

GAN AKKAYAN

SERİ B

CİLT XVI

SAYI 2

1966

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ





## AĞAÇ MALZEME VE ISI MÜNASEBETLERİ

Yazan :

**Doç. Dr. A. Yılmaz BOZKURT**

Isı ile ağaç malzeme arasındaki münasebetler odunu teşkil eden moleküllerin kinetik enerjisinin incelenmesiyle anlaşılabilir. Bir odun parçasının sıcaklığı, içersindeki moleküllerin ortalama hızına bağlı olarak değişmektedir. Bilindiği gibi şayet mekanik enerji, ya da ısı veya ışık şeklindeki enerjiler bir dış kaynaktan elde edilirse sıcaklık yükselmektedir.

### 1. Sıcaklık artışı ile odunda vuku bulan genişlemeler.

#### a. Isı ile husule gelen boyutsal genişlemeler :

Belirli bir hacimdeki odunda dahili enerjideki toplam artış, onun moleküllerinin titreşimindeki artış ile beraber vuku bulduğundan ısı arttıkça moleküller arasındaki mesafenin de daha büyük olacağı ilmi bir gerçektir. Herhangi bir maddeye dışardan enerji ilâve edildiğinde bu maddede boyuna yönde ve hacim itibariyle genişlemeler meydana gelmektedir. Odun % 50 sellüloz ihtiva etmektedir. Bu sellüloz molekülleri zincir şeklindedir. Ancak bu moleküllerin titreşim hızı her istikamette aynı değildir. Hücre zarındaki sellülozda husule gelen titreşimleri bir kemanın baş ve kuyruk kısımlarına gerilen tellerin titreşimlerine benzetmek mümkündür. Böylece enine titreşimler boyuna yön ile mukayese edilecek olursa, bunların nisbeten daha kolay meydana geldiği anlaşılacaktır.

Tecrübeler göstermiştir ki, herhangi bir madde ısıtıldığı zaman dimenzionlarda meydana gelecek değişme başlangıçtaki ölçülere nisbetle orantılı olduğu gibi, temperatürdeki artış ile de orantılı bulunmaktadır. Bu düşünceyi şu formülle ifade etmek mümkündür:

$$dD \sim D_0 \cdot dt \quad (1.1)$$

Burada (dD) dimenziyonlardaki değişmeyi ifade etmektedir. Tabiatıyla bu değişme boyuna yönde veya hacim itibariyle olabilir. ( $D_0$ ) başlangıçtaki dimenziyonu ve (dt) ise sıcaklıkta meydana gelen değişmeyi göstermektedir. Boyuna bir genişleme yani uzama bahis mevzuu olduğunda eşitliği aşağıdaki şekilde yazmak kabildir.

$$DL = \alpha \cdot L_0 \cdot dt \quad (1.2)$$

Burada da ( $L_0$ ) orijinal uzunluk ve ( $\alpha$ ) ise uzama katsayısıdır. Bu katsayı bütün maddeler için tecrübelerle tayin edilmektedir. ( $\alpha$ ) katsayısı sıcaklıktaki 1 C derecelik değişmeye karşılık birim uzunlukta meydana gelen değişmeye tekabül etmektedir. Her ağaç türü için elde olunan değerler farklı bulunmaktadır.

$$dL = L - L_0 \quad \text{ve} \quad dt = t_1 - t_0$$

olduğuna göre burada (L) nihai uzunluk, ( $L_0$ ) başlangıçtaki uzunluk, ( $t_1$ ) nihai sıcaklık ve ( $t_0$ ) ise başlangıçtaki sıcaklıktır. Böylece yukarıdaki (1.2) numaralı denkleme uyarak

$$L - L_0 = \alpha \cdot L_0 (t_1 - t_0)$$

yazmak kabildir. Bundan da faydalanarak

$$L = L_0 [1 + \alpha (t_1 - t_0)] \quad (1.3)$$

elde edilir. Anlaşılaacağı üzere ( $L_0$ ) uzunluğundaki bir maddenin ( $t_1$ ) derecedeki uzunluğu bu formülden istifade edilerek kolayca bulunmaktadır. Tabiatıyla son sıcaklık derecesi başlangıçtakinden küçük bulunduğu takdirde de maddenin boyunda, uzama yerine bir kısalma vuku bulacaktır. Bunu bir misalle açıklayalım.

Mesela; 22 C derecede uzunluğu 4 metre olan bir dişbudak kirisinin — 20 C derecedeki uzunluğu ne kadardır? Ancak burada ağacın rutube' muhtevastaki değişmeler nazarı itibara alınmamaktadır.

$$L = 400 [1 + 0,000011 (-20-22)]$$

$$L = 399,8 \text{ cm}$$

Misalden de anlaşılacağı gibi sıcaklıkta 42 C derecelik bir değişme ağaç malzemenin boyunda 2 mm lik bir kısalmaya sebep olmaktadır. Bu-

nunla beraber buradan da odunun ısıyı güç ileten bir madde olduğu, meydana çıkmaktadır. Bu itibarla dış kısmı yanmaya başlamış bulunan bir kirişin iç kısmı uzun bir zaman daha yükü taşımaya devam edebilmektedir. Yani yük taşıyan bir kirişin yanmamış orta kısmı kritik noktanın altına düşmeden evvel ateş söndürülecek olursa kiriş vazifesini görmeye devam edebilecektir. Halbuki aynı şartlar altında kalan çelik malzeme ısıyı çabuk ilettiği için deformasyona uğrayacak ve vazifesini yapamayacaktır. Bu hâdise yapılar da ağaç malzemenin çeliğe üstünlüğünü ortaya koyması bakımından önemlidir.

