

---

SERİ **B**

CİLT **35**

SAYI **1** **1985**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

## DERGİSİ



# KERESTE KURUTMA PROGRAMLARININ HAZIRLANMASINA İLİŞKİN TEMEL ESASLAR

Doç. Dr. Ramazan KANTAY<sup>1</sup>

## Kısa Özet

Bu yazıda kurutma programlarının önemi belirtildikten sonra klasik kurutma için rutubet esasına göre bir kurutma programının nasıl hazırlanacağı örnekler verilerek açıklanmıştır. Uygulamada kurutma programları ile birlikte kurutma süresinin bilinmesinde fayda vardır. Bu bakımdan yazının sonunda yaklaşık değerler veren bir kurutma süresi hesaplama metodu, programların hazırlanmasında örnek alınan 25 mm kalınlıktaki kayın esas alınarak izah edilmiştir.

## GİRİŞ

Biçilmiş ağaç malzemenin başlangıç rutubetinden sonuç rutubetine kadar çeşitli basamaklarında, kurutma şartlarının ne şekilde ayarlanacağı, yani kurutmanın nasıl yönetileceği kurutma programlarında belirtilmektedir. Başarılı bir kurutma için, kurutmaya konu olan ağaç türünün özellikleri ve kerestenin kalınlığı dikkate alınarak hazırlanmış ve deneylerle uygunluğu kanıtlanmış bir kurutma programına ihtiyaç vardır. Aksi halde kurutma fırını ve donanımı ne kadar modern olursa olsun, malzemenin istiflenmesi ne kadar tekniğine uygun yapılırsa yapılsın, teknik ve ekonomik bakımdan ideal ölçüler içerisinde kalan bir kurutmayı gerçekleştirmek mümkün değildir.

Bu yazıda kurutma programları hakkında bilgi verildikten sonra klasik kurutma için rutubet esasına göre bir kurutma programının nasıl hazırlanacağı örnekler verilerek açıklanmıştır. Bunu tamamlamak amacı ile diğer bir yazıda da hazırlanan bir programın nasıl uygulanacağı ve uygulama sırasında dikkat edilecek hususların neler olduğu örneklerle açıklanacaktır.

## 2. KURUTMA PROGRAMLARINA İLİŞKİN TEMEL BİLGİLER

### 2.1. Kurutma Programı Çeşitleri.

Kurutma programları ya kereste rutubeti veya kurutma süresi (zaman) esas alınarak hazırlanmaktadır. Pratikte kereste rutubeti esas alınarak hazırlanmış programlara daha çok rastlanmaktadır.

1 İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bahçeköy - Büyükdere - İstanbul.

Rutubet esasına göre hazırlanmış programlar kurutma süresince kurutma şartlarının kereste rutubetine bağlı olarak nasıl gideceğini göstermektedir. Esasen bu şekilde düzenlenmiş programlar kusursuz ve ekonomik bir kurutma yapmak için çok daha uygundur. Çünkü kurutma kusurları kereste içerisindeki rutubete ve bu rutubetin kereste enine kesiti içerisinde dağılışına bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu nedenle kurutma fırını içerisinde yaratılacak kurutma şartları kereste rutubeti ve bu rutubetin kereste kalınlığı içerisindeki dağılışı dikkate alınarak ayarlanmak zorundadır.

Zaman esasına göre düzenlenmiş kurutma programlarında belli başlangıç rutubeti ile sonuç rutubeti arasında birbirini takip eden zaman basamaklarında uygulanacak kurutma şartları verilmektedir. Çoğunlukla psikrometrik fark ve kuru termometre sıcaklık derecesi belirtilmektedir. Ayrıca, verilen şartların uygulanması sırasında ısıtma, esas kurutma ve denkleştirme periyotlarında ısıtıcıların, buhar püskürtmenin ve kapakların (temiz hava giriş ve rutubetli hava çıkış kapakları) nasıl ayarlanacağını açıklayan tamamlayıcı bilgiler de verilmektedir. Tablo 1 de STEIMLE (1965, s. 244) den alınan zaman esasına göre hazırlanmış bir kurutma programı örnek olarak verilmiştir.

Tablo 1 de de görüldüğü gibi zaman esasına göre hazırlanmış kurutma programlarının uygulanmasında, kurutma sırasında kereste içerisindeki rutubet miktarının değişimi ve dağılışı takip edilmemektedir. Bu nedenle başarı oranı düşük bulunmaktadır. Bu bakımdan başlangıç rutubeti yeknesak, özgül ağırlığı büyük farklar göstermeyen, yani özellik itibarıyla birbirine çok benzeyen ve yüksek bir kurutma kalitesi istenmeyen hallerde, çok miktardaki kerestenin kurutulmasında, birçok deneme sonunda elde edilmiş zaman esaslı kurutma programlarının uygulanabileceği belirtilmektedir (E. F. RASMUSSEN 1969, s. 117).

## 2.2. Dış Kurutma Faktörleri.

Genel olarak termik kurutmada kurutmanın gidişini etkileyen dış faktörler kurutulan malzemenin çevresindeki havanın sıcaklığı, bağıl nemi ve hareketidir. Doğal kurutmada ve 100 C° nin altındaki sıcaklıklarda hava-subuharı karışımı içerisinde teknik kurutma şekillerinde, kurumakta olan ağaç malzeme, içeriden dışarıya doğru bir su hareketi meydana gelmekte ve su yüzeylerden buharlaşmaktadır. Kurutmada kerestenin dış tabakalarındaki suyun buharlaştırılması ve çekilebilmesi için çevresindeki hava-subuharı karışımının subuharı alabilecek durumda olması gerekmektedir. Karışımın sıcaklığı arttıkça ve bağıl nemi azaldıkça subuharı olma yeteneği artmaktadır. Diğer taraftan kurutmanın devamının sağlanması için subuharı ile doygun olan karışımın kurutulan malzemenin çevresinden uzaklaştırılmasına ve yerine devamlı olarak subuharı alma yeteneğinde olan havanın getirilmesine ihtiyaç vardır. Bu ise kurutulan malzeme çevresindeki hava-subuharı karışımının hareket ettirilmesi ile gerçekleşmektedir. Kurutma sırasında ağaç malzemenin iç kısımları ile dış kısımları arasında fazla miktarda bir rutubet farkının oluşmasına ve dış kısımların hızlı kurumasına engel olmak için hava bağıl neminin uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir.

## 2.3. Kurutma Periyodları

Herhangi bir kurutma işleminde farklı koşullar altında cereyan eden üç önemli kurutma periyodu vardır. Bunlar ısıtma periyodu, esas kurutma periyodu ve denkleştirme periyodu'dur.



Tablo 1

Zaman (süre) esasına göre hazırlanmış bir kurutma programı örneği (K. STEIMLE 1965, s. 244).

Ağaç türü : İğne yapraklı		Isıtma : 2			
Kereste kalınlığı : 25 mm		Kurutma : 16			
Başlangıç rutubeti : % 70		Denkleştirme : 2			
Sonuç rutubeti : % 8		Toplam süre : 20 saat			
Süre (saat)	Denge Rutubeti (Ugl)	Kuru Termometre (C°)	Termometre (C°)	Psikometrik fark (C°)	İlgili notlar
0	—	20	20	—	Isıtıcılar açılacak, bacalar kapatılarak bir miktar buhar püskürtülecek.
1	10 — 12	65	57/59	6 — 8	
2	10 — 11	80	73/79	6 — 7	
2 — 10	9	80	71	9	Buhar püskürtmeyi kes, bacaları bir miktar aç, ısıtıcılar açık bırakılacak.
10 — 18	6	80	63	17	Buhar püskürtme kapalı, bacalar biraz daha açılacak, ısıtıcılar açık bırakılacak.
18 — 20	9	70	60	10	Isıtıcılar kapatılacak, bacalar tam kapatılacak, bir miktar buhar püskürtülecek.

