

34392



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



34392

CEVİZ KERESTESİNİN
TEKNİK KURUTMA ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öner ÜNSAL

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
(Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı)

Danışman : Prof.Dr. Ramazan KANTAY

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

OCAK - 1994

ÖNSÖZ

"Ceviz Kerestesinin Teknik Kurutma Özellikleri Üzerine Araştırmalar" adlı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekanik ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım esnasında bana yol gösteren, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocam sayın Prof.Dr.Yener GÖKER'e ve her aşamada bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocam sayın Prof.Dr.Ramazan KANTAY'a şükranlarımı arz ederim.

Materyal temininde her türlü desteği sağlayan SEM Dış Tic. A.Ş. yetkilisi sayın Mustafa KARTAI'a ve Ergin Lmt. Şti. yetkilisi sayın Selahattin ERGİN'e, ayrıca bu tezin hazırlanmasında yardımlarını gördüğüm Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezin yazılmasında daktilo işlerini titizlikle yürüten sayın Ali ALTUNKAYA'ya teşekkür ederim.

İstanbul-1994

Öner ÜNSAL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZ VE ABSTRACT	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
TABLO LİSTESİ	IX
RESİM LİSTESİ	XI
I. GİRİŞ	1
I.1. Kurutma Konusunda Genel Bilgiler	1
I.1.1. Kurutmanın Tanımı ve Önemi	1
I.1.2. Kurutmanın Faydaları	2
I.1.3. Kurutma Bakımından Ağaç Malzemenin Önemli Bazı Özellikleri	2
I.1.3.1. Odunun Yapısı ve Kimyasal Bileşimi	3
I.1.3.2. Özgül Ağırlık ve Hacim Yoğunluk Değeri	4
I.1.3.3. Ağaç Malzemede Çeşitli Rutubet Halleri	5
I.1.3.4. Odunda Su Alış Verişi	6
I.1.3.5. Denge Rutubeti	8
I.1.3.6. Daralma ve Genişleme (Çalışma)	8
I.1.4. Rutubet Meyli	10
I.1.5. Kurutma Meyli	11
I.1.6. Kurutmayı Etkileyen Dış Faktörler	12
I.1.6.1. Havanın Sıcaklığı	12
I.1.6.2. Havanın Bağlı Nemi	13
I.1.6.3. Hava Hareketi	13
I.1.7. Kurutma Programları	14
I.1.8. Kurutma Esnasında Meydana Gelen Kusurlar ve Bu Kusurları Önleyici Bazı Tedbirler	16
I.1.8.1. Çatlaklar	16
I.1.8.2. Kabuklaşma (Dış Sertleşme)	16
I.1.8.3. Şekil Değişmeleri	17
I.1.8.4. Hücre Çökmeleri (Kollaps)	18
I.1.8.5. Renk Değişmeleri	19

I.2. Araştırmaya Konu Olan Ağaç Türü İle İlgili Genel Bilgiler	19
I.2.1. <u>Juglans nigra</u> L. (Kara Ceviz)	21
I.2.1.1. Genel Özellikler	21
I.2.1.2. Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri	21
I.2.1.3. Fiziksel Özellikleri	22
I.2.1.4. İşlenme Özellikleri	22
I.2.1.5. Dayanıklılık	22
I.2.1.6. Kullanış Yerleri	23
I.2.2. <u>Juglans regia</u> L. (Adi Ceviz)	23
I.2.2.1. Genel Özellikleri	23
I.2.2.2. Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri	24
I.2.2.3. Fiziksel Özellikleri	26
I.2.2.4. İşlenme Özellikleri	26
I.2.2.5. Dayanıklılığı	26
I.2.2.6. Kullanış Yerleri	26
I.3. Literatür Özeti	27
II. MATERYAL VE METOD	36
II.1. Araştırma Materyali ve Temin Edilmesindeki Esaslar	36
II.2. Metod	37
II.2.1. Kurutma Denemelerinde Kurutmanın Gidişinin Takip ve Kontrolü, Bu Amaçla Kullanılan Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması	37
II.2.2. Kerestelerin İstiflenmesi ve Örnek Kerestelerin İstife Yerleştirilmesi	40
II.2.3. Araştırmada Uygulanan Kurutma Metodu ve Uygulamanın Yapıldığı Kurutma Fırınları	42
II.2.3.1. Araştırmada Uygulanan Kurutma Metodu	42
II.2.3.2. Araştırmanın Yapıldığı Kurutma Fırınlarının Özellikleri	43
II.2.3.2.1. HILDEBRAND "HD 74 MK" Marka Kurutma Fırını Hakkında Teknik Bilgi	43
II.2.3.2.2. İlk Kurutma Denemelerinin Yapıldığı Kurutma Fırınları Hakkında Teknik Bilgi	45
II.2.4. Kurutma Programlarının Hazırlanması ve Uygulanması	46

	<u>Sayfa</u>
II.2.4.1. Kurutma Programlarının Hazırlanması	46
II.2.4.2. Kurutma Programlarının Uygulanması	49
II.2.4.2.1. Deneme Kurutma Programlarının Uygulanmasında Rutubetin Gidişi ve Kalite Kontrolleri	49
II.2.4.2.1.1. Kurutma Esnasında Kereste Rutubeti Gidişi- nin Takip ve Kontrolü (Periyodik Kontrol).	49
II.2.4.2.1.2. Kurutma Esnasında Ara Kalite Kontrollerin Yapılması	49
II.2.5. Sonuç Kalite Kontrollerinin Yapılması	52
II.2.5.1. Sonuç Rutubetinin Kontrolü	53
II.2.5.2. Kerestenin İç ve Dış Tabakaları Arasındaki Ru- tubet Farkının Kontrolü	53
II.2.5.3. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)'nin Tespit Edilmesi (Çatal Örnek Testi veya Dilimleme Testi)	54
II.2.5.4. Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmelerinin Kontrolü	56
II.2.6. Özgül Ağırlığın Tespiti	57
II.2.7. Kurutma Kalitesinin Belirlenmesinde Takip Edilen Standart	57
II.2.8. Sonuçların Değerlendirilmesinde Uygulanan İsta- tistik Metod	58
III. BULGULAR	62
III.1. 30 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulma- sı İle Elde Edilen Sonuçlar	62
III.1.1. Kurutma Süresi	62
III.1.2. Ara Kalite Kontrolü Sonuçları	64
III.1.3. Sonuç Rutubeti	65
III.1.4. Rutubet Meyli	66
III.1.5. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)	66
III.1.6. Çatlaklar, Kollaps, Şekil Değişmeleri	67
III.1.7. Özgül Ağırlık	67
III.1.8. 30 mm Kalınlıkta Ceviz Parke Taslakları İle Ya- pılan İlk Kurutma Denemesi Sonuçları	69

	<u>Sayfa</u>
III.2. 70 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulması İle Elde Edilen Sonuçlar	70
III.2.1. Kurutma Süresi	70
III.2.2. Ara Kalite Kontrolu Sonuçları	72
III.2.3. Sonuç Rutubeti	74
III.2.4. Rutubet Meyli	74
III.2.5. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)	75
III.2.6. Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmeleri	76
III.2.7. Özgöl Ağırlık	76
IV. TARTIŞMA VE SONUÇ	78
V. ÖZET	81
SUMMARY.....	83
VI. KAYNAKLAR	85
VII. ÖZGEÇMİŞ	89

ÖZ

Ceviz Kerestesinin Teknik Kurutma Özellikleri Üzerine Araştırmalar.