Buz, bizmut ve antimuan gibi maddelerle bazı alaşımlarının hacimlerinde soğuma ile bir genişleme vuku bulunduğu halde, diğer bütün katı maddeler gibi ağaç malzeme ve diğer selülozlu maddelerde ise sıcaklığın yükselmesiyle hacimde artış meydana gelmektedir.

Ağaç malzemede lif boyunca ısı (termik) genişleme katsayısının hem ağaç türleri ve hem de özgül ağırlıkla değiştiği tespit edilmiştir. Bununla beraber elde olunan değerlerin 1 C derece için  $3-5 \times 10^{-6}$  arasında bulunduğu görülmüştür. Diğer taraftan radyal ve teğet yönlerdeki ısı genişleme katsayıları odunun özgül ağırlığı yükseldikçe artmaktadır. Böylece bütün ibreli ağaçlarla kavak gibi yumuşak yapraklı ağaçlarda radyal yöndeki ısı genişlemesi ( $\alpha_r$ ) ve teğet yöndeki ısı genişlemesi ( $\alpha_t$ ), odunun tam kuru özgül ağırlığı ( $r_0$ ) ile aşağıdaki şekilde değişmektedir.

$$\begin{aligned}\alpha_r &= 56. r_0 \times 10^{-6} \text{ (1 C derece için)} \\ \alpha_t &= 81. r_0 \times 10^{-6} \text{ (1 C derece için)}\end{aligned}$$

Huş ve Akçaağaç gibi sert ağaçlarda ise eşitlikler şu şekildedir.

$$\begin{aligned}\alpha_r &= 45. r_0 \times 10^{-6} \text{ (1 C derece için)} \\ \alpha_t &= 58. r_0 \times 10^{-6} \text{ (1 C derece için)}\end{aligned}$$

Ağaç malzemede liflere paralel istikametteki boyuna ısı genişleme katsayısı madenler, beton ve cam için bulunan değerlerden 1/10 ilâ 1/3 kadar farklıdır. Hernekadar ağaç malzeme için verilen değerler enine istikamette, boyuna istikametten biraz daha büyükse de yine de diğer inşaat malzemelerinin pek çoğundan daha düşüktür. Yapıştırılma hallerinde ve suni reçine miktarı ile levhalara yapılan basınç arttırıldıkça liflere paralel ve dik yönlerde ısı iletimi de az miktarda artmaktadır. Son derece tazyik edilmiş levhalarda ise kalınlık istikametinde iki



misli bir ısı iletimi görülmektedir. Kontrplakta üst levhalarda ısı genişleme katsayısı 1 C derecelik fark için lif boyunca  $5,4 \times 10^{-6}$ , liflere dik yönde  $7,5 \times 10^{-6}$  olduğu halde, normal odunda liflere paralel yönde  $3,6 \times 10^{-6}$  ve liflere dik yönde ise  $35 \times 10^{-6}$  dir. Ancak kontrplak levhaları birbirine dik bir şekilde yapıştırıldığından enine ve boyuna yönlerde ısı ile meydana gelen genişlemeler engellenmekte ve presleme yani kalınlık yönünde ise oldukça yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bu durum kontrplağın rutubet alması ile meydana gelen şişmelerde de görülmektedir. Birbirine dik yapıştırılmış levhalar enine ve boyuna yönlerde husule gelen şişmeleri engellemek suretiyle, kalınlık istikametindeki şişmede artış vuku bulmaktadır. Bununla beraber ağaç malzemedeki ısı ile meydana gelen genişleme, rutubet kazanılması ile husule gelen şişmeden çok daha küçük miktarlardadır. Bundan dolayı ısı genişlemesi odunun çalışmasına (daralıp şişmesine) geniş ölçüde sebebiyet verdiği yerlerde nazarı itibara alınmayabilir. Isı genişlemesinin önemli olduğu yer ise rutubet miktarının nisbeten değişmediği ve odunun diğer yapı malzemeleri ile beraber kullandığı yerlerdir.

*b. Ağaç malzemedeki ısı ile vuku bulan alan ve hacim genişlemeleri:*

Hernekadar ağaç malzemedeki ısı ile alan artışını bulmaya yarayan katsayılar mevcut değil ise de daha önce belirtilen yoldan gidilmek suretiyle bunları hesaplamak kabildir. Bir kaplama levhasının liflere paralel uzunluğu ( $L_0$ ) ve muayyen bir ısı derecesindeki nihai uzunluğu ise ( $L$ ) olsun, liflere dik fakat teğet yöndeki ölçüleri ise ( $T_0$ ) ve ( $T$ ) olsun, genişleme katsayılarını da ( $\alpha_L$ ) ve ( $\alpha_T$ ) ile gösterelim. Bu iki yöndeki genişleme miktarlarını veren formülleri yazacak olursak

$$\begin{aligned} L &= L_0 (1 + \alpha_L) \\ T &= T_0 (1 + \alpha_T) \end{aligned}$$