### Isıtma periyodu :

Kurutulacak malzemenin kurutma periyodunda uygulanacak sıcaklık derecesine kadar ısıtıldığı periyoddur. Isıtma periyodu genellikle kurutma programlarında ayrıntılı olarak gösterilmemektedir. Kalite düşmelerine meydan evrmemek için ısıtma sırasında kerestenin kurumaması gerekmektedir. Bunu sağlamak için kurutma ortamını teşkil eden hava-subuharı karışımının bağıl nemi yüksek olmalı, % 90'ın altına hiçbir zaman düşürülmemelidir.

### Kurutma periyodu :

Isıtma periyodunda kurutmada uygulanacak sıcaklığa kadar ısıtılan ağaç malzeme, başlangıç rutubetinden sonuç rutubetine kadar kurutma periyodunda kurutulmaktadır. Bu

periyotta kurutma fırını içerisinde her bakımdan ideal bir kurumayı gerçekleştirecek kurutma şartlarının sağlanması gerekmektedir. En uygun kurutma şartlarının yaratılmasında kurutmaya konu olan ağacın türü, elde edilen kerestenin rutubeti ve kalınlığı gibi ağaç malzeme ile ilgili kurutmada etkili olan faktörler dikkate alınmalıdır. Bu periyotta uygulanacak kurutma şartlarının düzenlenmesinde, özellikle güç kuruyan ağaç türlerinin kurutulmasında iki kurutma basamağı düşünülmelidir. Bunlar başlangıç rutubetinden lif doygunluğu rutubet derecesine kadar olan birinci kurutma basamağı ile lif doygunluğu rutubet derecesinden sonuç rutubetine kadar olan ikinci kurutma basamağıdır.

#### **Denkleştirme periyodu :**

Kereste kurutmada kurutma periyodundan sonra denkleştirme epriyodu uygulanmaktadır. Bunun amacı aynı partide kurutulan kereste de sonuç rutubetine uygun rutubet yeknesaklığını sağlamaktır.

Kurutma periyodu sonunda gerek istifi teşkil eden herbir kereste arasında, gerekse herbir kerestenin farklı kısımlarında önemli derecede rutubet farkları olabilir. Bu farkları ulaşılacak istenen sonuç rutubetine doğru azaltabilmek ve rutubet ortalamasını sonuç rutubetine yaklaştırabilmek için denkleştirme periyodunun uygulanması gerekmektedir.

#### **2.4. Sıcaklık ve Bağıl Nem Arasındaki Kombinasyon Olanakları.**

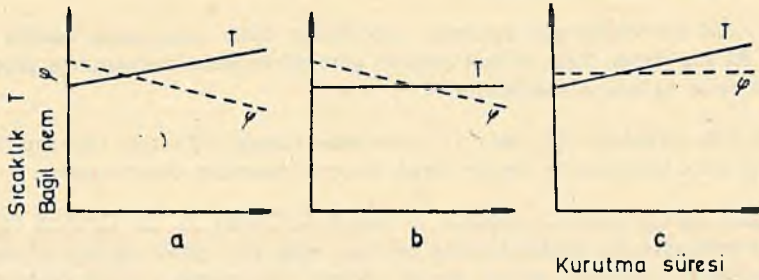
Isıtma periyodundan sonra uygulanan esas kurutma periyodunda kurutmaya konu olan ağaç türü için en uygun kurutma koşullarının sağlanmasında kuru ve yaş termometre (veya bağıl nem) arasında değişik kombinasyon olanakları vardır. Ancak, bunlardan aşağıda belirtilen üç şekil pratikte en çok uygulanmaktadır.

1. Kurutma periyodu süresince kuru termometre sıcaklık derecesi sürekli yükseltilir, yaş termometre sıcaklık derecesi (veya bağıl nem) sürekli azaltılır (Resim 1. a)
2. Kurutma periyodu süresince kuru termometre sıcaklık derecesi sabit tutularak yaş termometre sıcaklık derecesi (veya bağıl nem) sürekli düşürülür (Resim 1.b)
3. Kurutma periyodu süresince yaş termometre sıcaklık derecesi (veya bağıl nem) sabit tutularak kuru termometre sıcaklık derecesi sürekli yükseltilir (Resim 1.c)

Bunlardan hangisinin kullanılmasının daha uygun olacağı konusunda karar verirken ağaç türünün özellikleri, ekonomik mulahazalar, kurutma tekniği ve kurutma kalitesi etkili olmaktadır.

Bilindiği gibi klasik kurutmada sıcaklığın kurutmanın süresi üzerine önemli derecede etkisi vardır. Sıcaklık arttıkça kurutma süresi kısalmaktadır. Bu nedenle kurutmanın başından sonuna kadar mümkün olan en yüksek sıcaklık derecesinin uygulanması gerekmektedir.

Diğer taraftan kurutma sırasında kuru termometre sıcaklık derecesinin sık sık değiştirilmesi uygun değildir. Ağaç ısıyı güç ileten bir malzemedir. Bu bakımdan kurutma sırasında sıcaklığın sürekli yükseltilmesi kereste içerisinde dışarıdan içeriye doğru oluşan sıcaklık farklarını yani sıcaklık meylini artırmaktadır. Sıcaklık meylinin artması yüzeylere doğru olan rutubet akış düzeninin bozulmasına ve kusurların oluşmasına sebep olmaktadır.



Şekil 1 : Esas kurutma periyodunda sıcaklık ve bağıl nem arasındaki kombinasyon olanakları.

Buna ilâveten kuru termometrenin devamlı değiştirilmesi kurutmanın yönetilmesini güçleştirmektedir.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi bu üç şekilden herhangi birinin uygun olduğu özel durumlar olmakla beraber, ikinci şekil diğerlerine göre daha uygun bulunmaktadır. Bu bakımdan programların hazırlanmasında ikinci şekil esas alınmıştır. Kuru termometrenin sabit tutulduğu bu uygulama şeklinde, renk değiştirmeye meyilli olan yapraklı ağaçlarla, reçine sızmasının söz konusu olduğu iğne yapraklı ağaçlarda, kuru termometre sıcaklık derecesinin iki kademe yükseltilmesi gerekmektedir. Özellikle sıcaklık ve rutubetin birlikte etkisi ile meydana gelen renk değişmelerini önlemek için; lif doygunluğu rutubet derecesine kadar düşük bir sıcaklık derecesi ile, lif doygunluğu rutubet derecesinden sonuç rutubetine ulaşıncaya kadar mümkün olan en yüksek sıcaklık derecesi ile hareket edilmektedir.

Esas kurutma periyodundan sonra uygulanan denkleştirme periyodunda da kuru ve yaş termometre (veya bağılnem) arasında birçok kombinasyon olanağı vardır. Bunlardan aşağıda açıklanan üç şekil pratikte en çok uygulanmaktadır.

1. Kuru termometre sıcaklık derecesi kurutma periyodunda uygulanan derecede sabit tutularak yaş termometre değiştirilir ve sonuç rutubetine eşit bir denge rutubetini sağlayacak derecelere yükseltilir.

2. Yaş termometre sıcaklık derecesinin kurutma periyodunda uygulanan derecesi sabit tutularak kuru termometre değiştirilir ve sonuç rutubetine eşit bir denge rutubetini sağlayacak dereceye düşürülür.

3. Hem kuru hem yaş termometre değiştirilir. Sonuç rutubetine eşit bir denge rutubetinin sağlamak için kuru termometre düşürülür. Yaş termometre yükseltilir.