Bu araştırmada Adi Ceviz kerestesine ait kurutma programları ve kurutma özellikleri incelenmiştir. 30 mm kalınlık için 60 °C sonuç sıcaklığı ve 2 kurutma meyli değeri, 70 mm kalınlık için 50 °C sonuç sıcaklığı ve 1.5 kurutma meyli değerinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

ABSTRACT

Investigations on the kiln drying properties of Walnut Lumber.

In this research, the drying programs and drying properties of Walnut lumber were examined. The proper drying slope turned out to be for the 30 mm thick lumber 60 °C final temperature 2, for the 70 mm thick lumber and 50 °C final temperature 1.5 .

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil-1 : Sorpsiyonun Çeşitli Safhaları(MULLER 1982).....	7
Şekil-2 : Yıllık Halka Durumuna Göre Teğet ve Radyal Biçilmiş Kerestede Yıllık Halkaya Göre Daralma Yönleri (KANTAY 1993)	9
Şekil-3 : Bir Ağaç Gövdesi Enine Kesitinin Çeşitli Kısımlarında Biçilecek Olan Kerestenin Enine Kesitlerinde Kurutmadan Sonra Meydana Gelen Deformasyon (U.S. Forest Prod. Lab'a göre, JANIK'den).	10
Şekil-4 : Kerestede Kurutma Esnasında Meydana Gelen Şekil Değişmeleri	18
Şekil-5 : 2.5 cm Kalınlıktaki Kara Ceviz'in Jet Sistemle Kurutulması (ROSEN 1980)	34
Şekil-6 : Rutubet Kontrol Örnek Kerestesi İle Rutubet Örneğinin Boyutları ve Elde Edilişi	39
Şekil-7 : 30 mm Kalınlığında J. regia Kerestesine Ait Kurutma Denemesinde Örneklerin Kereste İstifi Enine Kesitinde Dağılışı	42
Şekil-8 : HILDEBRAND "HD 74 MK" Marka Kurutma Fırını (KANTAY 1978)	44
Şekil-9 : Enine Kesit İçerisindeki Rutubet Dağılışının Saptanmasında Kullanılan Örneğin Hazırlanması (LEMPELIUS 1969, KANTAY 1978)	51
Şekil-10: Kurutma Gerilmelerinin İncelenmesi İçin Alınan Çatal Örnekler (KANTAY 1978)	51
Şekil-11: Bir Sonuç Kalite Kontrolü Örnek Kerestesinde Kalite Kontrolü İçin Çeşitli Test Örneklerinin Alınması	53
Şekil-12: Dış Sertleşme Miktarını Tespit İçin Kullanılan TRADA Şablonu (EDG 1992)	55
Şekil-13: Çatal Örnek ve Dilimleme Testi İçin Örneklerin Hazırlanması ve Kullanılması (EDG 1992)	56

Şekil-14: 30 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Ortam Şartlarına Bağlı Olarak Kereste Rutubeti Gidişi ve Kurutma Süresi	62
Şekil-15: 30 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Kereste Rutubeti İle Kurutma Hızının Gidişi.....	63
Şekil-16: 30 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında, Kurutma İşleminin Çeşitli Safhalarında, Kereste Enine Kesitleri İçerisindeki Rutubet Dağılışı	64
Şekil-17: 70 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Ortam Şartlarına Bağlı Olarak Kereste Rutubeti Gidişi ve Kurutma Süresi	71
Şekil-18: 70 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Kereste Rutubeti İle Kurutma Hızının Gidişi.....	72
Şekil-19: 70 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında, Kurutma İşleminin Çeşitli Safhalarında, Kereste Enine Kesitleri İçerisindeki Rutubet Dağılımı	73

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo-1 : Kuru Termometre Sıcaklık Derecesi İle Kuru ve Yaş Termometre Sıcaklık Dereceleri Arasındaki Farka (Psikrometrik fark) Göre Kurutma Fırını İçerisindeki Havanın Bağıl Nem Yüzdesi ve Kereste İçerisinde Oluşan Higroskopik Denge Rutubeti (KANTAY 1978)	15
Tablo-2 : Bazı Ceviz Türlerinin Ticari Adları ve Yayılışları (HANIBU 1958, BOZKURT ve ERDİN 1989).	20
Tablo-3 : <u>J. nigra</u> 'dan İmal Edilen Tüfek Kundağı Taslaklarının Kurutma Programı (McMILLEN 1951)..	27
Tablo-4 : <u>J. nigra</u> 'dan İmal Edilen Tüfek Kundağı Taslaklarının Kurutulması İçin Önerilen Kurutma Programı (SMITH ve TORGESON 1951)	28
Tablo-5 : 2.5 cm'den 4.0 cm'ye Kadar Olan Kalınlıklar İçin <u>J. nigra</u> Kerestelerinin Kurutma Programı (MILLETT 1961)	30
Tablo-6 : 4.5 cm'den 6.0 cm'ye Kadar Olan Kalınlıklar İçin <u>J. nigra</u> Kerestelerinin Kurutma Programı (MILLETT 1961)	31
Tablo-7 : Denkleştirme ve Kondisyonlama İşlemi İçin Önerilen Rutubet Değerleri (PEARSON 1965) ...	32
Tablo-8 : 4 cm Kalınlığında <u>J. nigra</u> ve <u>J. regia</u> İçin Kurutma Programı (FPRL 1969)	32
Tablo-9 : Farklı Başlangıç Rutubeti ve Kalınlıklarda Ceviz Kerestesinin Vakum Yöntemi İle Kurutulması İçin Gerekli Kurutma Süreleri (CIVIDINI 1982)	34
Tablo-10: Farklı Başlangıç Rutubeti ve Kalınlıklarda Ceviz Kerestesinin Kondensasyon Yöntemi İle Kurutulması İçin Gerekli Kurutma Süreleri (CIVIDINI 1982)	35

	<u>Sayfa</u>
Tablo-11: 30 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestelerinin Kurutulması İçin Hazırlanan ve Uygulanan Kurutma Programı	47
Tablo-12: 70 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestelerinin Kurutulması İçin Hazırlanan ve Uygulanan Kurutma Programı	48
Tablo-13: EDG (1992)'ye Göre Kurutma Kalitesinin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Toleranslar	59



RESİM LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Resim-1: Ceviz Tomrukları	24
Resim-2: <u>J. regia</u> 'nın Enine (1, 2), Radyal (3) ve Teğet (4) Kesit Görünüşü (GREGUSS 1945)	25
Resim-3: HILDEBRAND "HD 74 MK" Marka Kurutma Fırını	44
Resim-4: Ara Kalite Kontrol Örnek Kerestelerinden Alınan Çatal Örnekler	68
Resim-5: Oluklaşma Meydana Gelmiş Kereste	68
Resim-6: Kurutma Sonunda Meydana Gelen Budak Çatlakları.	69
Resim-7: Sonuç Kalite Kontrol Örnek Kerestesinden Dış Sertleşme Tespiti İçin Alınan Çatal Örnekler...	76
Resim-8: Kurutma İle Oluşan Budak Çatlakları	77

I. GİRİŞ

Ülkemiz Orman Ürünleri Endüstrisinde, yıllardan beri hammadde olarak kullanılan ağaç türlerimizden biri de Juglans regia L.(Adıceviz)'dir.