elde edilir.  $L \times T$  alanındaki 1 C derecelik ısı değişmesi ile meydana gelecek fark ise

$$L \times T = L_0 (1 + \alpha_L) \times T_0 (1 + \alpha_T)$$

olacaktır. Bu formülü daha kısaltalım ve açalım, çarpım neticesinde elde olunan  $\alpha_L \times \alpha_T$  değeri çok küçük olacağından bunu elimine edelim ve  $L \times T$  yerine alan ifade eden ( $A$ ),  $L_0 \times T_0$  yerine de ( $A_0$ ) koyalım, böylece; sıcaklıkta meydana gelecek herhangi bir değişme için formülümüz

$$A = A_0 [1 + (\alpha_L + \alpha_T) (t_1 - t_0)] \quad (1.4)$$

şeklini alacaktır. Aynı durumlar hacim içinde düşünülürse ve şayet liflere dik radyal yöndeki değerlerde ( $R$ ) ve ( $R_0$ ) ve bu yöndeki genişleme katsayısı da ( $\alpha_R$ ) olursa hacim genişleme formülü

$$V = V_0 [1 + (\alpha_L + \alpha_T + \alpha_R) (t_1 - t_0)] \quad (1.5)$$

şeklini alacaktır. Umumi formül olarak da

$$D = D_0 [1 + \Sigma \alpha (t_1 - t_0)] \quad (1.6)$$

yazılabilir. Bir misal olarak 20 cm genişlik ve 5 m uzunlukta bir Ladin tahtasında ısı 0 C dereceden 25 C dereceye yükselirse ne kadar alan genişlemesi vuku bulacaktır bunu bulalım.

$$\alpha = \alpha_L + \alpha_T = 0.00000315 + 0.0000323 = 0.00003545$$

$$A = 10000 (1 + 0.00003545 \times 25) = 10008.9 \text{ cm}^2$$

Böylece aradaki fark da 8.9 cm<sup>2</sup> olarak elde edilmiş olur.

## 2. Odunda spesifik (özgül) ısı veya ısı kapasitesi :

Bir maddenin spesifik ısısı belirli bir sıcaklıkta belirli bir değişmeyi meydana getirmek için lüzumlu ısı miktarı ile tayin edilmektedir. Spesifik ısı hakikatte o maddeyi teşkil eden moleküllerin kinetik enerjisindeki spesifik bir değişmeyi husule getirmek için gerekli ısı miktarını temsil etmektedir. Bu enerji değişimi sıcaklıkta bir değişme olarak kendini gösterebilir. Spesifik ısı bir cismin 1 C derecelik ısı değişmesine tekabül eden ısı miktarı olduğuna göre

$$\text{Spesifik ısı} = \frac{Q}{dt} = \frac{Q}{t_1 - t_0} \quad (2.1)$$

yazılabilir. Burada ( $Q$ ), ( $dt$ ) kadar ısı değişmesini meydana getirmek için absorbe edilen ısı miktarıdır. ( $t_1$ ) son, ( $t_0$ ) ise başlangıçtaki sıcaklıktır.

Bir cismin ısı kapasitesi katsayısı, kütlesi ( $m$ ) olan bir cisimde 1 C derecelik bir değişme husule getirmek için gerekli ısı miktarını temsil et-



mektedir. Bu değer kalori/derece-gram olarak ifade edilmektedir. Böylece

$$c = \frac{Q/dt}{m} = \frac{Q}{m \cdot dt} = \frac{Q}{m (t_1 - t_0)}$$

elde edilir. Buradan da

$$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_0) \quad (2.2)$$

$$Q = m \cdot c \cdot dt$$

$$m \cdot c = \frac{Q}{dt} \quad (2.2.1)$$

formülü bulunur. Burada (m.c) spesifik ısıyı (ısı kapasitesini) ifade etmektedir.

Isı kapasitesi sıcaklıkla çok az değiştirdiğinden suyun ısı kapasitesi pratikte birim olarak alınabilir. Zira (0) C derecede bu katsayı 1,0094, 15 C derecede 1,0003, 30 C derecede 0,9976, 100 C derecede 1,010 ve 200 C derecede ise 1,041 kalori/derece-gram dır. Bu itibarla suyun spesifik ısıyı pratik maksatlarda birim olarak kullanılabilir. (2.2) numaralı formülde (c) yerine herhangi bir cismin katsayısının suyunkine oranı kullanılabilir. Bu şekilde kullanıldığında o maddenin spesifik ısı olarak bilinir. Böylece spesifik ısıyı, herhangi bir cismin bir gramının sıcaklığını 1 C derece değiştirmek için o cisme verilmesi veya ondan alınması gereken ısı miktarı olarak tarif etmek uygun olacaktır.

#### a. Tam kuru odunda spesifik ısı :

Tecrübeler tam kuru haldeki ağaç malzemenin spesifik ısının sıcaklık arttıkça fazlaştığını göstermektedir. Hacim yerine kitle esasından gidildiğine göre ağaç türleri arasında herhangi bir fark görülmemektedir. Fazla miktarda reçine ihtiva eden çamlar içlerinde mevcut yabancı maddeler dolayısıyla ortalamalardan daha yüksek bir ısı kapasitesi gösterebilirler. Ağaç malzemedeki spesifik ısıyı tayin etmek için bulunan eşitlik aşığında verilmiştir:

$$c = 0,226 + 0,00116 t \quad (2.3)$$

Dikkat edilecek olursa bu eşitlik bir doğrunun denklemdir. Herhangi iki sıcaklık derecesi arasındaki spesifik ısı değeri ise

$$c = 0.226 + 0.00058 (t_1 + t_0) \quad (2.4)$$

eşitliği yardımı ile bulunabilir. Ancak bu eşitlik sadece tam kuru haldeki ağaç malzeme için doğru olup rutubet arttıkça spesifik ısı da artmaktadır.