Örnek kurutma programlarının hazırlanmasında denkleştirme periyodunda 1. maddede açıklanan kombinasyon uygulanmıştır.



### 2.3. Bir Kurutma Programı Örneği.

Daha önce belirtildiği gibi kurutma programları tablo veya grafik halinde gösterilmektedir. Burada Resim 2'de rutubet esasına göre düzenlenmiş bir kurutma programı örnek olarak tablo halinde gösterilmiştir.

Resim 2'de görüldüğü gibi tablo; (1) üstte tablo başlığı, (2) ortada esas kurutma programı ve (3) altta tamamlayıcı bilgiler olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

1. Tablo başlığı kısmında kereste ve fırının özellikleri ile dış kurutma faktörlerine ait bilgiler verilmektedir. Bunlar kereste kalınlığı, ağaç türü, özgül ağırlığı, lif doyunluğu rutubet derecesi, başlangıç rutubeti, sonuç rutubeti, uygulanacak sıcaklık derecesi ve kurutma meyli değeridir.

2. Esas kurutma programını teşkil eden tablonun ikinci kısmında ısıtma, esas kurutma ve denkleştirme periyodlarında uygulanacak kurutma koşulları verilmektedir. Bu kısımda 2. sütunda kereste rutubet kademeleri, 3. sütunda kurutma meyli değerleri, 4. sütunda denge rutubeti yüzdeleri, 5. ve 6. sütunlarda kuru ve yaş termometre sıcaklık dereceleri, 7. sütunda yaş ve kuru termometre farkları (psikrometrik fark), 8. sütunda bağıl nem yüzdeleri ve 9. sütunda da her periyotta ve mümkünse her rutubet kademesinde hesapla bulunan yaklaşık kurutma süreleri gösterilmektedir.

3. Programı tamamlayıcı bilgiler üçüncü kısımda verilmektedir. Kurutma fırınının tipi, hava hareket hızı ve günlük çalışma süresine göre hesap edilerek bulunacak yaklaşık kurutma süreleri bu kısımda belirtilmektedir. Pratikte hiçbir zaman bu sürelerle uygun süreler elde etmek mümkün değildir. Fakat kurutma süresi hakkında yaklaşık bir fikir sahibi olmak bakımından gerekirse bu süreler hesap edilerek programda verilmektedir.

## 3. KURUTMA PROGRAMLARININ HAZIRLANMASI

### 3.1. Hazırlama Esasları.

Bu yazıda, rutubet esasına göre ve kuru termometre sıcaklık derecesi mümkün olduğu kadar sabit tutularak bir klasik kurutma programının nasıl hazırlandığı açıklanmıştır. Bilindiği gibi kurutma şartlarının en önemli elemanları, fırın içerisindeki sıcaklık ve bağıl nem ile, bu iki faktöre göre değişen denge rutubetidir. Bu bakımdan herhangi bir klasik kurutma programının hazırlanması kereste rutubeti ile denge rutubeti (dolayısıyla sıcaklık ve bağıl nem) arasındaki ilişkilerin düzenlenmesinden ibarettir. Bu düzenlemeler en iyi şekilde «Kurutma meyli» esasına göre yapılabilmektedir (KEYLWERTH 1950, KEYLWERTH-NOACK 1964).

«Kurutma meyli» (TG), kurutulmuş kerestenin kurutma sırasında herhangi bir andaki ortalama rutubeti (% Um) nin, o anda fırında mevcut sıcaklık ve bağıl nemin kerestede meydana getirebileceği ortalama denge rutubeti (% Ugl) ne oranıdır. Yani fırın içerisinde mevcut sıcaklık ve bağıl nem sabit tutulduğu takdirde, kuruma bu şartların sağladığı belli bir denge rutubetine doğru yönelmektedir. Böylece, kurutma meyli şu eşitlikle ifade edilmektedir (KEYLWERTH 1950, s. 375).

Ağaç türü : ..... Sıcaklık  $T_1$  : ..... $C^\circ$   
 Kereste kalınlığı : ..... mm  $T_2$  : ..... $C^\circ$   
 Özgül ağırlık : ..... $kg/m^3$  Kurutma meyli : .....  
 Başlangıç rutubeti : %..... LDR derecesinin : .....  
 Sonuç rutubeti : %..... üstünde denge rutubeti : .....  
 LDR derecesi : %.....

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kurutma periyodları	Kereste rutubeti (U) %	Kurutma meyli (TG)	Denge rutubeti (Ugl) %	Kuru termometre sıcaklık derecesi $C^\circ$ $F^\circ$	Yaş Termo. sıcaklık derecesi $C^\circ$ $F^\circ$	Psikrometrik fark $C^\circ$ $F^\circ$	Bağıl nem %	Yaklaşık süreler
Isıtma								
Esas Kurutma								
Denkleştirme								

Fırın tipi : metal  
 Hava hareket hızı : 2 m/s  
 Günlük çalışma süresi : 24 saat  
 Yaklaşık kurutma süresi : ..... saat  
 Isıtma ..... saat  
 Kurutma ..... saat  
 Denkleştirme ..... saat

Tarih :  
 Hazırlayan :



$$TG = \frac{Um (\%)}{Ugl (\%)}$$

Kurutma programlarının hazırlanmasında, lif doygunluğu rutubetinin altındaki rutubet derecelerinde denge rutubeti bu eşitlik yardımı ile bulunmaktadır. Örneğin, kurutma meyli değerini 2 alalım. Kereste rutubetinin % 18 olduğu rutubet basamağında gereken denge rutubeti;

$$TG = \frac{Um}{Ugl} \quad Ugl = \frac{Um}{TG} = \frac{18}{2} = 9 (\%) \text{ dur.}$$

Bulunan bu (% 9) denge rutubetini sağlayan sıcaklık 70 C° ve bağılnem % 65 olarak Tablo 2 den veya Resim 3 den bulunur.

Eskiden teknik kurutmada kurutma programlarının hazırlanmasında belli bir esas yoktu. Kurutma meyli esasını ilk defa KEYLWERTH (1950) ortaya koymuştur.

Keylwerth, kurutma meylinin kurutma süresince sabit kalması gerektiğini ve kerestenin kalitesi bakımından yüksek isteklerde bulunulan hallerde, koruyucu ve dikkatli kurutmada, 30 mm den daha kalın kerestelerin kurutulmasında yapraklı ağaçlar için yaklaşık olarak 1,5; iğne yapraklı ağaçlar için ise yaklaşık olarak 2.0 değerini tavsiye etmektedir. Buna karşılık koruyucu olmayan şiddetli ve kurutma bakımından yüksek bir kurutma kalitesi istenmeyen hallerde 30 mm den daha önce kerestelerin kurutulmasında yapraklı ağaçlar için 2.0 - 3.0; iğne yapraklı ağaçlar için ise yaklaşık olarak 3.0 - 4.0 kurutma meyli değerlerini önermektedir. Fakat son yıllarda kurutma meylinin düşük rutubet derecelerine doğru değiştirilerek gittikçe büyütüldüğü görülmektedir. Bu şekildeki uygulamalarda denge rutubeti fazla düşeceği için dikkatli olunması gerekmektedir.

Kurutma programlarının hazırlanmasında, daha kolay olması bakımından kurutma değerlerinin TGL 2150 (1969)'a göre verilen Tablo 3 den alınması yeterlidir. Herhangibir kurutma programının kurutma meyli esasına göre hazırlanmasında, kereste rutubeti ile denge rutubeti arasında düzenlemeyi yapabilmek için aşağıdaki faktörlerin bilinmesi gerekmektedir.