Bu araştırmada, bir orman ağacı olmamasına rağmen çok fazla tüketildiği için önemli oranda azalmış bulunan, buna karşın özellikle Avrupa ülkeleri tarafından parke ve tüfek dipçığı olarak önemli oranda talep edilen Juglans regia'nın teknik kurutma özellikleri incelenmiştir. Araştırmada, parke imali için uygun olan 30 mm ve tüfek dipçığı imali için uygun olan 70 mm kalınlıklar esas alınarak kurutma programları hazırlanmış ve uygulanmıştır.

Son bölümde Avrupa Kurutma Grubu (EDG) tarafından hazırlanmış bulunan 1992 tarihli en son standart esas alınarak kurutma kalitesi değerlendirilmiş ve buna bağlı olarak uygun kurutma kriterleri belirlenmiştir.

Bu araştırma J. regia'nın kereste olarak kurutma özelliklerini ele alan başka bir araştırmanın bulunmaması ve ayrıca kurutma kalitesi tayininde en son standardın uygulanması nedeni ile orijinal bir araştırma niteliği taşımaktadır.

Araştırma sonuçları kereste, parke, tüfek dipçığı taslağı üreticileri için faydalı bir kaynak teşkil edecektir.

I.1. Kurutma Konusunda Genel Bilgiler

I.1.1. Kurutmanın Tanımı ve Önemi

Kurutma, ağacın malzemenin içerisinde bulunan ve kullanım amacı için uygun olmayan suyun atılması işlemidir. İdeal bir kurutmada; (1) kurutulacak ağaç malzemenin kalitesinin korunması, (2) kurutma süresinin mümkün olduğu kadar kısa olması ve (3) kurutma giderlerinin en düşük düzeyde tutulması amaçları bir bütün olarak birlikte gerçekleştirilmelidir (KANTAY

1993).

Ağaç malzemenin, kullanılacağı yerde sahip olması gereken rutubet miktarı son derece önemlidir. Kullanım yerindeki kuruluk derecesine uygun olmayan ağaç malzeme rutubet almak veya vermek suretiyle boyutlarını değiştirmektedir. Böylece ağaçtan yapılmış ürünlerde arzu edilmeyen kusurlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ağaç malzeme kullanılmadan önce kullanım yerinin gerektirdiği kuruluk derecesine kadar kurutulmalıdır.

I.1.2. Kurutmanın Faydaları

Kurutma ile ağaç malzemeye aşağıda belirtilen iyi özellikler kazandırılmaktadır.

1. İyi kurutulmuş ağaç malzeme, kuruluk derecesi korunursa çürümez.
2. İyi kurutulmuş ağaç malzeme fazla çalışmaz.
3. Odunun işlenmesinde, örneğin planyalama, frezeleme, lamba zıvana açma, delik açma, zımparalama gibi işlemlerde sıhhatli boyutlar ve daha düzgün yüzeyler elde edilir.
4. Tutkallama ve yapışma kabiliyeti artar.
5. Dış etkenlere karşı yapılan koruyucu yüzey işlemlerinde başarı oranı yükselir.
6. Odunun direnci, sertliği, çivi ve boya tutma kabiliyeti artar.

I.1.3. Kurutma Bakımından Ağaç Malzemenin Önemli Bazı Özellikleri

Kurutma esnasında ağaç malzemedeki meydana gelen fiziksel, kimyasal ve mekanik olayları daha iyi anlayabilmek ve kurutma hakkında hatasız değerlendirmeler yapabilmek için odunun kurutma bakımından önemli olan yapı ve özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

I.1.3.1. Odunun Yapısı ve Kimyasal Bileşimi

Yapraklı veya iğne yapraklı bir ağaç gövdesinin enine kesitinde esas itibariyle makroskopik olarak iki kısım göze çarpmaktadır. Bunlar kabuk ve odun kısımlarıdır. Kabuk, odun içindeki suyun buharlaşmasını engellemek suretiyle kurumunun hızını azaltmakta ve kurumayı yavaşlatmaktadır.

Genel olarak yıllık halkanın genişlemesi ile halkalı büyük traheli yapraklı ağaç odunlarında özgül ağırlık artmakta ve kuruma güçleşmekte, iğne yapraklı ağaç odunlarında ise özgül ağırlık azalmakta ve kuruma kolaylaşmaktadır. Bir odun içerisindeki yıllık halkaların genişliklerindeki düzensizlikler, kuruma esnasında dar ve geniş yıllık halkaların farklı çalışması sonucu, halka çatlakları meydana gelmektedir. Zira, bu şekildeki dar ve geniş yıllık halkaların birleşme yerinde kuruma esnasında meydana gelen gerilmelere karşı koyma direnci düşük bulunmaktadır.

Odunun enine kesiti üzerinde öze yakın odun kısımları (öz odun) ile çevreye yakın odun kısımları arasında farklılıklar vardır. Bazı istisnalar dışında genel olarak diri odun, öz oduna nazaran daha fazla su ihtiva etmektedir. Bu durum kurutulacak ağaç malzemenin başlangıç rutubetini, kurutmanın gidişini ve süresini etkilemektedir. Bu bakımdan teknik kurutmada kurutmanın gidişini kontrol amacıyla alınan örnek tahtaların seçiminde bu hususa dikkat edilmesi gerekir. Öz odun ile diri odun arasında rutubet bakımından olan bu farklar yanında anatomik ve kimyasal yapı bakımından da farklar mevcuttur. Bunlardan tül (Thyll) teşekkülâtı ve öz odun maddelerinin hücre çeper veya boşlukları içerisine yerleşmesi önemlidir. Odun içerisine öz odun maddelerinin yerleşmesi ve iletken boruların tül'lerle tıkanması su alışverişini yavaşlatmaktadır. Böylece genellikle aynı şartlar altında öz odun diri oduna nazaran daha yavaş kurumaktadır (KANTAY 1978).

Öz ışınları direnci azaltıcı, radyal yönde yarılma kabiliyetini artırıcı ve kuruma esnasında çatlamayı kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan öz ışınları radyal yöndeki su hareketini artırıcı etki yapmakta ve böylece rad-

yal yöndeki difüzyon hızı teğet yöndeki difüzyon hızına nazaran (özellikle diri odunda) daha fazladır (BOZKURT ve GÖKER 1987).

Odunda mevcut budaklar, reaksiyon odunları, lif düzensizlikleri gibi yapısal kusurlar ile imalat hataları da kurutma bakımından önemlidir. Aynı şartlar altında bu kusurları ihtiva eden ağaç malzeme normal ağaç malzemeye nazaran daha fazla çatlama ve deformasyon göstermektedir. Yapraklı ağaçlarda çekme odununda kurutma esnasında çatlama, eğilme ve burulma daha fazla görülmektedir. Kurutmada kollaps (hücre çökmeleri) oluşumuna çekme odununda daha fazla rastlanmaktadır (BERKEL 1970). Gövde odununa nazaran daha yoğun olan budaklar kurutma esnasında daha fazla çalışmaktadır. Böylece düşen budaklar odundan ayrılmakta ve kaynamış budaklar ise çatlamaktadır.

Bazen düzgün lifli gövdelerden elde edilen kerestelerde de liflerin gidişi kerestenin uzunluk eksenine paralel olmayıp bir açı teşkil edebilir. Böyle kerestelere verev (diagonal) kereste denmektedir. Diagonal kerestelerin teğet yüzeylerinde kurutma esnasında halka şeklinde çatlama ve halka ayrılmaları meydana gelmektedir (PASMUSSEN 1961).