Meselâ; 5 Kg ağırlığındaki tam kuru bir odun parçasının sıcaklığını 20 C dereceden 80 C dereceye çıkarmak için gerekli ısı miktarını bulmak istersek, evvelâ spesifik ısıyı bulmak gerekecektir. Böylece

$$c = 0.226 + 0.00058 (20 + 80) = 0.284$$

elde edilir. Buradan da sıcaklığın 80 C dereceye çıkması için

$$Q = m.c (t_1 - t_0) = 5000 \times 0.284 (80 - 20) = 85200 \text{ Kalori/}$$

gram-derece gerekli olduğu bulunmuş olur.

*b. Rutubetli ağaç malzemelerde ısı kapasitesi (Spesifik ısı) :*

Rutubet ihtiva eden odunda ısı kapasitesi tam kuru ağırlıktaki odunun belli bir hacminin sıcaklık itibariyle belli bir değişmeyi husule getirmek için gerekli ısı miktarı ile odun içersindeki suda da aynı sıcaklık değişmesini elde etmek için gerekli ısı miktarlarının hesaplanması suretiyle tayin edilebilmektedir. Matematik bir ifade ile bu husus aşağıdaki şekilde belirtilebilir:

$$Q = m.c (t_1 - t_0) + \frac{m.M}{100} (t_1 - t_0) \quad (2.5)$$

Burada (Q) toplam ısı ihtiyacını, (c) ise (t<sub>1</sub>-t<sub>0</sub>) ısı derecesi için ortalama spesifik ısıyı, (m) ağaç malzemenin tam kuru ağırlığını ve (M) de odunda mevcut su miktarı yüzdesini ifade etmektedir. Dikkat edilecek olursa suyun spesifik ısısı bu formülde 1 olarak alınmıştır. Aslında bu tam sıhhatli olmamakla beraber pratik maksatlar için kâfi derecede sıhhatli neticeler verebilmektedir. Zira, suyun spesifik ısısı sadece 15 ilâ 65 C dereceler arasında bire eşittir.

Yukarıdaki eşitliği daha basit hale koymak istersek

$$Q = m (t_1 - t_0) \left( c + \frac{M}{100} \right) \quad (2.6)$$

elde edilecektir. Meselâ, 10×10×200 cm ebadında bir Uludağ göknarı kerestesi % 60 rutubette bulunsun. Bu ağaç malzemenin sıcaklığını 20 C dereceden 80 C dereceye çıkarmak için gerekli ısı miktarını bulalım.



$$m = 20000 \times 0,40 = 8000 \text{ gr.}$$

$$c = 0,284$$

olup daha önce bulmuştuk. Böylece adı geçen ağaç malzemenin sıcaklığını 80 C dereceye çıkarmak için gerekli ısı miktarı

$$Q = 8000 (80-20) (0,284 + \frac{60}{100}) = 424320 \text{ kalori/}$$

gram-derece olarak bulunmuş olacaktır.

### 3. Ağaç malzemenin ısı iletme kabiliyeti :

Bir sisteme lokal olarak herhangi bir ısı tatbik edildiğinde cismin o kısımdaki moleküllerinde titreşim enerjisi yükselir. Bu moleküller civardaki moleküllere çarparak yeni kazanılan enerjiyi çarptığı moleküllere iletir. Bu komşu moleküller de daha sonra yeni kazandıkları enerjinin bir kısmını daha uzaktaki moleküllere iletirler. Şayet yukarıda belirtilen ısı kuvveti daha sonra kesilir ve dışarıya herhangi bir ısı kaybına müsaade edilmezse sonunda sistem daha yüksek ve yeknesak seviyede daimi bir sıcaklık durumunu elde edecektir. Maamafih aynı sisteme yeknesak bir hız ile ısı verilmesine devam edilir ve hiç bir ısı kaybına müsaade edilmezse bir sıcaklık akışı teşekkül eder. Diğer taraftan şayet devamlı olarak tatbik edilen bu ısının bir kısmı kaybolursa zamanla öyle bir duruma ulaşır ki bu durumda kazanılan ısı kaybedilen ısıya eşit olup bu hâle devamlı durum (Steady state) adı verilmektedir.

