinde yıllık halkalar genişledikçe özgül ağırlık azalmaktadır. Cam, melez ve Douglas göknarında ise yıllık halka genişlemesi özgül ağırlıkta önce bir artış, sonra azalma meydana gelmektedir.

Meşe, Dişbudak gibi halkalı traheli yapraklı ağaçlarda ise yıllık halka genişlemesiyle özgül ağırlıkta artış görülmektedir.

Kayın, huş, akçağaç gibi dağınık traheli yapraklı ağaçlarda yıllık halka genişliği ile özgül ağırlık arasındaki ilişki çok sıkı olmayıp, yıllık halka genişliğinin özgül ağırlık üzerine etkisi ağaç gövdesinin alt kısmında fazla olup, yukarı çıkıldıkça azalmaktadır. HALE - PEREM (1965)'e göre reaksiyon odununda normal odunun aksine yıllık halka genişliğinin özgül ağırlık üzerine etkisi yıllık halka genişledikçe özgül ağırlık artmaktadır (BERKEL, 1970).

3.6. Dal ve Kök Odununun Etkisi

Yıllık halka ve hücre yapılarının farklı olması nedeniyle dal odununun özgül ağırlığı gövde odunundan daha fazla bulunmaktadır. Dal odununun hücre çeperleri daha kalın, destekleyici hücre dokusu katılım oranı daha fazladır. Ortalama olarak dal odunu gövde odununa göre iğne yapraklılarda %25, yapraklı ağaçlarda ise %6 daha ağırdır.

Kök odunu tamamen iletim görevini yerine getirecek şekilde olması nedeniyle gövde odunundan daha hafiftir.

İğne yapraklı ağaçlarda kök odunu traheidleri gövde odunundan daha geniş ve çeperleri daha incedir. İğne yapraklılarda kök odunu çoğunlukla gövde odunundan hafif olmakla beraber fark büyük değildir. Yapraklı ağaçlarda ise bu fark daha büyük bulunmaktadır.

Kök ve gövde odunu arasındaki özgül ağırlık farkı kök dallandıkça ve gövdeden uzaklaşıp incelidikçe çoğalmaktadır. Ortalama olarak kök odunu gövde odunundan %20 daha hafiftir.

3.7. Reaksiyon Odununun Etkisi

Basınç ve çekme odunu özgül ağırlığı artırıcı etki yapmaktadır. Basınç odununda özgül ağırlık aynı ağaç türü ve artım koşullarında normal oduna göre %15-%40 arasında büyüktür (BERKEL, 1970).

Bunun nedeni yaz odunu katılım oranının yüksek, ilkbahar odunu traheid çeperlerinin kalın olmasıdır.

Çekme odununda jelatinli libriform lifleri hücre çeperinin kalın olması dolayısıyla çoğunlukla özgül ağırlık normal odundakinden daha büyüktür.

3.8. Ağacın Yaşının Etkisi

Ağaç yaşının özgül ağırlık üzerine etkisi özellikle ağaç gövdesinde çevreye doğru daha fazla görülmektedir. Genellikle yaş ilerledikçe gövdede özden çevreye doğru daha dar yıllık halkalar oluşmaktadır.

İğne yapraklı ağaçlarda genç odunda normal odundan daha hafif odun oluşmakta, özden çevreye gidildikçe ağırlaşmaktadır.

Yapraklı özellikle halkalı traheli ağaç türlerinde ise genç odun kısmında özgül ağırlık yüksek, çevreye doğru gittikçe yıllık halkaların daralması ve yaşın artması ile özgül ağırlık azalmaktadır.

3.9. Yetiştirme Muhiti ve Coğrafik Yerin Etkisi

Özgül ağırlık üzerine herhangi bir ağaç türünde toprak, iklim, ısı, rutubet, rüzgar, mevki ve bakı gibi yetiştirme muhiti faktörleri ile irsel yetenek ve fizyolojik özelliklerin de etkisi büyüktür.

Yetiştirme muhiti faktörleri özellikle ilkbahar ve yaz odunu katılım oranları üzerine tesir etmektedir.