Odunda sıvıların veya gazların hücreden hücreye iletimi veya nüfuz etmesi, ya hücre çeperlerinden ya da hücre çeperlerinde bulunan geçitlerden mürkün olabilmektedir. Böylece geçitler geçirgenliği kontrol eden dokusal yapılar olarak görülmektedir

I.1.3.2. Özgül Ağırlık ve Hacim Yoğunluk Değeri

Yoğunlukla odunun teknolojik özellikleri hakkında fikir veren özgül ağırlık kurutma bakımından da son derece önemlidir. Özgül ağırlık bir ağaç türü kerestesinin kolay veya güç kuruduğu hakkında fikir vermektedir. Genellikle özgül ağırlığın artması ile ağaç malzemenin kurutulması güçleşmektedir. Kalın çeperli ve dar lümenli ağır odunlar, ince çeperli ve geniş lümenli hafif odunlara nazaran su hareketine karşı daha büyük bir direnç göstermektedir. Böylece sık yapılı ağır odunların kurutma süresi daha uzundur. Kurutma kusuru meydana gelme tehlikesi daha fazladır. Bu nedenle ağır ve sert ağaçların

kurutulmasında daha koruyucu bir kurutma programı uygulanması gerekmektedir (KEYLWERTH 1949, JANIK 1960).

Ağaç malzemede bilimsel ve pratik bakımdan önemli diğer bir değer de hacim yoğunluk değeridir. Bilindiği gibi hacim yoğunluk değeri;

$$R = \frac{\text{Tam Kuru Ağırlık } (G_d)}{\text{Taze Halde Hacim } (V_n)} \quad (\text{Kg/m}^3)$$

formülü ile elde edilmektedir. Bu değer kurutma bakımından önemli bulunan lif doygunluğu rutubet derecesinin tayininde kullanılmaktadır.

I.1.3.3. Ağaç Malzemede Çeşitli Rutubet Halleri

Odun içerisindeki su hücre çeperi içerisinde ve hücre boşluklarında (lümenlerde) bulunabilir. Hücre boşluklarında bulunan suya serbest su, hücre çeperi içerisindeki misel'ler ve fibril'ler arasındaki boşluklarda bulunan suya ise hücre çeperine bağlı su veya higroskopik su denilmektedir.

Odunun sadece odun kitlesi ve hava içerdiği hal tam kuru rutubet halidir (% 0). Buna karşılık odunda tüm hava boşluklarının su ile dolarak odun kitlesi ve sudan ibaret olduğu hal tam yaş rutubet hali'dir (% 120 ve daha fazla).

Ağaç malzemenin sahip olduğu diğer rutubet halleri, taze hal, hava kurusu hal ve lif doygunluğu rutubet halidir.

Sağlam ve dikili halde bulunan ağaç gövdesinin rutubet hali taze hal olarak ifade edilmektedir (% 40-120).

Hava kurusu rutubet hali pratikte ağaç malzemenin doğal olarak kurutulması ile ulaşılan kuruluk derecesini ifade etmektedir (% 10-20).

Lif doygunluğu rutubet hali ise hücre lümenleri hava ile dolu olduğu halde hücre çeperi içerisinde tüm boşlukların su ile doygun durumda olması halidir ve

$$U_f = \frac{\text{Hacim Daralma Yüzdesi } (\beta_v)}{\text{Hacim Yoğunluk Değeri } (R)} \quad (\%)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Kurutulacak ağaç türünün lif doygunluğu rutubet derecesinin bilinmesi aşağıda belirtilmiş olan nedenlerle önemlidir.

1. Odunda bulunan bağlı suyu uzaklaştırırken kuruma hızını artırmak için lif doygunluğu rutubet derecesinin altına inildiği zaman, o ağaç türü için elverişli olan en yüksek sıcaklık derecesine çıkılması gerekmektedir.

2. Kurutulan malzemenin kalitesini korumak bakımından lif doygunluğu rutubet derecesine yaklaşırken dikkatli davranmak ve koruyucu kurutma şartları uygulamak gereklidir

Ağaç malzemenin su kaybetmesi ile boyutlarında meydana gelen değişimler lif doygunluğuna ulaştıktan sonra başlamaktadır. Lif doygunluğu rutubet derecesi ağaç türüne, ağaç gövdesinin çeşitli kısımlarına, odun yapısına göre çok farklı olup, % 20 ile % 40 arasında değişmektedir (BERKEL 1970, KANTAY 1976, 1978, BOZKURT ve GÖKER 1987).

Ceviz, lif doygunluğu noktası düşük (% 22-24) olan ağaç türleri grubu içinde yer almaktadır. Ayrıca taze halde ortalama rutubet miktarına göre yapılan sınıflamada rutubetli oduna sahip (200-400 kg su/m³ veya % 40-60) ağaç türleri grubunda bulunmaktadır (BOZKURT ve GÖKER 1987).

Kurutmada önemli olan diğer rutubet hali, başlangıç rutubetidir. Kusursuz ve ekonomik bir kurutma yapabilmek için rutubet bakımından büyük farklar gösteren keresteler birarada kurutulmamalıdır.

I.1.3.4. Odunda Su Alış Verişi

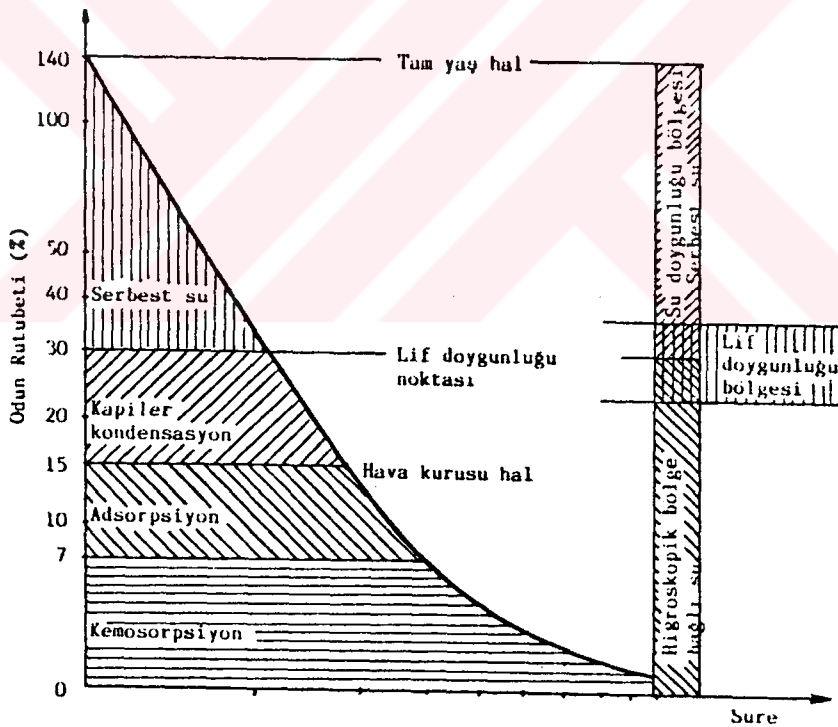
Higroskopik bir madde olan odun ile higroskopik bir ortam olan hava arasında sürekli bir nem alış verişi olmaktadır. Genel olarak Sorpsiyon adı verilen nem alış verişinde odunun havadan su alması olayına Adrospsiyon, su vermesi ve kurumaması olayına Desorpsiyon denilmektedir.