Bir çok maddenin devamlı durumdaki ısı miktarını tespit etmek üzere deneyler yapılmış olup elde olunan neticeler göstermiştir ki dengeyi muhafaza etmek için gerekli ısı miktarı (H), iletme katsayısı (K), ısı iletimine dik yöndeki alana (A), sıcak satıhtaki ısı derecesi ( $t_2$ ), soğuk satıhtaki sıcaklık derecesi ( $t_1$ ) arasındaki fark ve zaman (T) ile doğru orantılı, satırlar arasındaki mesafe (d) ile ise ters orantılı olarak değişmektedir. Böylece gerekli ısı miktarını veren formül

$$H = \frac{K A T (t_2 - t_1)}{d} \quad (3.1)$$

olmaktadır. Burada (H) iletilen ısı miktarı ve (K) ise ısı iletme katsayısı olup bunun değeri her cisme göre değişmektedir. (K) nin dimenzionları ise 1 cm kalınlıkta iki satır arasında 1 saniyede 1 m<sup>2</sup> lik sahada temperatürde 1 C derecelik ısı farkı meydana getirmek için gerekli kalori miktarıdır ve Kcal/m h C° olarak ifade edilmektedir.

a) *Ağaç malzemedeki ısı iletme katsayısının bulunması :*

Tecrübeler göstermiştir ki ağaç malzemedeki ısı iletme katsayısı sabit değildir. Çünkü hücre yapısı yeknesak bulunmamaktadır. Hatta aynı ağaç türünde dahi odunu teşkil eden hücrelerin büyüklükleri ve zar kalınlıkları değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı her birim hacimdeki hücre zarı maddesi miktarı farklıdır. Bununla beraber odunu teşkil eden hücrelerin pek çoğu bir istikamette dizilmiş olup bu husus ısı iletimi bakımından çok önemli bulunmaktadır. Odunda ısı faaliyeti üzerine hava, su ve yabancı madde miktarı da tesir etmektedir. Ağaç malzemedeki bulunan kusurlar da ısı iletimi üzerine menfi tesir etmektedirler.

b) *Özgül ağırlık ile ilgili olarak tam kuru odunda ısı iletimindeki değişimler :*

Çeşitli ağaç türleri odunlarında yapılan tecrübelerle göre, ısı iletme katsayıları tam kuru özgül ağırlık ile ilgili olarak değişme gösterdiği ve aradaki münasebetin hemen hemen 45 derecelik bir açı ile seyreden bir doğruya paralel olduğu anlaşılmıştır. Buna göre ampirik bir formül olarak tam kuru özgül ağırlık ile ısı iletme katsayısı arasındaki münasebet

$$K = 0.1724 g + 0.0203 \quad (3.2)$$

olarak bulunmuştur. Burada (K) ısı iletme katsayısını, (g) ise ağaç malzemedeki tam kuru özgül ağırlığı ifade etmektedir. Eşitlik analiz edilecek olursa özgül ağırlığın sıfır olması halinde bu katsayı 0.0203 olmaktadır ki bu da havanın ısı iletme katsayısından başka bir şey değildir. Bu itibarla ağaç malzeme içerisindeki hava hacminin de ısı iletme katsayısının bulunmasında yardımcı olmaktadır. Odun içerisindeki hava boşluğu hacim yüzdesi

$$P = 100 \left( 1 - \frac{g}{1.5} \right)$$

$$\frac{P}{100} = 1 - 0.667 g$$

dir. Burada (P) ağaç malzemedeki hava boşluğunu, (g) tam kuru özgül ağırlığını ifade etmekte, (1,5) değeri ise hücre zarının özgül ağırlığı bulunmaktadır. Şayet (3.2) numaralı formülün sol tarafına 0.0203 (1—0.667),



sağ tarafına da 0,0203 P/100 değerlerini ilâve edilecek olursa eşitlik bozulmayacağına göre

$$K = 0.1859 + 0.000203 P \quad (3.3)$$

elde edilecektir.

c) *Rutubetli ağaç malzemedeki ısı iletme katsayısı :*

Odunda bulunan su onun ısı iletme özelliğini değiştireceği bir gerçektir. McLean bunu nazarı itibara alarak tam kuru haldeki katsayıya su faktörünü ilâve etmiştir. Bu faktör M.g.x. olarak ifade edilmektedir. (M) su yüzdesi, (g) ağaç malzemenin tam kuru özgül ağırlığı ve (x) ise suyun ısı iletme katsayısıdır. Böylece formülümüz

$$K = 0.1859 g + 0.0203 \frac{P}{100} + M.g.x. \quad (3.4)$$

hâlini almaktadır. Tam kuru odunda hava hacmi yüzdesi yukarıda belirtildiği gibi  $P/100 = 1-0.667$  g olduğuna göre, yaş odunun ki

$$K = g [0.1724 + M (X - 0.000203)] + 0.0203 \quad (3.5)$$

olarak elde edilir.

Bu hususta yapılan denemeler şu neticeyi vermiştir: % 40 rutubete kadar olan ağaç malzemelerde (X—0,000203) değeri 0,0035 ve onun üzerindeki rutubetlerde ise 0,0047 olarak alınmaktadır. Bu taktirde her iki hal için formülümüz aşağıdaki şekli almaktadır.

$$K = g (0.1724 + 0.0035 M) + 0.0203 \quad (3.6)$$

$$K = g (0.1724 + 0.0047 M) + 0.0203 \quad (3.7)$$

Hernekadar bu eşitlikler yardımı ile bulunan ısı iletme katsayıları tamamen doğru değil ise de pratik maksatlar için kullanılmakta hiçbir sakınca görülmemektedir.