TRENDELENBURG (1939)'a göre ladinin ortalama özgül ağırlığı yüksek dağlarda, yukarıdan aşağıya inildikçe ve bir ölçüye kadar güneyden kuzeye çıktıkça artmaktadır. Kayın ve melezde'de benzer durum görülmektedir.

4. ÖZGÜL AĞIRLIK VE HACİM AĞIRLIK DEĞERİ DEĞİŞMELERİ

Özgül ağırlık ve Hacim ağırlık değeri çeşitli ağaç türü odunlarında farklı olduğu gibi, aynı ağaç türünde ve gövdesinde de yatay ve dikey yönde de farklılıklar göstermektedir.

4.1. Özgül Ağırlığın Aynı Ağaç Gövdesindeki Değişmesi

Herhangi bir ağaç gövdesinde odunun yıllık halka genişliği; hücre yapısı ve ağacın yaşı, özgül ağırlığın yatay ve dikey yönde farklılık göstermesine neden olmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi iğne yapraklı ağaç gövdesinde enine kesitte çöngünlükla özden çevreye doğru gidildikçe, yıllık halkaların daralması, yaz odunu katılım oranının artması ve kısmen de ağaç yaşının artması nedeni ile özgül ağırlık artmaktadır.

Halkalı büyük traheli yapraklı ağaçlarda ise öze yakın kısımlar ağır olup, çevreye doğru gidildikçe özgül ağırlık azalmaktadır. Yapraklı ağaçlarda kambium'a yakın kısımlarda özgül ağırlık en düşüktür.

Belirli ve koyu öz oduna sahip ağaçlarda öz odundan diri oduna geçişte özgül ağırlığın azalışı belirgin olarak fark edilmektedir.

Dağınık traheli yapraklı ağaçlarda (Kızılbaş) özden çevreye doğru özgül ağırlık değişimleri daha az belirgindir.

Enine kesitin çeşitli yönlerinde de bazı farklar görülmektedir. Özellikle tek taraflı rüzgar etkisi ile reaksiyon odunu oluşarak özgül ağırlık artmaktadır.

Ağaç gövdesinde dikey yönde de hücre büyüklüğü, çeper kalınlığı, ilkbahar ve yaz odununun katılım oranı gibi özelliklerin değişmesi nedeni ile aşağıdan yukarı çıkıldıkça özgül ağırlık değişmektedir.

Genel olarak iğne yapraklı ağaçlarda özellikle gövdenin alt ve orta kısmında belirgin olarak yukarı çıkıldıkça özgül ağırlık azalmaktadır.

Halkalı büyük traheli yapraklı ağaçlarda gövdede dikey yönde özgül ağırlık değişimi önemli miktarda bulunmaktadır. Dağınık traheli yapraklı ağaçların bazılarında gövde aşağıdan yukarı çıkıldıkça önce azalma sonra yükselme, diğer bazılarında ise ya azalma yada yükselme belirlenmektedir.

4.2. Ağaç Türleri Arasında Özgül Ağırlık Değişimleri

Aynı ağaç türünde geniş lümenli, ince çeperli hücrelerin katılım oranlarının yüksek olması halinde özgül ağırlık düşük, kalın çeperli, dar lümenli hücrelerin katılım oranlarının yüksek olması halinde ise özgül ağırlık fazla bulunmaktadır.

Her ne kadar aynı ağaç türü odunu belli bir yapıya sahip isede özgül ağırlığı ve hacim yoğunluk değeri iki sınır değeri arasında farklılıklar göstermektedir.

çizelge 1 de çeşitli ağaç türlerinin tam kuru özgül ağırlığın ortalama ve sınır değerleri ile hacim ağırlık değerleri gösterilmektedir (BERKEL, 1970).

Çizelge 1 de görüldüğü gibi yeryüzündeki ağaçlarda özgül ağırlıklar 0,07 - 1,23 gr/cm³ arasında değişmektedir.

En düşük özgül ağırlık Ealsa (*Ochroma lagomus*)'ta ort. 0,13 gr/cm³, en yüksek ise ort. 1,23 gr/cm³ ile Pelesenk (*Guaiacum officinale*) de görülmektedir.

Çizelge 1. Bazı önemli türlerinde ortalama Özgül ağırlık, sınır değerleri ve Hacim yoğunluk değerleri.