Sorpsiyon olayının başlangıcında çok düşük rutubet derecelerinde su molekülleri ile odun selüloz zincir molekülleri

arasında moleküler çekme güçleri önemli derecede rol oynamaktadır. Bu olayda su, selüloz zincir molekülleri yanlarında bulunan hidroksil (OH) gruplarına kimyasal yolla bağlanmaktadır. Serbest olan bütün hidroksil gruplarının tamamen su ile birleşerek doygun bir hale gelmesi ile sona eren Sorpsiyonun bu ilk safhasına Moleküler Sorpsiyon veya Kemosorpsiyon denilmektedir.

Moleküler sorpsiyon sona erdikten sonra odun, çok geniş olan iç yüzeyi nedeniyle atmosferden subuharı çekmeye devam eder ve birden fazla moleküler tabakalar halinde hücre çeperinin iç yüzeyi üzerine kondense ederek yerleştirir. Sorpsiyonun bu safhasına Adsorpsiyon denilmektedir.

Moleküler sorpsiyon % 0-7, Adsorpsiyon % 7-15 odun rutubet dereceleri arasında meydana gelmektedir (Şekil-1).



Şekil-1: Sorpsiyonun Çeşitli Safhaları (MULLER 1982).

Odunun % 15'in üstündeki rutubet derecelerinde ise çevredeki havanın subuharı, hücre çeperi içerisindeki submikroskopik ince borulara mevcut kapiler kuvvetler yardımı ile kondense edilerek biriktirilmektedir. Bu hale Kapiler Kondensasyon denilmektedir.

Odunda en yüksek su miktarına hücre çeperlerinin ve boşluklarının su ile dolması halinde ulaşılır. Bu hal suya daldırmak veya su ile uzun süre ıslatmak suretiyle gerçekleştirilir (BOZKURT ve GÖKER 1987, KANTAY 1993).

I.1.3.5. Denge Rutubeti

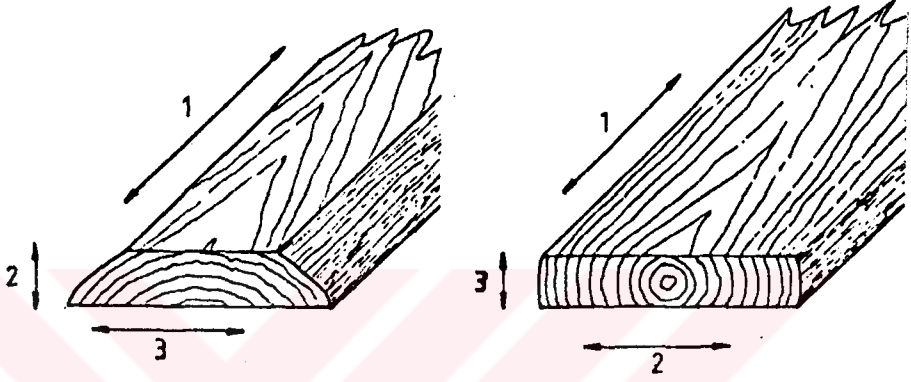
Odun rutubet bakımından kendisini bulunduğu ortama uyurabilen bir malzemedir. Tam kuru haldeki bir odun parçası nemli bir ortama bırakılırsa ortamdaki rutubet alır. Bunun aksine yaş bir odun parçası kuru bir ortama bırakılırsa rutubet kaybeder. Her iki haldede odunun belli bir kuruluğa eriştikten sonra rutubet alması veya vermesi sona erer ve bir denge meydana gelir. Ancak bu denge durumu ortamın sıcaklık ve bağıl nemi sabit tutulabildiği takdirde söz konusudur. Odunun denge durumunda sahip olduğu rutubete Denge Rutubeti adı verilir. Bu denge durumu yalnız lif doygunluğu noktasının altındaki higroskopik bölgede gerçekleşmektedir (KANTAY 1976). Öte yandan herhangi bir sıcaklık ve bağıl nem şartlarında odunda oluşan denge rutubeti miktarı, yaş halde iken kuruyan (Desorpsiyon) odunda kuru halde iken rutubet alan (Adsorpsiyon) odundan daha yüksektir (Histerez). Bu fark kurutmada uygulanan sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Buna göre başlangıçta iyice kurutulmuş olan ağaç malzeme, yaş iken kuru hale geçmiş malzemeye göre havanın aynı bağıl neminde daha az su ihtiva edecektir. Bu durum ağaç malzemenin kullanılmadan önce iyice kurutulmasının önemini göstermektedir (BOZKURT ve GÖKER 1987, KANTAY 1993).

I.1.3.6. Daralma ve Genişleme (Çalışma)

Yaş odun kuru bir ortama bırakılırsa rutubet kaybederek boyutları ve hacmi küçülür. Kuru bir odun rutubetli bir ortamda bırakılırsa ortamdaki rutubet alarak boyutları büyür ve hacmi artar. Odunun bu şekilde boyutlarını ve hacmini değiştirmesi olayına "Odunun Çalışması" denilmektedir. Çalışma olayı tam kuru hal ile lif doygunluğu noktası arasında odunun rutubet alıp-vermesi durumunda meydana gelmektedir.

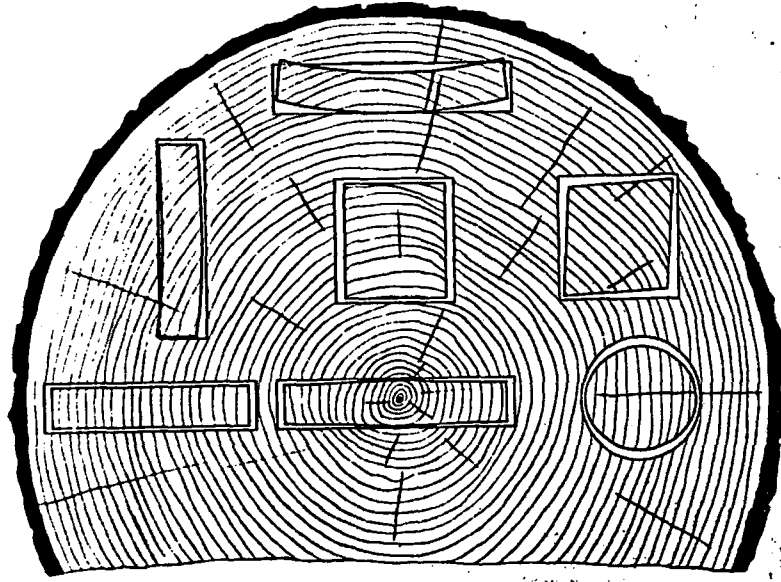
Ağaç malzemenin su alarak genişlemesi ve su kaybederek daralması; liflere paralel yani boyuna, yıllık halkalara dik yani radyal ve yıllık halkalara teğet yönlerde farklı miktarlardadır. Genel olarak her ağaç türünün daralma ve genişleme miktarı liflere paralel yönde enaz, yıllık halkalara dik yönde daha fazla, teğet yönde en fazladır. Teğet yöndeki daralma radyal yöndekinin iki misli kadardır (KANTAY 1993).

Yıllık halka durumuna göre daralma yönleri (Şekil-2) de gösterilmiştir.