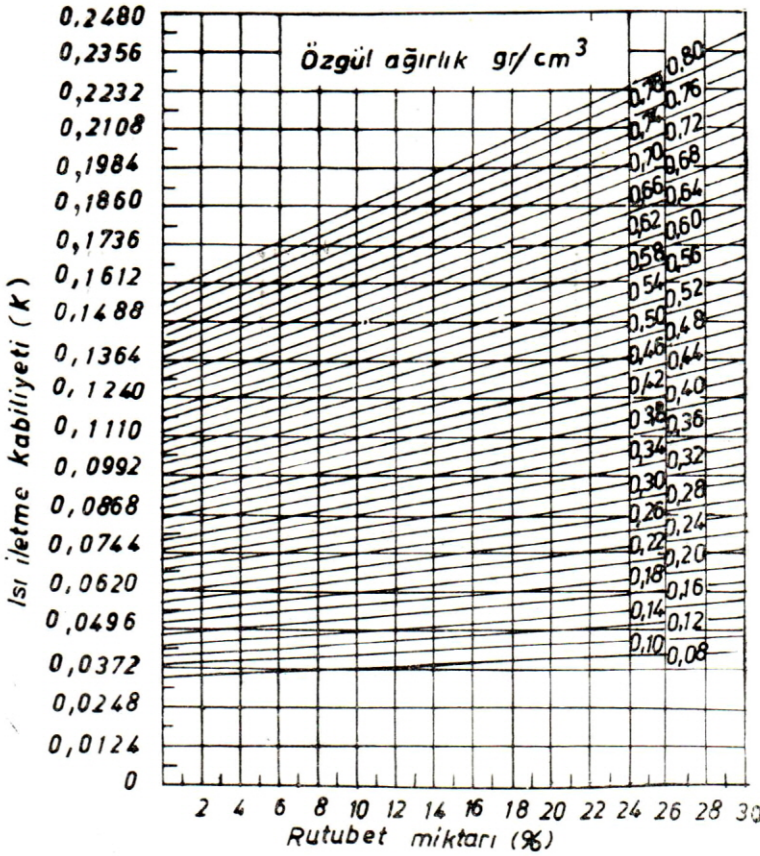
Meselâ, % 60 rutubette Uludağ göknarında ısı iletme katsayısını bulalım ve şayet aynı ağaç malzeme % 20 rutubete indirilirse ısı iletme katsayısı ne olacaktır? Daha önceden bildiğimize göre Uludağ göknarının tam kuru özgül ağırlığı 0,40 gr/cm<sup>3</sup> tür. Bu taktirde (3.6) ve (3.7)

numaralı formüllerden istifade ederek belirtilen rutubetlerde ısı iletme katsayıları aşağıdaki şekilde bulunur.

$$K = 0,40 (0,1724 + 0,0047 \times 60) + 0,0203 = 0,2020 \text{ Kcal/mh C}^{\circ}$$

$$K = 0,40 (0,1724 + 0,0035 \times 20) + 0,0203 = 0,0939 \text{ Kcal/mh C}^{\circ}$$

Buradan elde edilen malumata göre söylenebilir ki odun kurudukça iletgenlik azaltmaktadır. Bu husus (Şekil 1) tetkik edildiğinde de kolayca anlaşılabilir. Tam kuru haldeki ağaç malzemede ısı iletme katsayısı (Tablo 1) de verilmiş bulunmaktadır.



Wood Handbook'tan faydalanılmıştır.

Şekil 1 : Çeşitli özgül ağırlıkları havi ağaç malzemede ısı iletme kat sayısı (K) ile rutubet yüzdeleri arasındaki münasebet.



d) *Lif yönü ile ilgili olarak ağaç malzemedeki ısı iletme kabiliyeti :*

Bu hususta henüz geniş bilgilere sahip değiliz. Ancak elde olunan malumata göre liflere teğet yönde odunda ısı iletme kabiliyeti radyal yöndekinden biraz daha azdır. Maamafih pratik maksatlar için bu fark nazarı itibara alınmayabilir. Liflere paralel istikamette ısı iletme kabiliyeti ise liflere dik yöndekinden 2,25 ila 2,75 defa daha büyüktür (Tablo 2).

Tablo 1. Liflere dik istikamette tam kuru ağaç Malzemedeki ısı iletme katsayısı (K)<sup>1</sup>

Ağaç cinsi	Tam kuru özümlü ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	Ortalama ısı iletme katsayısı Kcal/m h C°
Kavak	0,41	0,088
Ihlamur	0,38	0,086
Karaağaç	0,76	0,144
Akçaağaç	0,68	0,140
Meşe	0,67	0,148
Gökknar	0,41	0,088
Melez	0,57	0,117
Çam	0,56	0,117
Lâdin	0,34	0,077

1) Wood Handbook (Tablo 3) teki değerlerden istifade edilerek hazırlanmıştır.

Tablo 2 : Ağaç malzemedeki muhtelif yönlerde, hava kurusu rutubette ısı iletme katsayıları (K)<sup>2</sup>

Ağaç cinsi	Özümlü ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	Rutubet %	Isı iletme katsayısı (Kcal/m h C°)		
			Liflere paralel yönde	Liflere dik Radyal yönde	Liflere dik Teğet yönde
Dişbudak	0,74	15	0,2628	0,1512	0,1404
Ladin	0,41	16	0,1908	0,1044	0,0900
Ceviz	0,65	12	0,2844	0,1260	0,1188
Maun	0,70	15	0,2664	0,1440	0,1332

2) Kollmann'a göre.