Ağaç türleri	Tam kuru Özgül ağırlık (ρ_0)		Ortalama Hacim yoğunluk değeri (R) kg/m ³
	Ortalama değerler gr/cm ³	Sınır değerleri gr/cm ³	
Balsa	0,13	0,07-0,23	120,8
Veymut Çamı	0,38	0,31-0,46	338,6
Uludağ Göknaarı (Türkiye)	0,408	0,29-0,73	359,0
Doğu Lâdini (Türkiye)	0,406	0,30-0,59	359,0
Avrupa Lâdini	0,43	0,30-0,64	377,0
Kavak	0,37	0,27-0,65	376,8
Douglasie	0,47	0,36-0,63	412,4
Sarıçam	0,49	0,30-0,86	430,7
Sarıçam (Türkiye)	0,496	0,34-0,83	426,0
Kızılçam (Türkiye)	0,53	0,39-0,69	478,0
Kızılağaç	0,49	0,38-0,60	431,0
Toros Sedirli	0,49	0,38-0,62	437,0
Melez	0,55	0,40-0,82	487,3
Akçağaç	0,59	0,48-0,75	522,2
Karaağaç	0,64	0,44-0,82	555,5
Meşe	0,64	0,38-0,90	561,1
Dişbudak	0,65	0,41-0,82	564,2
Doğu Kayını (Türkiye)	0,63	0,57-0,66	531,0
Batı Kayını	0,66	0,54-0,84	554,3
Akasya	0,73	0,54-0,87	646,8
Gürgen	0,79	0,50-0,82	641,5
Pelesenk	1,23	0,95-1,31	1045,5

Memleketimizde ise en hafif ort. 0,37 gr/cm³ özgül ağırlık Kavakta, en ağır ise ort. 0,92 gr/cm³ ile Şimsirde rastlanmaktadır.

Özgül ağırlıktaki bu değişmelerin nedeni birim hacimdeki hücre çeperi maddesi ve yabancı madde miktarındaki farklılıklardan ileri gelmektedir.

Aynı ağaç türü içerisindeki farklılıklar yetiştirme muhiti gibi ağacın büyümesini etkileyen faktörlerle, ağacın yaşı ve ağaçtan alındığı yer ile ilgili bulunmaktadır.

GÖHRE (1961)'e göre bazı ağaç türlerinin Tam kuru ve Hava kurusu haldeki özgül ağırlıkları ve TRENDELENBURG (1939)'a göre taze haldeki ağırlıkları Çizelge 2 de gösterilmektedir.

5. ÖZGÜL AĞIRLIĞIN ODUNUN DİĞER ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Odunun daralma ve genişleme miktarı özgül ağırlık ile orantılı olup, genellikle özgül ağırlık arttıkça ağır odunlar hafiflere göre hücre çeperine daha fazla su alıp verebildiklerinden daralma ve genişleme miktarı artmaktadır (KOLLMANN-CÔTÉ, 1968).

Çizelge 2.

Odun Türü	A Ğ I R L I K Kg/m ³		
	Tam Kuru	Hava Kurusu	Taze
Çam	Diri		980
	Öz	490	510
LAdin	Diri		960
	Öz	430	460
Gök nar	Olgun		520
	Diri	520	540
Kayın	Olgun		510
	Diri	670	710
Melez	Öz		970
	Diri	550	580
Meşe		650	680
Dişbudak		650	680
Y. Akasya		720	760
Kavak		410	440
Kızıl ağaç		490	—
Akçaağaç		590	—
Kestane		486	—
Kara ağaç		640	—

Odunun hücre yapısı dolayısıyla içerisinde hava boşluğu bulunduğu için iyi bir ısı yalıtıcıdır. Odunun özgül ağırlığı arttıkça ısı iletkenliği katsayısı da artmaktadır.

Odunun ısı değeri özgül ağırlığı ve içindeki reçine, tanen, lignin ve rutubet miktarı ile değişmekte, özgül ağırlık arttıkça ısı değeri de artmaktadır.

Özgül ağırlığın artması ile radyal ve teğet yöndeki termik genişlemede doğru orantılı olarak artmaktadır (KOLLMANN, 1951).