1. **Ağaç cinsi, türü ve özgül ağırlığı :** Her ağaç türünün kurutma özellikleri ve istekleri farklıdır. Hatta aynı türün farklı yetiştirme şartları altında büyümüş kerestelerinin özellikleri farklıdır. Odunun yıllık halka genişliği, yaz odunu iştirak oranı değiştiğinde özellikleri de değiştiği için kurutma şartlarının belirlenmesinde esas alınacak en uygun faktör ağaç türü ile birlikte özgül ağırlıktır. Ağaç türlerimize ait özgül ağırlıklar Tablo 4'de verilmiştir.

2. **Kereste kalınlığı :** Bu kurutma programının hazırlanabilmesi için kerestenin boyutlarından kalınlığın bilinmesi gerekir. Kereste kalınlığı arttıkça kurutma şartları daha yumuşak ve koruyucu olmalıdır.

3. **Kerestenin başlangıç rutubeti :** Kurutulacak kerestenin kurutmaya başlandığı andaki rutubetidir. Kurutmanın başlangıcında kurutma fırını içerisindeki kurutma şartlarının belirlenmesinde, kurutma süresinin hesaplanmasında başlangıç rutubeti önemlidir.

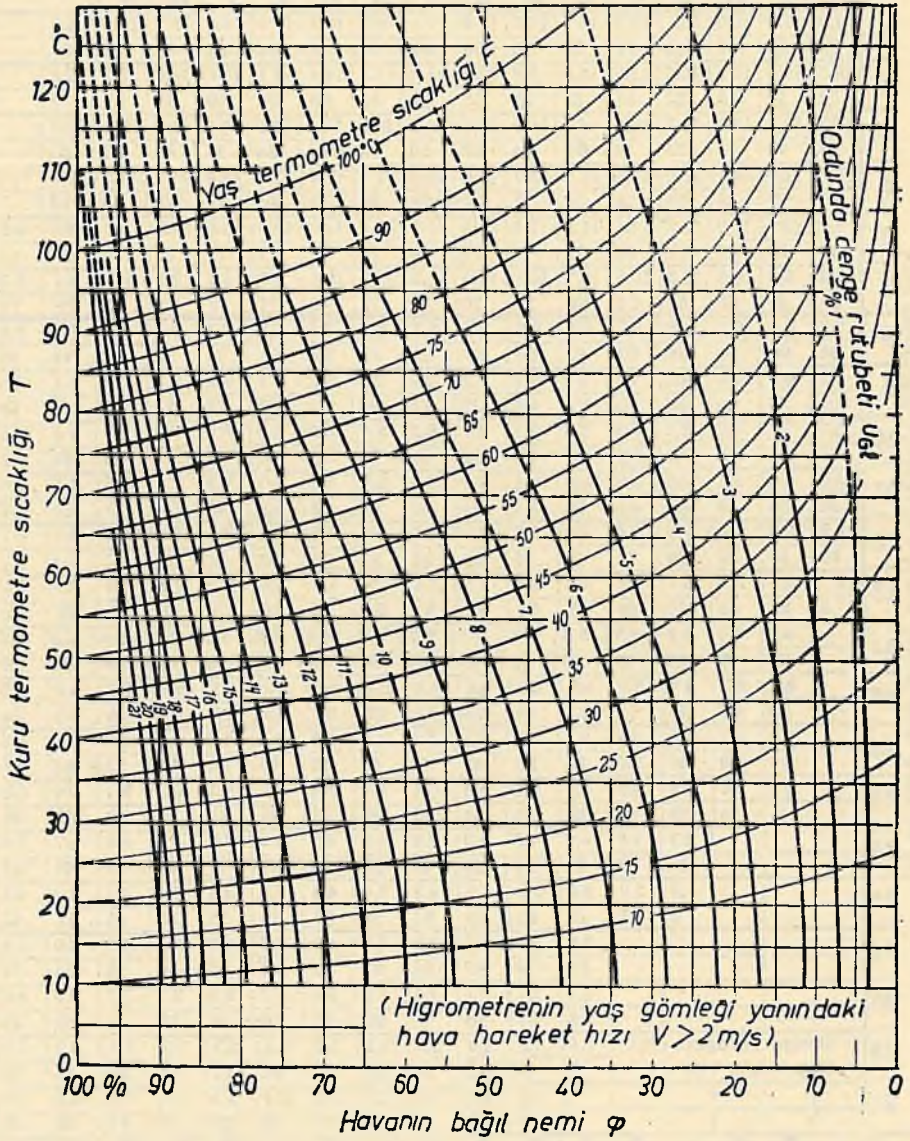
Tablo 2

C° = $\frac{F° - 32}{1.8}$		Kuru termometre sıcaklık derecesi																	3.6	
		20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105		
Yaş ve kuru termometre sıcaklık dereceleri arasındaki fark	2	17.0	17.9	18.0	18.1	18.2	18.1	17.9	17.6	17.1	16.8	16.3	15.9	15.5	15.2	14.9	14.6		3.6	
	3	14.2	15.4	15.8	16.0	15.9	15.8	15.6	15.3	15.0	14.7	14.4	14.1	13.8	13.0	13.2	13.0		5.4	
	4	12.2	13.4	13.9	14.0	14.2	14.1	14.0	13.8	13.6	13.3	13.1	12.8	12.5	12.3	12.0	11.8		7.2	
	5	10.6	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.7	12.5	12.3	12.1	12.0	11.6	11.4	11.1	11.0	10.8		9.0	
	6	9.2	10.6	11.0	11.2	11.4	11.5	11.5	11.4	11.3	11.1	11.0	10.7	10.5	10.2	10.1	9.9	9.8		10.8
	7	8.2	9.6	10.0	10.3	10.6	10.7	10.7	10.6	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	9.0		12.6
	8	7.2	8.8	9.2	9.5	9.7	9.8	9.9	9.8	9.7	9.6	9.5	9.3	9.1	9.0	8.8	8.6	8.5		14.4
	9	6.1	8.0	8.4	8.8	9.0	9.2	9.3	9.2	9.1	9.0	8.8	8.7	8.5	8.4	8.2	8.1	7.9		16.2
	10	5.0	7.2	7.7	8.2	8.6	8.8	8.7	8.7	8.5	8.5	8.3	8.2	8.0	7.9	7.7	7.5	7.5		18.0
	11	4.0	6.5	7.2	7.6	8.0	8.0	8.1	8.1	8.0	8.0	7.8	7.7	7.5	7.4	7.3	7.1	7.0		19.8
	12	2.9	5.8	6.5	7.0	7.4	7.5	7.8	7.7	7.5	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.7	6.7		21.6
	13	1.7	5.0	5.9	6.4	6.8	7.0	7.1	7.2	7.1	7.0	7.0	6.8	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3		23.4
	14		4.3	5.3	5.9	6.3	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.0	5.9		25.2
	15		3.6	4.7	5.3	5.9	6.2	6.3	6.4	6.4	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	5.7		27.0
	16		2.9	4.1	4.9	5.4	5.7	5.9	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4		28.8
	18		1.1	3.0	3.9	4.5	4.9	5.2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	5.0		32.4
	20				3.0	3.8	4.2	4.6	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	4.7	4.6		36.0
	22				1.8	2.9	3.5	3.9	4.2	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3		39.6
	24						2.8	3.3	3.7	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9		43.2
	26						2.1	2.7	3.1	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.6	3.6		46.8
	28						9	13	18	21	23	26	28	30	32	33	35	37		50.4
	30						1.5	2.1	2.4	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0		54.0
			68.0	86.0	95.0	104.0	113.0	122.0	131.0	140.0	149.0	158.0	167.0	176.0	185.0	194.0	203.0	212.0		F°

F° = 1.8 + 32

NOT : Tablodaki denge rutubeti değerleri KEYLWERTH - NOACK (1964) den (Resim 3), bağıl nem yüzdeleri ise HILDEBRAND (1962) den (Resim 4) alınmıştır.