4. Ağaç malzeme ısı izolasyon katsayısı :

Bir cismin suya karşı mukavemet katsayısı denge halindeki ısı iletimini temin eden mukavemetin bir ölçüsüdür. Bu değer ısı iletme katsayısının

karşıtıdır. Herhangi bir maddenin izolasyon değeri onun ısıya karşı koyma özelliği ile doğru orantılıdır. İzolasyon katsayısının ısıya karşı koyma özelliği ile ilgisi ne ise iletgenlik ile ısı iletme katsayısı arasında ilgi de aynıdır. Odunda ısı izolasyon katsayısı (R) aşağıdaki eşitlikten istifade edilerek hesaplanabilir:

$$R = \frac{1}{K} \quad (4.1)$$

Burada (K) özgül ağırlığı ve rutubet miktarı bilinen bir odun parçasının ısı iletme katsayısıdır. Isı izolasyonu katı maddelerin kalınlığı ile ilgili olduğundan hakiki izolasyon değeri, (4.1) eşitliği vasıtasıyla elde edilen değeri ısı akışı istikametinde ağaç malzemenin ortalama kalınlığına bölünmesi suretiyle elde edilir. Meselâ Uludağ göknarında izolasyon değeri 1 cm için 0,112 ise 1/4 cm için 0,028 dir.

(a) Duvarlarda ısı kaybının tayini :

İzolasyon katsayısı ısı iletme katsayısının tersi olduğuna göre (3.1) numaralı formül

$$H = \frac{A T (t_1 - t_2)}{R d} \quad (4.2)$$

şeklinde yazılabilir. Birbiri ile temasta bulunan iki farklı maddenin dış satırları sırasıyla ( $t_2$ ) ve ( $t_1$ ) sıcaklıklarını haiz iseler, ısı akışı tabiatıyla sıcak taraftan soğuk tarafa doğru olacaktır. Farzedelim ki sıcaklığı daha yüksek olan maddenin kalınlığı ( $d_2$ ) ve izolasyon katsayısı ( $R_2$ ), soğuk materyalin ise ( $d_1$ ) ve ( $R_1$ ) ve her iki materyal arasında bu maddelerle temas halinde bulunan satıhtaki sıcaklık ise bilinmesin ve ( $t_x$ ) olsun. Bu takdirde eşitlik

$$H = \frac{A T (t_2 - t_x)}{R_2 d_2} = \frac{A T (t_x - t_1)}{R_1 d_1} \quad (4.2.1)$$

olacaktır. Buradan ( $t_x$ ) i bilinen değerlerle ifade edersek

$$t_x = \frac{R_1 d_1 t_2 + R_2 d_2 t_1}{R_1 d_1 + R_2 d_2} \quad (4.2.2.)$$



elde edilir. Bu değeri formülde ( $t_x$ ) yerine koyacak olursak ve formülü kısaltırsak

$$H = \frac{A T (t_2 - t_1)}{R_1 d_1 + R_2 d_2} \quad (4.3)$$

bulunmuş olur.

Dikkat edilecek olursa bu formül çok sayıda birleştirilmiş inşaat malzemesi için de doğru olacaktır. Böylece formülümüzü daha genel bir şekilde yazmak kabildir.

$$H = \frac{A T (t_2 - t_1)}{\Sigma R d} \quad (4.4)$$

(b) *Binalarda kaybolan ısının tayini :*

Tecrübeler göstermiştir ki ağaç malzeme ile yapılmış binalarda özel bir şekilde izolasyon yapılmadığı için sıcaklığın % 30 u duvarlardan, % 30 u çatıdan, % 35 i pencere ve kapılardan ve % 5 i de birinci kattan kaybolmaktadır. Şayet duvarlar ve çatı iyi bir şekilde izole edilecek olursa bu kısımlardan kayıp yarıya inecektir. Böylece % 30 ısı kazanılmış olacaktır. Şayet bir duvarı meydana getiren muhtelif maddelerin ısı iletime özellikleri biliniyorsa 6 aylık bir ısıtma devresi içinde 4320 saatte ve ortalama iç ve dış sıcaklık farkı olarak  $22 - 2 = 20$  C derece için yıllık ısı kaybı şu şekilde hesaplanır:

Formül (4.4) de A, T ve H elimine edilecek olursa geriye

$$t_2 - t_1 = \Sigma R d$$

kalacaktır. Burada ( $\Sigma R d$ ) toplam karşı koyma ve  $t_2 - t_1$  ise  $1 \text{ m}^2$  lik bir saattan 1 saatte 1 Kcal devamlı ısı akışına müsaade eden sıcaklık farkıdır.

Bir saatte,  $1 \text{ m}^2$  lik alanda ve iki dış yüz sıcaklıkları arasında 1 C derecelik farkı ifade eden ısı iletimini (U) ile ifade edersek, bu değer ( $\Sigma R d$ ) nin tersine eşittir. Bundan dolayı bir duvar içersinde geçen toplam ısı (L);  $(1/\Sigma R d)$ ,  $\text{m}^2$  olarak duvar sathı (A), saat olarak zaman (T) ve (C) derece olarak iki yüz arasındaki sıcaklık farkı ( $t_2 - t_1$ ) değerlerinin çarpımına eşittir. Dikkat edilmelidir ki ısı iletimi (U), iletme

katsayısı (K) dan farklıdır. Bu husus aşağıdaki formüllerden de kolayca anlaşılmaktadır.

$$K = \frac{1}{R} \quad \text{ve} \quad U = \frac{1}{\Sigma R_d} \quad (4.5)$$

Böylece bir duvardan kaybolan toplam ısı değeri

$$L = U A T (t_2 - t_1) \quad (4.6)$$

formülü ile ifade edilmiş olmaktadır.