Şekil-2: Yıllık Halka Durumuna Göre Teğet ve Radyal Biçilmiş Kerestede Yıllık Halkaya Göre Daralma Yönleri (1. Boyuna, 2. Radyal, 3. Teğet) (KANTAY 1993).

Ağaç malzemenin çeşitli yönlerde farklı çalışması sakıncalı özelliklerinden en önemlisidir. Değişik üç yönde farklı miktarlarda çalışması iç gerilmelere sebep olarak, çeşitli kullanım yerlerinde boyutların değişmesi, çatlama, eğilme, dönme, başlangıçta düzgün olan yüzey kenar ve profillerinin kamburlaşması gibi kusurların meydana gelmesine yol açmaktadır (Şekil-3).



Şekil-3: Bir Ağaç Gövdesi Enine Kesitinin Çeşitli Kısımlarında Biçilecek Olan Kerestenin Enine Kesitlerinde Kurutmadan Sonra Meydana Gelen Deformasyon (U.S. Forest Prod. Lab'a göre, JANIK'den).

I.1.4. Rutubet Meyli

Kurutma sırasında ağaç malzemenin önce dış kısımları kurumaktadır. Böylece iç kısımlardan dış kısımlara doğru bir rutubet düşüşü (rutubet meyli) meydana gelmektedir. Bu meyil kurutmanın iyi yönetilmesi halinde uygun şekilde olabilir. Güç kuruyan ağaçlarda iç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde % 12'yi, altında % 5'i geçmemelidir (KOLIMANN 1955).

Rutubet meyli (ΔU), iç tabakalardaki rutubet (U_i) den dış tabakalardaki rutubet (U_d) in çıkarılması ile bulunur.

U büyük olduğu zaman yüzeylere doğru olan rutubet akışı kesilir ve sertleşme meydana gelir. Böyle bir ağaç malzeme yüzeyler çok kuru, iç tabakalar ise yaşlıdır. Bunun aksine ΔU çok küçük seçilirse kuruma çok yavaşlamakta, uzun ve ekonomik olmayan bir kurutma yapılmaktadır (KANTAY 1993).

I.1.5. Kurutma Meyli

Kurutulan kerestenin kurutma esnasında herhangi bir anındaki ortalama rutubetinin (U_m) o anda kurutma ortamında mevcut sıcaklık ve bağıl nemin kerestede meydana getirebileceği ortalama denge rutubetine (U_{g1}) oranıdır. Yani kontrol anında fırın içerisinde mevcut sıcaklık ve bağıl nem sabit tutulduğu takdirde, kurutma bu şartların sağladığı belli bir denge rutubetine doğru yönelmektedir. Böylece kurutma meyli şu eşitlikle ifade edilmektedir (KEYLWERTH 1950).

$$TG = \frac{U_m}{U_{g1}}$$

TG = Kurutma meyli,

U_m = Kereste içerisinde herhangi bir kontrol anındaki ortalama yüzde rutubet miktarı,

U_{g1} = Aynı anda fırın içerisindeki sıcaklık ve bağıl nemin kereste içerisinde meydana getirebileceği denge rutubeti yüzdesidir.

Örneğin; kurutulmakta olan kerestenin herhangi bir kontrol anındaki ortalama rutubeti $U_m = \% 25$ ve o anda kurutma fırını içerisindeki havanın sıcaklığının $60^\circ C$, bağıl neminin $\% 70$ olduğu kabul edilerek bu şartlar altında kereste içerisinde meydana getirilmeye çalışılan denge rutubeti $\% 10.6$ (Tablo-1'e bakınız) olduğuna göre;

$$\text{Kurutma Meyli} = \frac{U_m}{U_{g1}} = \frac{25}{10.6} = 2.3 \text{ dür.}$$

Kurutma meyli lif doygunluğu noktasından sonuç rutubetine kadar uygulanabilmektedir. Lif doygunluğu noktasının üstünde koruyucu kurutma yapmak için sıcaklık ve bağıl nem faktörlerinden faydalanılmakta ve lif doygunluğu noktasının altında belirlenen ilk denge rutubet miktarından daha fazla bir denge rutubeti esas alınmaktadır. Lif doygunluğu noktasının altında ise kereste içerisinde belli bir denge rutubeti sağlamak mümkün olduğundan, kurutma kusurlarını önlemek ve

koruyucu bir kurutma uygulayabilmek için en iyi koruma tedbiri, kurutulacak ağaç türüne uygun bir kurutma meylinin seçilmesi, böylece kurutmanın sonuç rutubetine kadar bu kurutma meyline göre programlanması ve yönetilmesidir (KANTAY 1978).

Kurutma meyli gerektiğinden yüksek olduğu taktirde koruyucu kurutma mümkün olmamakta, iç tabakalar dış tabakalara nazaran hızlı kurumakta, sonuç olarak kurutma kusurları artmakta fakat kurutma süresi kısalmaktadır. Gerektiğinden küçük alındığında ise süre gereksiz yere uzamaktadır. O halde, en uygun kurutma meylinin seçilmesi ile aynı zamanda ekonomik bakımdan en uygun kurutma süresi ve kurutma kalitesi elde edilmiş olmaktadır (KANTAY 1978). Kaliteli bir kurutma için 30 mm'den kalın kerestelerin kurutulmasında yapraklı ağaçlar için yaklaşık 1.5, iğne yapraklı ağaçlar için 2 kurutma meyli değerleri tavsiye edilmektedir. Buna karşılık, koruyucu olmayan şiddetli ve kurutma bakımından yüksek bir kurutma kalitesi isteginde bulunulmayan hallerde veya 30 mm den daha ince kerestelerin kurutulmasında, yapraklı ağaçlar için yaklaşık olarak 2.0-3.0, iğne yapraklı ağaçlar için ise, yaklaşık olarak 3.0-4.0 kurutma meyli değerleri tavsiye edilmektedir (KEYLWERTH 1950).

I.1.6. Kurutmayı Etkileyen Dış Faktörler

I.1.6.1. Havanın Sıcaklığı

Hava sıcaklığının artması ağaç malzeme içerisindeki suyun hareket hızını artırmaktadır. Çünkü, sıcaklığın artması ile suyun viskozitesi arttığı gibi odun maddesinde de gevşeme meydana gelerek iç tabakalardan dış tabakalara doğru olan su hareketi hızlanmakta ve böylece kurutma süresi önemli ölçüde kısalmaktadır.

Sıcaklık faktörü aynı zamanda kaliteyi de etkilemektedir. Yüksek sıcaklık dereceleri odunda renk değişimleri, hücre çökmeleri, çatlakların teşekkülü ve reçine sızması gibi kurutma kusurlarının meydana gelmesine sebebiyet vermekte ve böylece kerestenin kalitesi düşmektedir.

Teknik kurutmada uygulanacak sıcaklığın belirlenmesinde ağaç türü, özgül ağırlık, kerestenin rutubet miktarı ve kalınlığı etkili olmaktadır. Özgül ağırlığı yüksek, kalın kerestenin kurutulmasında düşük sıcaklıkların uygulanması gerekmektedir.

I.1.6.2. Havanın Bağıl Nemi

Bağıl nem, belli sıcaklıktaki bir birim hava kütlesinin ihtiva ettiği subuharı miktarının aynı hava kütlesinin aynı sıcaklıkta içerisinde alabileceği en yüksek subuharı miktarına oranıdır.

Kereste, içerisinde belli oranda subuharı bulunan nemli hava ile kurutulmaktadır. Bağıl nem havanın nemlilik durumunu göstermektedir. Örneğin bağıl nemin % 30 olması havanın kuru, % 90 olması havanın nemli olduğunu ifade etmektedir.