Resim 3 : Ağaç malzemede, çevresindeki havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak meydana gelen higroskopik denge (R. KEYLWERTH ve D. NOACK 1964)



Tablo 3.

TGL 21503 (1969)'e göre çeşitli ağaç türlerinin klasik kurutma metodu ile kurutulmasında uygulanması tavsiye edilen sıcaklık dereceleri ve kurutma meyli değerleri

Ağaç türü	Tam kuru özgül ağırlık  kg/m <sup>3</sup>	Tavsiye edilen sıcaklık dereceleri Lif doygunluğunun		%40 rutubetin altında caiz görülen kurutma meyli değerleri
		Altında T <sub>1</sub>	Üstünde T <sub>2</sub>	
1	2	3	4	5
Gökmar (Abies Sp.)	410	70 — 90	70 — 90	2,4 — 3,5
Kara kavak (Populus nigra L.)	410	70	80	2,4 — 2,8
Titrek kavak (Populus tremula L.)				
Ladin (Picea Sp.)	430	70 — 90	70 — 90	2,4 — 3,5
Boz kavak (Populus canescens Sm.)	430	70	80	2,4 — 2,6
Ak kavak (Populus alba L.)				
Duglas (Pseudotsuga Sp.)	490	70 — 90	70 — 90	2,4 — 3,5
Sarı çam (Pinus silvestris L.)	490	70 — 90	70 — 90	2,4 — 3,5
Küçük yapraklı ıhlamur (T. cordata Mill)	490	70	80	2,4 — 2,8
Büyük yapraklı ıhlamur (T. platyphyllos Scop.)				
Adi kızılâğaç (Alnus glutinosa Gaertn.)	510	65	75	2,4 — 2,8
Alnus incana (L.) Moench				
At kestanesi (Aesculus Sp.)	510	70	80	2,4 — 2,8
Melez (Larix Sp.)	550	70	80	2,4 — 2,8

Tablo 3'den devam

Ağaç türü	Tam kuru ölgül ağırlık  kg/m <sup>3</sup>	Tavsiye edilen sıcaklık dereceleri Lif doygunluğunun		%40 rutubetin altında caiz görülen kurutma meyli değerleri
		Altında T <sub>1</sub>	Üstünde T <sub>2</sub>	
1	2	3	4	5
Kiraz ( <i>Prunus Sp.</i> )	570	60	70	1,8 — 2,2
Dağ akçaağacı ( <i>Acer pseudoplatanus L.</i> )	590	60	60 — 70	1,8 — 2,2
Kestane ( <i>Castanea vesca Gaertn.</i> )	590	70	80	2,0 — 2,2
Huş ( <i>Betula Sp.</i> )	610	70	80	1,8 — 2,2
Çınar yap. akçaağaç ( <i>A. platanoides L.</i> )	620	60	60 — 70	1,8 — 2,2
Karaağaç ( <i>Ulmus Sp.</i> )	640	60	70	2,0 — 2,2
Ceviz ( <i>Juglans Sp.</i> )	640	60 — 70	70 — 80	2,0 — 2,2
Adi dışbudak ( <i>Fraxinus exelsior L.</i> )	650	50 — 65	70 — 75	1,6 — 2,0
Saplı meşe ( <i>Q. pedunculiflora C. Koch</i> )	650	40 — 50	50 — 70	1,5 — 1,6
Sapsız meşe ( <i>Q. sessilliflora Salisb.</i> )				
Kırmızı meşe ( <i>Q. rubra</i> )	660	40 — 50	50 — 65	1,5 — 1,6
Kayın ( <i>Fagus silvatica L.</i> )	680	60 — 70	60 — 80	1,8 — 2,0
Ova akçaağacı ( <i>A. campestre L.</i> )	680	60	70	1,8 — 2,0
Armut ( <i>Pirus Sp.</i> )	700	60	70	1,8 — 2,0
Yalancı Akasya ( <i>Robinia Sp.</i> )	730	50 — 60	60 — 70	1,5 — 1,8
Gürgen ( <i>C. betulus L.</i> )	790	50 — 60	60 — 75	1,3 — 1,8

Not : Tam kuru ölgül ağırlığı 510 kg/m<sup>3</sup>'ün üstünde olan ağaç türleri ile 35 mm'den daha fazla kalınlıktaki kerestelerin kurutulmasında koruyucu bir kurutma uygulamasına özellikle dikkat edilmeli; yukarıda belirtilmiş bulunan her bir ağaç türüne ait tavsiye edilen sıcaklık dereceleri ile kurutma meyli değerlerinin küçük olanları uygulanmalıdır.

4. **Lif doygunluğu rutubet derecesi:** Kurutma programlarının hazırlanmasında başlangıçtan lif doygunluğu rutubet derecesine, lif doygunluğu rutubet derecesinden sonuç rutubetine kadar farklı kurutma şartları uygulanmaktadır. Özellikle güç kuruyan, özgül ağırlığı yüksek yapraklı ağaçların kurutulmasında başlangıçtan lif doygunluğu rutubet derecesine kadar yumuşak ve koruyucu kurutma şartlarının uygulanması gerekmektedir. Bu tür ağaçlarda bu safhada uygulanan kurutma şartları mümkün olduğu kadar sabit tutulmalıdır.

Ağaç türlerimizin lif doygunluğu rutubet dereceleri Tablo 4'de verilmiştir. Lif doygunluğu rutubet derecesi bilinmeyen ağaç türleri için %25 değeri alınabilir.

5. **Sonuç rutubeti:** Kurutmanın sonunda ulaşılmak istenen rutubet derecesi sonuç rutubeti olup, kurutma programlarının hazırlanmasında ve kurutma süresi hesaplanmasında bilinmesi önemlidir. Sonuç rutubeti % 8-10 olarak alınabilir.

6. **Rutubeti basamakları:** Başlangıç rutubetinden sonuç rutubetine doğru yeterli kurutma hızını sağlayabilmek için kurutma şartları gittikçe şiddetlendirilir. Bir kurutma programı hazırlayabilmek için kurutma şartlarının değiştirileceği rutubet basamaklarının önceden tespit edilmiş olması gerekmektedir. Lif doygunluğu rutubet derecesine kadar genellikle sabit kurutma koşulları ile kurutma yapılır. Lif doygunluğu rutubet derecesinin altında ise kurutma şartları gittikçe şiddetlendirilir. Bu bölgede özellikle yapraklı ağaç ke-restelerinin kurutulmasında rutubet basamakları dar tutulmalıdır. İbrelilerde de basamaklar % 5'den daha geniş olmamalıdır.

Tablo 4

Ağaç türlerimize ait özgül ağırlık ve lif doygunluğu rutubet dereceleri.

Ağaç türleri	Tamkuru Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Lif doygunluğu rutubet derecesi LDN (%)
Sarıçam	0,487	30,0
Kızılcıam	0,496	25,5
Toros Sediri	0,530	21,0
Karaçam	0,518	30,0
Uludağ Göknarı	0,408	34,0
Toros Göknarı	0,438	30,0
Doğu Ladini	0,406	32,0
Doğu Kayını	0,630	29,0
Sapsız Meşe	0,542	26,0
Kestane	0,486	—
Karaağaç	0,640	—
Akçaağaç	0,590	—
Kızılağaç	0,675	34,6



7. **Uygulanabilecek sıcaklık derecesi :** Her ağaç türüne ve o türden elde edilen kerestenin kalınlığına göre kurutmada uygulanabilecek sıcaklık derecesi vardır. Bu sıcaklık derecesi genellikle lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde daha düşük, altında daha yüksektir. Kurutma programlarının hazırlanmasında kurutmaya konu olan ağaç türü ve kereste kalınlığı için en uygun sıcaklık derecesinin bilinmesi gerekmektedir. Kurutma programlarının hazırlanmasında çıkış noktası olarak kullanılacak sıcaklık dereceleri Tablo 3'de verilmiştir.