##### 5. Ağaç malzeme ısı radyasyonu (ışınması) :

Bilindiği gibi herhangi katı bir cisim elektromanyetik enerjiyi neşreder veya absorbe eder. Böyle bir enerji absorbe edildiği zaman bu katı madde içindeki moleküller artan bir hızla titreşim yapmaya zorlanır. Bu enerji değişimi zaten kendisini sıcaklıktaki artış ile belli etmektedir. Radyasyon (ışınma) enerjisi absorbe eden sistemler ise aynı zamanda radyasyon neşrederler. Radyasyon ile husule gelen dalgaların kalitesi de onların dalga boyu ve dalga frekansları ile tayin edilmektedir.

Radyasyon enerjisi ısı enerjisi değildir. Fakat radyasyonu absorbe eden maddede meydana gelen enerji artışı ile ısı meydana gelebilmektedir. Elektromanyetik enerji dalgaları ışık hızında olup düzgün hatlar halinde seyrederler. Bunlar da ışığın yansıma (refleksiyon), kırılma (refraksiyon) ve geçiş (transmisyon) a ait kanunlara tabidirler. Maamafih muayyen bir ortamda ısı husule getiren enerji dalgaları ışık dalgaları olarak tesir etmemektedirler.

Radyasyon tamamen bir sath olayıdır. Bundan dolayı odunun özgül ağırlığı ile radyasyon miktarı arasında herhangi bir münasebet mevcut değildir. Ağaç malzemenin sathının rengi koyulaştıkça, donuklaştıkça ve pürüzlü bir hal aldıkça bunlarla ilgili olarak gelen ışınları absorpsiyon veya neşretme kuvveti de büyümektedir. Bu itibarla koyu renkli ve donuk yani parlak olmayan ağaç malzemeler açık renkli ve parlak olanlardan daha büyük bir nisbette radyasyon neşrederler veya absorbe ederler. Aynı şey pürüzlü ve düzgün sathlar için de caridir. Bu sebeplerden dolayı sathı düzgünleştirilmiş, açık renkli ve parlak bir ağaç malzeme, sathı düzgün bulunmayan, koyu renkli ve mat olan ağaç malzemedan daha fazla radyasyon tesirlerine karşı isole edilmiştir denebilir.



Araştırmalar göstermiştir ki odun ihtiva eden malzemeler hem absorbe edici ve hem de neşrecidi olarak vazife görmektedirler. Radyasyon neşretme derecesi mutlak sıcaklığın dördüncü dereceden kuvveti ve radyasyon yapan sathın durumu ile ilgili olarak değişmektedir.

Bu münasebet Stefan Kanunu olarak bilinmekte ve

$$R = e \sigma T^4 \quad (5.1)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Burada (T) mutlak sıcaklık olup  $(273 + t)$ , (R) ağaç malzemenin 1 cm<sup>2</sup> sinin bir saniyede radyasyonla dışarıya verdiği emisyon yani enerji miktarı, (e) sathın emisyon kabiliyeti ki, bu kıymet siyah bir cisimde bir ve çok iyi ışık yansıtan parlak bir cisimde ise sıfır olup ( $\sigma$ ) ise Stefan sabitesidir.

Mutlak sıcaklığı ( $T_1$ ) olan bir ağaç malzeme eğer ( $T_2$ ) sıcaklığındaki kapalı bir kab içersine yerleştirilirse, kabın duvarları tarafından absorbe edilen enerjiyi yansıtır ve aynı zamanda duvarlardan enerji absorbe eder. Şayet ( $T_1$ ), ( $T_2$ ) den büyük ise aşağıdaki eşitliğe göre kaydedilen enerji kazanılandan daha büyüktür.

$$R = e \sigma T_1^4 - e \sigma T_2^4 = e \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (5.2)$$

Bu birbirine eşit olmayan değişme  $T_1 = T_2$  oluncaya kadar devam eder ve absorpsiyon emisiyona eşit olunca son bulur. Herhangi bir odun parçasının sıcaklığı arttırılacak olursa ışınma (radyasyon) enerjisinin dalga uzunluğu kısalır. Şayet bu muameleye devam edilirse dalgalar o kadar kısalır ki görünen ışık boyu sınırları içine girer. Bu şartlar altında ise ısıtılan odun parçası bir kor gibi parlayacaktır.

#### L İ T E R A T Ü R

- Brown, H. P., Panshin, A. J. and Forsaith, C. C., 1952 :** Textbook of Wood Technology. Volume II. McGraw - Hill Book Co. New York.
- Forest Products Laboratory, 1952 :** Computed thermal conductivity of Common woods. Technical Note No: 248.
- Forest Products Laboratory, 1955 :** Wood Handbook U.S. Department of Agriculture, Handbook No: 72.
- Kollmann, F. 1936 :** Technologie des Holzes. Verlag von Julius Springer, Berlin.
- Stamm, A.J. 1964 :** Wood and Cellulose Science. The Ronald Press Co. New York.