Teknik kurutmada, kurutma fırını havası içerisinde belli bağıl nemin bulunması koruyucu bir kurutmanın uygulanması bakımından önemli bulunmaktadır. Meydana gelecek kusurlara engel olunması ve iç tabakalardan dış tabakalara doğru uygun bir rutubet düşüşünün ve devamlı rutubet akışının meydana gelmesi için, kurutmanın her safhasında yeterli yükseklikte bağıl nemin sağlanmasına ihtiyaç vardır.

I.1.6.3. Hava Hareketi

Gerek doğal kurutmada gerekse teknik kurutmada hava hareketinin iki önemli ödevi vardır.

1. Hava ısı taşıyıcı olarak, ısıyı kurutulan ağaç malzemeye iletir, böylece iç tabakalardan dış tabakalara doğru olan su hareketini ve dış tabakalardan buharlaşmayı hızlandırır.

2. Hava rutubet taşıyıcı olarak, kurutulan ağaç malzeme dışarıya çıkan ve buharlaşarak kerestenin yüzeyinde biriken nemi alıp uzaklaştırır ve bunun yerine nem alma kabiliyeti yüksek bir havanın gelmesini sağlar.

Esas itibariyle teknik kurutmada, kurutmanın süresi ve

kalitesi hava hareket hızının istif çevresinde ve istif katları arasındaki dağılışı düzenine bağlı bulunmaktadır.

Hava hareket hızının artması ile ısıнын yayılması, ağaç mülzemenin yüzeylerinde biriken subuharının taşınması ve yerine subuharı alma yeteneği yüksek olan havanın getirilmesi hızlanarak kereste içerisindeki suyun buharlaşma hızı artmaktadır. Böylece kurutma hızlanmakta ve kurutma süresi kısılmakta, buna karşılık yüzeylerde meydana gelen buharlaşma hızı da artmakta ve dış tabakalar iç tabakalara nazaran daha çabuk kuruyarak, iç tabakalardan dış tabakalara doğru olan su akışındaki düzen bozulmaktadır.

Hava hareket hızının düşük olması halinde ise, kerestenin yüzeyinde biriken subuharı zamanında uzaklaştırılamamakta ve böylece kerestede iç tabakalardan dış tabakalara doğru olan su hareketi engellenmektedir. Bu durumda kereste yüzeylerinde ıslaklık meydana gelmektedir. Elde edilen faydalar ve yapılan masraflar karşılaştırıldığında, en uygun hava hareket hızının sınırları ağaç türü ve kereste kalınlığına göre yaklaşık olarak 2-4 m/s arasında olmalıdır (FESSEL 1965).

I.1.7. Kurutma Programları

Kurutma programları, teknik kurutmada kabul edilebilirlik sınırlarını aşan kurutma kusurlarına meydan vermeden, en kısa sürede, koruyucu ve kaliteli bir kurutma yapmak için, başlangıç rutubetinden sonuç rutubetine doğru, kerestenin çeşitli rutubet basamaklarında uygulanabilecek kurutma şartlarının, yani kurutma fırını havasının sıcaklık ve bağıl neminin ve bunlara bağlı olarak değişen denge rutubetinin nasıl düzenleneceğini göstermektedir.

Kurutma programları genel olarak, kereste rutubetine (rutubet esaslı programlar) veya kurutma zamanına (zaman esaslı programlar) bağlı olarak düzenlenmektedir. Burada denge rutubeti, bağıl nem, yaş ve kuru termometre sıcaklık dereceleri arasındaki fark (psikrometrik fark) gibi esasında yaş ve kuru termometre sıcaklık dereceleri yardımı ile tespit edilebilen faktörler yer almaktadır.

Bu çalışmada uygulanan kurutma programlarının hazırlanmasında Tablo-1'den faydalanılmıştır.

Tablo-1: Kuru Termometre Sıcaklık Derecesi İle Kuru ve Yaş Termometre Sıcaklık Dereceleri Arasındaki Farka (Psikrometrik fark) Göre Kurutma Fırını İçerisindeki Havanın Bağıl Nem Yüzdesi ve Kereste İçerisinde Oluşan Higroskopik Denge Rutubeti(KANTAY 1978).

		Kuru termometre sıcaklık derecesi																
		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	12.9	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	36
		82	86	87	88	89	90	90	90	91	92	92	92	93	94	94	95	
	3	14.2	15.4	15.8	16.0	15.9	15.8	15.8	15.3	15.0	14.7	14.4	14.1	13.8	13.0	13.2	13.0	5.4
		73	79	80	82	83	86	85	86	87	88	88	89	89	89	90	90	
	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
		68	73	75	77	78	80	80	82	83	83	84	84	84	86	86	87	
	5	10.8	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
		60	67	70	73	74	75	77	77	78	79	79	80	81	82	83	83	
	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	10.8
		51	60	64	67	69	71	73	74	75	76	76	77	77	78	79	80	81
	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
		45	55	59	63	64	66	68	70	71	73	73	74	74	75	77	78	79
	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
		38	50	54	58	60	63	64	66	66	68	69	71	72	72	73	74	75
	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
		30	45	49	53	55	58	60	63	64	65	65	67	69	69	70	72	73
	10	5.0	7.2	7.7	8.2	8.5	8.6	8.7	8.7	8.5	8.5	8.3	8.2	8.0	7.9	7.7	7.5	7.5
		25	40	45	48	52	54	57	58	60	62	63	65	66	67	68	68	70
	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
		18	35	40	44	47	50	54	55	57	58	58	62	63	64	65	66	67
	12	2.9	5.8	6.5	7.0	7.4	7.5	7.6	7.7	7.5	7.5	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.7	6.7
		12	30	37	40	44	46	50	53	54	55	55	59	60	62	63	63	64
	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
		5	25	33	36	40	43	46	49	51	53	53	56	57	58	60	61	62
	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
			20	27	33	36	40	43	46	48	50	50	53	55	56	58	58	60
	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
			16	24	29	33	37	40	44	45	47	47	51	53	54	55	56	58
	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
			12	20	26	30	34	38	40	43	45	46	49	50	52	53	53	55
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	
		5	13	19	24	28	32	36	37	39	39	43	45	47	49	49	51	
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	
				13	19	24	27	30	32	35	35	39	41	43	43	46	47	
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	
				8	13	18	23	25	28	31	33	35	37	38	40	42	43	
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	
						13	18	22	24	27	27	32	33	34	36	38	39	
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	
						9	13	18	21	23	26	28	30	32	33	35	37	
28	Denge rutubeti (%)	19	2.2	2.6	2.9	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	
	Bağıl nem (%)	5	9	13	17	20	23	26	27	28	30	32	33	33	33	33	33	
30						1.5	2.1	2.4	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
						6	10	13	18	20	23	23	26	27	28	31		
		68.0	86.0	95.0	106.0	113.0	122.0	131.0	140.0	149.0	158.0	167.0	176.0	185.0	194.0	203.0	212.0	
																	$F^{\circ} = 1.8.C^{\circ} + 32$	

Ayrıca kurutma fırını tipi, hava hareket hızı, kullanılan buharın basıncı, ağaç türü, kereste kalınlığı da bu programlarda belirtilmektedir. Bu araştırmada verilen kurutma programları rutubet esasına göre hazırlanmıştır.