8. **Kurutma Meyli :** Lif doygunluğu rutubet derecesinden sonuç rutubetine doğru kurutmada uygulanacak kurutma koşullarının belirlenmesinde kurutma meylli değeri kullanılır. Ağaç türleri için kullanılacak kurutma meylli değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

9. **Lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde uygulanabilecek denge rutubeti :** Daha önce belirtildiği gibi lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde daha yumuşak ve koruyucu kurutma şartları uygulanmaktadır. Bu şartlar mümkün olduğu kadar sabit tutulmaktadır. Lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde uygulanacak şartların belirlenmesinde kurutma meylli eşitliği kullanılmamaktadır. Çünkü, bu bölgede odun içerisinde serbest su vardır ve bu nedenle bir rutubet dengesi oluşmamaktadır.

Böyle olmakla beraber fırın içerisindeki sıcaklık ve bağıl nemi sabit tutmak suretiyle bu iki faktöre bağlı olarak meydana gelen bir denge rutubeti ile hareket edilmesi kolaylık sağlamaktadır. Bu denge rutubeti değerleri bilinirse sıcaklık da bilindiğine göre, bağıl nem veya yaş termometre sıcaklık derecesi Tablo 2'den veya Resim 3'den kolayca bulunabilir.

Kurutma programlarının hazırlanmasında, lif doygunluğu noktasının üstünde uygulanabilecek denge rutubeti yüzdesi, lif doygunluğu noktasından sonra uygulanacak denge rutubetinden daha yüksek olmalıdır. Bu fark % 2'den daha az olmamalıdır. Örneğin Lif doygunluğu noktası % 30 olsun, kurutma meylli 2 olarak alınsın. Buna göre denge rutubeti  $30/2 = 15$  (%) olur. Başlangıç rutubetinden % 30'a kadar uygulanacak denge rutubeti % 15'den büyük olmalıdır. Bu değer % 17 olması uygun olur.

### 3.2. Bir Kurutma Programının Hazırlanması.

Programın hazırlanması için ağaç türü ve kereste kalınlığının bilinmesi yeterlidir. Diğer bilgiler hesaplar ve tespitler yapılarak bulunabilmektedir.

#### Verilenler :

Ağaç türü : Doğu kayını  
Kereste kalınlığı : 25 mm.

#### Diğer bilgiler :

Özgül ağırlık :  $r_o = 0,68 \text{ gr/cm}^3$  (Tablo 4'den bulunur)  
Başlangıç rutubeti :  $U_a = \% 50$  (Tayin edilir)  
Sonuç rutubeti :  $U_e = \% 8$  (Kabul edilir)  
Lof doygunluğu rutubet derecesi :  $LDN = \% 29$  (Tablo 4'den bulunur)  
Kereste rutubeti kademeleri : % 4 (Kabul edilir)

Sıcaklık :  $T_1 = 50^\circ\text{C}$  ve  $T_2 = 70^\circ\text{C}$   
(Tablo 3'den bulunur)

Kurutma meyli : 2.00 (Tablo 3'den bulunur)

Lif doygunluğu rutubetine

kadar uygulanacak denge rutubeti : % 17 (Sayfa 20'deki gibi hesap edilir)

Fırın tipi : Metal

Sirkülasyon hızı : 2,00 m/s

Günlük çalışma süresi : 24 saat

Kurutmanın kalitesi : Kaliteli (Koruyucu)

### **Yaklaşık süreler**

Isıtma : 2,5 saat

Kurutma : 62,0 saat

Denkleştirme : 24,8 saat

Toplam kurutma süresi : 89,3 saat

Bu verilere göre düzenlenmiş olan kurutma programı 5 numaralı tablo olarak verilmiştir.

### **Tablonun düzenlenmesine ilişkin açıklamalar :**

Herhangi bir rutubet kademesinde uygulanacak sıcaklık ve denge rutubeti bilinirse o kademede uygulanacak yaş termometre, psikrometrik fark ve bağıl nem 2 numaralı tablo veya 3 numaralı resim yardımı ile aşağıdaki örnekte verildiği gibi bulunur.

**Örnek :** %18 - 14 rutubet basamağında uygulanacak sıcaklık  $70^\circ\text{C}$ , seçilen kurutma meyli değeri 2 ise, denge rutubeti % 9'dur (Bkz. Sayfa 83). Tablo 2'de kuru termometre sıcaklığı derecesi 70 olan sütundan aşağıya doğru gidilerek denge rutubetinin % 9'a en yakın olduğu değeri bulunur. Bu değer % 9,0 olup, aynı kare içerisinde bağıl nem yüzdesi % 65 olarak alınır. Yaş termometre, denge rutubeti % 9,0 olan kareden sağa doğru gidilmek suretiyle bulunacak olan  $9^\circ\text{C}$  lik psikrometrik fark yardımı ile  $70 - 9 = 61^\circ\text{C}$  olarak bulunur.

Programda verilen süreler 4 numaralı bölümde açıklandığı şekilde bulunur. Genel olarak rutubet esasına göre hazırlanan tablolarda sürenin verilmesine gerek yoktur. Fakat uygulayıcıya kurutma süresi hakkında bir fikir vermek için bu şekilde sürelerle ilgili yaklaşık değerleri hesaplamak mümkündür. Bu değerler bağlayıcı olmayıp, pratikte bulunacak değerlere her zaman uygunluk gösteremeyeceğinin bilinmesi gerekir.

Bir kurutma programı örneği olarak hazırlanmış olan bu programda gösterilen ısıtma periyodunun ön ısıtma, yüzeysel ısıtma basamakları ile lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde uygulanan sıcaklık derecesinden, lif doygunluğu rutubet derecesinin altında uygulanan sıcaklık derecesine geçişteki sıcaklık yükselmesi basamakları pratikteki kurutma programlarında gösterilmemektedir.

Kurutmada ulaşılmak istenen sonuç rutubetinin % 1-2 altına düşülmesi denkleştirme periyodunun sağlıklı uygulanması bakımından önemlidir. Bu nedenle örnek tabloda sonuç rutubeti % 8 seçildiği halde kerestenin % 6'ya kadar kurutulması ön görülmüştür.

Tablo 5.

25 mm kalınlıktaki doğu kayını için hazırlanan bir kurutma programı.