Odunda özgül ağırlığın artması ile dielektrik sabitesi, sesin yayılmasına karşı gösterdiği direnç ve ses absorpsiyon değeri yükselmekte, elektriksel direnç ve tutunma sürtünmesi azalmaktadır.

Odunda elastikiyet modülü özgül ağırlığın artması ile yükselmekte ve aralarında doğru orantılı ilişki bulunmaktadır.

Genel olarak bütün ağaç türlerinde odunun özgül ağırlığı arttıkça direnç özelliklerinde artmaktadır.

KNIGGE - SCHULZ (1966) a göre odunda özgül ağırlık statik dirençler içeri-

sinde en fazla çekme direncini, sonra eğilme, daha sonra makaslama, en az da basınç direncini etkilemektedir.

Özgül ağırlığın artması ile yarıлма direnci yapraklı ağaçlarda iğne yapraklılara göre daha fazla artmaktadır. Özgül gırlığın artması ile burulma direncide doğru orantılı olarak artmaktadır.

KOLLMANN (1951)'e göre aşınmaya karşı koyma özgül ağırlığın artması ile fazlalaşmaktadır.

Bellri ağaç türü ve odun rutubetinde özgül ağırlığın artması ile sertlikte fazlalaşmaktadır.

BERKEL (1960) tarafından Doğu Lâdini ve BERKEL - BOZKURT - GÖKER (1969) tarafından Meşelerde yapılan araştırmalarda Brinell sertlik ile özgül ağırlık arasında doğru orantılı ilişki bulunmaktadır. Ayrıca odunun işlenme özellikleri özgül ağırlık ile değişmekte, kural olarak ağır odunlar daha iyi işlenmekte ve daha düzgün yüzey vermektedir. Fakat ağır odunların işlenmesinde daha çok kuvvet tüketilmektedir (KURTOĞLU, 1981).

5.1. Özgül Ağırlığı Artırıcı Teknik İşlemler

Ağaç malzemenin çalışmasını önlemek ve boyutlarını stabilize etmek için normal veya yüksek ısı derecelerinde sıkıştırılarak Lignostan veya Staypak, özellikle Fenol-formaldehid ile emprenye etmek suretiyle Impreg ve Kompreg elde edilmektedir.

Lignostan : Kayın odunun sıkıştırılması ile elde olunmakta, özgül ağırlığı 1,03 ile 1,46 arasında değişmektedir. Lignostonda %5 hava boşluğu, %95 odun kitlesi bulunmaktadır.

Staypak : Sentetik reçinesiz, yüksek ısı derecelerinde preslenerek stabilize edilmiş ağaç malzemeye denilmektedir. Ağaç malzemenin en az 1,30 gr/cm³ özgül ağırlığa sahip olacak şekilde preslenmesi tavsiye edilmektedir. Staypak rutubetli ortamda genişlese dahi, tekrar preslenmiş durumdaki eski boyutlarına dönerek bu durumu muhafaza etmeğe çalışmaktadır. Suya karşı daha sonra bahsedeceğimiz Kompreg kadar dayanıklı değildir. Direnç özellikleri sıkıştırma miktarı ile doğru orantılı olarak artmakta, çekme direnci ve eğilmede elâstikiyet modülü komprege göre daha yüksek bulunmaktadır. Şok şeklindeki kuvvetlere karşı direnci yüksektir.

Impreg : Fenol-Formaldehid reçinesi ile emprenye edilmiş ince kaplama levhaların bir süre bekletildikten sonra, kurutulup, ve daha sonra tabakalar halinde tutkal yardımı ile yapıştırılması ile üretilmektedir. Impreg'da özgül ağırlık normal odununkine göre %18 oranında artmaktadır. Çalışma %25-35 azalmaktadır. Ağaç malzeme içerisine %40 kadar varan reçine emprenye edilmektedir. Basınç direnci ve sertlik önemli miktarda artmaktadır. Çekme direnci ve çarpma ile eğilmede iş miktarı azalmaktadır.