Ağaç türü	: Doğu kayını	Başlangıç rutubeti	: % 50	Sıcaklık T <sub>1</sub>	: 50°C
Kereste kalınlığı	: 25 mm	Sonuç rutubeti	: % 8	" T <sub>2</sub>	: 70°C
Özgül ağırlık	: 680 kg/m <sup>3</sup>	LDR derecesi	: % 29	Kurutma meylli	: 2.00
				LDN'nin üstünde denge rutubeti	: %17

1	2	3	4	5		6		7		8	6
				Kuru termometre sıcaklık derecesi	Yaş termometre sıcaklık derecesi	Psikrometrik fark		Bağıl nem	Yaklaşık süreler		
						°C	°F				
ISITMA	Kereste rutubeti (U) (%)	Kurutma meylli (TG)	Denge rutubet UGI %	°C	°F	°C	°F	°C	°F	%	(saat)
	Ön ısıtma	—	—	30	86	30,0	86,0	0	0	100,0	2,5
	yzeyssel	—	—	35	95	35,0	95,0	0	0	100,0	
	ısıtma	—	21,3	40	104	39,0	102,2	1,0	1,8	94,0	
	derinlere	—	21,3	45	113	44,0	111,2	1,0	1,8	94,0	
kadar ısıtma	—	17,0	50	122	48,5	119,3	1,5	2,7	92,0		
KURUTMA	50 — 29	—	17,0	50	122	47,5	117,5	2,5	4,5	89,0	24
				55	131	52,5	126,5	2,5	4,5	87,0	
				60	140	57,0	134,6	3,0	5,4	86,0	
				65	149	62,0	142,7	3,0	6,3	84,5	
	29 — 26	2,0	14,5	70	158	67,0	152,6	3,0	5,4	88,0	60
	26 — 22	2,0	13,0	70	158	66,0	150,8	4,0	7,2	83,0	
	22 — 18	2,0	11,0	70	158	64,0	147,2	6,0	10,8	76,0	
	18 — 14	2,0	9,0	70	158	61,0	141,8	9,0	16,2	65,0	
10 — 6	2,0	5,0	70	158	50,0	122,0	20,0	3,6	35,0		
Denkleştirme	6 — 8	—	8,0	70	158	59	138,2	11	19,8	58	36,6

Fırın tipi : Metal, Sirkülasyon hızı : 2.00 m/s, Günlük alışma süresi : 24 saat, Kurutma kalitesi : Kaliteli (Koruyucu), Isıtma : 2,5 saat, Kurutma : 620 saat, Denkleştirme 24,8 saat. Toplam kurutma süresi : 89,3 saat

Tarih :  
Hazırlayan :



#### 4. KURUTMA SÜRESİNİN HESAPLANMASI

Bugüne kadar kurutma süresinin bulunmasında birçok grafik ve hesap yöntemi geliştirilmiş olup, bunlar yaklaşık sürelerin bulunmasında kullanılmıştır. Aşağıda hesaplama yöntemlerinden biri, 25 mm kalınlıktaki kayın kerestesi için tablo 5'de verilen değerler esas alınarak suretiyle örnekler verilerek açıklanmıştır (TGL 21500, TGL 21503, EICHLER 1970, 1978).

Bilindiği gibi kurutma süresi ( $Z_t$ ); ısıtma periyodu ( $Z_a$ ), esas kurutma periyodu ( $Z_k$ ) ve denkleştirme periyodu ( $Z_d$ ) sürelerinin toplamına eşittir.

$$Z_t = Z_a + Z_k + Z_d \quad (1)$$

##### Isıtma periyodu ( $Z_a$ ) nın hesaplanması :

Isıtma periyodu süresinin hesaplanması kolay olup, (2) numaralı eşitlikte görüldüğü gibi kereste kalınlığı ( $d$ ) ile  $f_a = 0,1$  katsayısı çarpılır.

$$Z_a = d \cdot f_a \quad (2)$$

Eşitlikte ( $d$ ) mm olarak kereste kalınlığıdır. ( $f_a$ ) ise bir katsayı olup, değeri 0,1 (saat/mm) dir. Buna göre 25 mm kalınlıktaki kayın kerestesinin kurutulmasında ısıtma periyodu süresi 2,5 saat olarak bulunur.

##### Kurutma periyodu süresi ( $Z_k$ ) nin hesaplanması :

Kurutma periyodu süresinin hesaplanması, zaman alıcı ve diğer periyodlara göre daha küçüktür. Bu sürenin bulunması için literatürde daha çok (3) numaralı eşitlikten faydalandığı görülmektedir.

$$Z_k = \frac{1}{\alpha} (\ln U_a - \ln U_e) \cdot \left(\frac{d}{25}\right)^{1,5} \cdot \frac{65}{T} \cdot \left(\frac{1,5}{w}\right)^{0,6} \quad (3)$$

Eşitlikte,  $1/\alpha$  kurutulan kerestenin özgül ağırlığına bağlı bir katsayıdır.  $U_a$  ve  $U_e$  kerestenin başlangıç ve sonuç rutubeti (%),  $\ln$  ise tabii logaritmadır.  $d$ , mm olarak kereste kalınlığıdır.  $T$ , sıcaklık ( $^{\circ}C$ ) olup,  $w$  istif katları arasındaki hava hareket hızı (m/s) dir.

Hesaplama kolaylık sağlamak için eşitlikteki her bir çarpanın, yani  $1/\alpha = a$ ,  $\ln U_a - \ln U_e = u$ ,  $(d/25)^{1,5} = d$ ,  $65/T = t$  ve  $(\frac{1,5}{w})^{0,6} = w$  gibi belli harflerle ifade edilmesinde fayda vardır. Böylece (3) numaralı eşitlik aşağıdaki şekilde sadeleşmiş olmaktadır.

$$Z_k = a \cdot u \cdot d \cdot t \cdot w \quad (4)$$

Bu çarpanlar değerleri hesaplanarak tablolar halinde verilmiştir (Tablo 6, 7, 8, 9 ve 10).

Tablo 5'de verilen örnekte kurutma periyodu iki kademede uygulanmıştır. Bu nedenle bu iki kademenin süreleri ayrı ayrı bulunup toplanarak esas kurutma süresi toplamı bulunmalıdır.

**A. Lif doygunluğu rutubet derecesine kadar kurutma süresi :**

Örnek olarak alınan kayının lif doygunluğu rutubet derecesi % 29 dur. Buna göre sonuç rutubeti % 29 dur. Başlangıç rutubeti % 50,  $T = 50\text{ C}^\circ$ , kereste kalınlığı 25 mm ve hava hareket hızı 2 m/s olarak alındığına göre, ilgili değerler tablolardan alınır ve eşitlikte yerlerine konursa :

$$1/\alpha = a = 40.00 \text{ (Tablo 6'dan alınır)}$$

$$\ln U_a - \ln U_e = u = 0,51 \text{ (Tablo 7'den alınır)}$$

$$\left(\frac{d}{25}\right)^{1,5} = d = 1,00 \text{ (Tablo 8'den alınır)}$$

$$\frac{65}{T} = t = 1,300 \text{ (Tablo 9'dan alınır)}$$

$$\left(\frac{1,5}{w}\right)^{0,6} = w = 0,822 \text{ (Tablo 10'dan alınır)}$$

$$Z_{k_1} = a.u.d.t.w$$

$$Z_{k_1} = (40,00) \cdot (0,51) \cdot (1,00) \cdot (1,30) (0,82)$$

$$Z_{k_1} = 21,75 \cong 22,00 \text{ saat bulunur.}$$

**B. Lif doygunluğu rutubet derecesinden sonuç rutubetine kadar kurutma süresi.**

Tablo 5 incelenecek olursa bu rutubet bölgesinde  $u_a = \% 29$ ,  $u_e = \% 8$  ve  $T = 70\text{ C}^\circ$  değerlerinin verildiği görülür. Diğer değerler değişmemektedir. Bu verilere göre:

$$a = 1,32^1 \text{ (Tablo 6'dan alınır)}$$

$$t = 0,929 \text{ (Tablo 9'dan alınır)}$$

$$Z_{k_2} = a.u.d.t.w$$

1 Kurutmada sonuç rutubeti olarak % 8 seçilmesine rağmen, denkleştirme periyodunun uygulanmasına geçmeden evvel esas kurutma periyodunun sonunda % 6'ya kadar inildiği için  $a = 1,32$  yerine  $a = 1.61$  alınabilir. Bu takdirde  $Z_{k_2} = 49$  saat bulunur.

$$Z_{k_2} = (40.00) \cdot (1,32) \cdot (1,00) \cdot (0,929) \cdot 0,82$$

$Z_{k_2} = 40.00$  saat bulunur. Toplam kurutma periyodu süresi ise,

$$Z_k = Z_{k_1} + Z_{k_2}$$

$$Z_k = 22 + 40 = 62 \text{ saat olur.}$$

#### Denkleştirme periyodu süresi ( $Z_d$ ) nin hesaplanması :

Denkleştirme periyodu süresi aşağıda verilen (5) numaralı eşitlik yardımı ile kolayca bulunabilir.

$$Z_d = Z_k \cdot f_d \quad (5)$$

Eşitlikte  $Z_k$  esas kurutma süresi (saat),  $f_d$  ise bir katsayı olup, kurutmada istenilen kaliteye ve fırının metal veya kargir oluşuna göre değişmektedir. Metal fırınlarda  $f_d = 0,2 \dots 0,6$ , kargir fırınlarda hava hareket hızı  $w > 2$  m/s ise,  $f_d = 0,2 \dots 0,45$ , hava hareket hızı  $w < 2$  m/s ise,  $f_d = 0,1 \dots 0,3$  arasında değişmektedir.