Kompreg : Fenol-formaldehid reçinesi ile emprenye edilmiş levhaların birbiri üzerine istif edilerek preslerde basınç altında sıkıştırılması ile elde edilmektedir. Özgül ağırlık 1,3-1,4 gr/cm³'e kadar çıkarılmaktadır. Boyutlarda iyi bir stabilize sağlamak için tam kuru ağırlığa oranla %30-40 sentetik reçinenin hücre çeperine dağılması gerekmektedir. Yüksek mekanik özellikler için bu oran %8-12 yeterli bulunmaktadır (BERKEL, 1972). Kompreg'in mekanik özellikleri çarpma ve eğilmede iş miktarı hariç, özgül ağırlığın yükselmesi ile doğru orantılı artmaktadır.

Impreg'de olduğu gibi mantarların çürütücü etkisine dayanıklı, elektriksel ve asitlere karşı direnci yüksektir. Gerek sentetik reçine ile emprenye edilmiş fakat preslenmemiş (Impreg) ve gerekse sentetik reçine ile emprenye edilmiş ve preslenmiş ağaç malzeme (Kompreg) normal oduna göre gevrek bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- BERKEL, A., 1941. Şark kayını (*Fagus orientalis Lipsky*)'nin teknolojik vasıfları ve istimali hakkında araştırmalar. Y.Z.E. Çalışmalarından, Sayı 118, Ankara.
- BERKEL, A., 1960. Doğu ladini (*Picea orientalis*)'de Brinell sertlik denemeleri. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri A, Cilt 10, Sayı 1.
- BERKEL, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Cilt 1. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 147, İstanbul.
- BERKEL, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Cilt 2. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 183, İstanbul.
- BERKEL, A., BOZKURT, Y., GÖKER, Y., 1969. Çeşitli Meşe Türlerimizin Kaplama Levha İmali Bakımından Elverişliliği Üzerinde Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 139, İstanbul.
- BOSSHARD, H. H., 1974. *Holzkunde Bd. 2 Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes* Birkhauser Verlag Basel - Stuttgart.
- BOZKURT, Y., 1979. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 260, İstanbul.
- BOZKURT, Y., 1980. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, Cilt 1; İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 259.
- GÖHRE, K., 1961. *Werkstoff Holz 2. Auflage* Leipzig, VEB Fachbuchverlag.
- GÖKER, Y., 1977. Dursunbey ve Elekdağ Karaçamlarının Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Sıra No: 613, Seri No: 22.
- HERMANS, P. H., 1949. *Physic and Chemistry of Cellulose Fibres with Particular Reference of Rayon* Elsevier Publ. Co. New York, 554.
- KEYLWERT, R., 1954. Die Genauigkeit quantitativer Zuwachsanalysen, *Holz als roh und werkstoff* 12, 2, 41-44.
- KNIGGE, W., 1958. *Untersuchungen über Beziehungen zwischen Eigenschaften und Wuchs der Gastbaumart Douglasie* Schriftenreihe der Fors. Fak. d. Univ. Göttingen Bd. 20.
- KNIGGE, W., SCHULZ, H., 1966. *Grundriss der Forstbenutzung*. Paul Parey Verlag Hamburg und Berlin.
- KOLLMANN, F., 1951. *Technologie des Holzes und Holzwerkstoffe 1. Bd.* München - Berlin.
- KOLLMANN, F., CÔTÉ, W. A., (1968). *Principles of wood Science and Technology I; Solid wood*. Springer - Verlag Berlin. Heidelberg, New York.
- KURTOĞLU, A., 1981. Odunun İşlenme Özellikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 31, Sayı 2, s. 179 - 199.
- LEWARK, S., GIEFING, O., 1983. Erste Erfahrungen bei der Rohdichte Bestimmung mit dem Pflodyn - Holzprüfgerät an Buche und Fichte. *Der Forst - Und Holzwirt* Jg. 38, Nr. 2, 25. Oktober 1983, s. 517 - 521.
- TRENDELENBURG, R., 1939. *Das Holz als Rohstoff*. München - Berlin.
- WEDEL, V. K., 1962. *Hydrostatische Verfahren zur Bestimmung der Rohdichte von Holzproben*. *Holz als Roh- und Werkstoffe* 20, 9, 360 - 364.