Metal fırınlarda kaliteli (koruyucu) kurutma için  $f_d = 0,4$  alınabilir  $Z_k$  ve  $f_d$  değerleri (5) numaralı eşitlikte yerine konursa denkleştirme periyodu süresi 24,8 yaklaşık 25 saat bulunur.

$$Z_t = 2,5 + 62,0 + 24,8$$

$$Z_t = 89,3 \text{ saat bulunur.}$$

Tablo 6.

$\frac{1}{\alpha}$  değerleri

$r_o$ kg/m <sup>3</sup>	375	400	425	450 <sup>1</sup>	475	500	525	550	575	600	625
$\frac{1}{\alpha}$	14,70	16,80	18,90	21,00	23,05	25,10	27,20	29,35	31,45	33,50	35,55
$r_o$ kg/m <sup>3</sup>	650 <sup>2</sup>	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900
$\frac{1}{\alpha}$	37,70	39,80	42,00	43,85	46,05	48,15	50,25	52,40	54,30	56,40	58,60

1. Yumuşak ağaçlar için ortalama değer

1. Yumuşak ağaçlar için ortalama değer



**Tablo 7**  
(In Ua — In Ue) değerleri

Başlangıç rutubeti U <sub>a</sub> %	Sonuç rutubeti U <sub>e</sub> %												
	40	30	25	20	15	12	11	10	9	8	7	6	5
150	1,32	1,61	1,80	2,01	2,31	2,52	2,61	2,71	2,81	2,93	3,06	3,22	3,40
140	1,25	1,54	1,72	1,94	2,23	2,46	2,54	2,64	2,74	2,86	2,99	3,15	3,33
130	1,18	1,47	1,65	1,87	2,15	2,39	2,47	2,57	2,67	2,79	2,92	3,08	3,26
120	1,10	1,39	1,57	1,79	2,08	2,31	2,39	2,49	2,59	2,71	2,84	3,00	3,18
110	1,01	1,30	1,48	1,70	1,99	2,22	2,30	2,40	2,50	2,62	2,75	2,91	3,09
100	0,91	1,20	1,38	1,60	1,89	2,12	2,20	2,30	2,40	2,52	2,65	2,81	2,99
90	0,81	0,81	1,28	1,50	1,79	2,02	2,10	2,20	2,30	2,42	2,55	2,71	2,89
80	0,69	0,98	1,16	1,38	1,67	1,90	1,89	2,08	2,18	2,30	2,43	2,59	2,77
70	0,56	0,85	1,03	1,25	1,54	1,77	1,85	1,95	2,05	2,17	2,30	2,46	2,56
60	0,40	0,69	0,87	1,09	1,38	1,61	1,69	1,79	1,89	2,01	2,14	2,30	2,48
50	0,22	0,51	0,69	0,91	1,20	1,43	1,51	1,61	1,71	1,83	1,95	2,12	2,30
45	0,12	0,41	0,59	0,81	1,10	1,33	1,41	1,51	1,61	1,73	1,86	2,02	2,20
40		0,20	0,47	0,60	0,98	1,21	1,29	1,39	1,49	1,61	1,74	1,90	2,08
35		0,16	0,34	0,56	0,85	1,08	1,16	1,26	1,36	1,48	1,61	1,77	1,95
30			0,18	0,40	0,60	0,92	1,00	1,10	1,20	1,32	1,45	1,61	1,79
25				0,22	0,51	0,74	0,82	0,92	1,02	1,14	1,27	1,43	1,61
22,5				0,11	0,40	0,63	0,71	0,81	0,91	1,03	1,16	1,32	1,50
20					0,29	0,52	0,60	0,70	0,80	0,92	1,05	1,21	1,39
17,5					0,15	0,38	0,46	0,56	0,66	0,78	0,91	1,07	1,25
15						0,23	0,31	0,41	0,51	0,63	0,76	0,92	1,10

Tablo 8.

 $\left(\frac{d}{25}\right)^{1,5}$  değerleri

mm	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	35	40
$\left(\frac{d}{25}\right)^{1,5}$	0,253	0,332	0,465	0,611	0,716	0,826	0,941	1,061	1,185	1,315	1,656	2,024
mm	45	50	55	60	65	70	80	90	100	120	140	160
$\left(\frac{d}{25}\right)^{1,5}$	2,415	2,828	3,258	3,718	4,193	4,686	5,123	6,830	8,000	10,505	18,251	16,191

Tablo 9.

 $\frac{65}{T}$  değerleri

°C	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$\frac{65}{t}$	1,300	1,182	1,083	1,000	0,920	0,867	0,812	0,765	0,722	0,684	0,650

Tablo 10.

 $\left(\frac{1,5}{w}\right)^{0,6}$  değerleri

m/s	0,6	0,8		1,00	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80
$\left(\frac{1,5}{w}\right)^{0,6}$	1,733	1,460		1,276	1,144	1,088	1,041	1,000	0,960	0,927	0,896
m/s	1,90	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00
$\left(\frac{1,5}{w}\right)^{0,6}$	0,868	0,822	0,795	0,754	0,720	0,688	0,660	0,601	0,555	0,486	0,435

## KAYNAKLAR

- EICHLER, H. 1970. *Taschenbuch der Holztechnologie*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.
- EICHLER, H. 1978. *Praxis der Holz Trocknung*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.
- HILDEBRAND, R., 1962. *Die Schnittholztrocknung*. Selbstverlag der Firma Robert Hildebrand Maschinenbau GmbH, Oberboihingen.
- KANTAY, R. 1978. *Türkiye'nin önemli bazı Orman Ağaç Türleri kerestelerinin teknik kurutma özellikleri üzerine araştırmalar*. İ.Ü. Orman Fakültesi yayını, No. 269. İstanbul.
- KEYLWERTH, R. 1950. *Das «Trocknungsgefäelle» und die Steuerung von Holztrockenanlagen*. Holz-Zentralblatt, Jahrg. 76, Nr. 36, s. 375 Stuttgart.
- KEYLWERTH-NOACK 1964. *Die Kammertrocknung von Schnittholz*. Holz als Roh- und werkstoff. Bd. 22, s. 29-36.
- RASMUSSEN, E.F. 1960. *Dry kiln operator's manual USDA Agr. Handbook Nr. 188*.
- STEIMLE, K. 1965. *Fahrplaene für Trockenkammern Holz Trocknung*, Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 15, s. 231 - 254.
- TGL 21503 (1969). *Technische Trocknung von Schnittholz, Trocknung mit Temperaturen unter 100 C° in Kammertrocknen*.