Kuru veya yaş termometre sıcaklık derecesi ile kuru ve yaş termometre sıcaklık dereceleri arasındaki farka göre kurutma fırını içerisindeki havanın bağıl nemini ve denge rutubetini gösteren tablolar pratikte kurutma programlarının uygulanmasında çok yararlı ve kullanışlı olmaktadır.

I.1.8. Kurutma Esnasında Meydana Gelen Kusurlar ve Bu Kusurları Önleyici Bazı Tedbirler

Teknik kurutmada meydana gelen en önemli kusurlar; Çatlaklar, kabuklaşma (dış sertleşme), şekil değişimleri, hücre çökmeleri ve renk değişimleridir.

Bunlar ağaç malzemenin doğal yapısı ve özelliklerinin sonucu olarak meydana gelmektedir. Bu yüzden belli sınırlara kadar normal görülmekte ve kusur olarak kabul edilmemektedir. Çeşitli literatürde, kurutma esnasında kurutma kusurları nedeni ile meydana gelen değer kaybının % 3-5'i aşmayacağı belirtilmektedir (JANIK 1960, KOLLMANN 1955).

I.1.8.1. Çatlaklar

Bunlar yüzey çatlakları (kılcal çatlaklar), enine kesit çatlakları (uç çatlakları), öz çatlakları ve iç çatlaklarıdır. Bu çatlakların meydana gelmesinde en önemli sebep kerestenin iç ve dış tabakaları arasındaki rutubet farkları ve odunun liflere paralel, radyal ve yıllık halkalara teğet olmak üzere üç değişik yönde farklı çalışmasıdır.

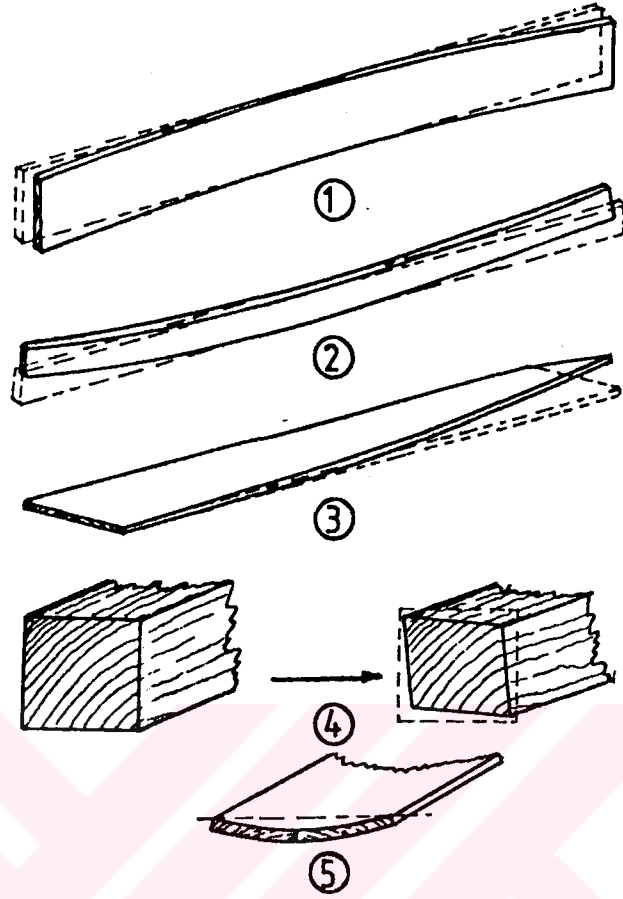
I.1.8.2. Kabuklaşma (dış sertleşme)

Yüksek başlangıç rutubetine sahip kereste, şiddetli kurutma şartları uygulamak sureti ile kurutulacak olursa, yüzeye yakın dış tabakaları çok hızlı bir şekilde rutubetini kaybederek iç tabakalardan dış tabakalara doğru kısa sürede

büyük bir rutubet meylî olmaktadır. Dış tabakalar lif doygunluğu rutubet derecesine erişmiş olmasına ve bu kısımlarda daralma başlamasına rağmen, henüz yaş vaziyette bulunan, hacmini değiştirmeyen iç kısımlar dış tabakaların bu daralmasına karşı koymaktadır. Böylece dış odun tabakalarında liflere dik yönde çekme gerilmeleri meydana gelmektedir. Bu durumda iç kısımlar basınç gerilmeleri altındadır. Çekme gerilmeleri odunun liflere dik çekme direncini aşarsa, kerestede yüzey ve enine kesit çatlakları meydana gelmektedir. Eğer bu şekilde kurutmaya devam edilirse iç tabakalarda lif doygunluğu rutubet derecesine erişerek yavaş yavaş daralmaya başlayacaktır. Sonraki aşamada dış kısımların sertleşmesi, iç tabakaların daralmasının normal olmayışı iç tabakalarda çekme, dış tabakalarda basınç oluşturur. Sonuçta yüzey çatlakları kapanır, fakat iç çatlakları meydana gelir. Bu tehlikeden kaçınmak için dış odun tabakaları ile orta tabakalar arasındaki rutubet farkının % 5 den büyük olmaması gerektiği belirtilmektedir (KOLLMANN 1955).

I.1.8.3. Şekil Değişmeleri

Şekil değişmeleri; Oluklaşma, eğilme, kılıcına eğilme, burulma ve mainleşme olarak isimlendirilir (Şekil-4). Genel olarak bunların sebepleri odunun doğal özellikleri ve kuruma esnasında hüküm süren iklim şartlarıdır. Aynı kereste içerisinde özgül ağırlık, rutubet, dokusal yapı, asli ve tali bileşimler bakımından farklılıklar vardır. Şekil değişmelerinin miktarı ve şekli, ağaç türüne ve malzemenin boyutlarına, doğal kusurlara ve imalat hatalarına, malzemenin biçilme şekline ve gövde enine kesitinde alındığı yere, istiflemeye gösterilen özene ve kurutma şartlarına bağlı bulunmaktadır.



Şekil-4: Kerestede Kurutma Esnasında Meydana Gelen Şekil Değişimleri. 1. Eğilme, 2. Kılıcına Eğilme, 3. Burulma, 4. Mainleşme, 5. Oluklaşma.

I.1.8.4. Hücre Çökmeleri (Kollaps)

Ağaç malzemedeki hücre lümenleri su ile dolu iken, hücre çeperi kapillerleri yeter derecede küçük olduğu takdirde, kurutma esnasında bu kapillerlerin uçlarındaki konkav su yüzeylerinde yüzey gerilmeleri meydana gelmekte ve bu gerilmeler hücre çeperini plastik bir deformasyona uğratmaktadır. Bu deformasyon neticesinde hücre çökmeleri, hatta hücre yarılmaları meydana gelmektedir (KEYLWERTH 1951). Bu oluşumda sıcaklık, ağaç malzemenin rutubeti ve boyutları, ağaç türü ve ağaç türünün anatomik özellikleri etkili olmaktadır. Önüne geçilmesi için kereste rutubeti lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde iken kurutma sıcaklığının 60 °C'nin altında tutulması gerekmektedir (KAUMANN 1964).

I.1.8.5. Renk Değişmeleri

Şiddetli kurutma şartları altında, odunun esas bileşiklerinden olan lignin ve odun polyoslarında meydana gelen bazı kimyasal değişmeler nedeni ile odunun rengi koyulaşmaktadır. Diğer taraftan odunun yan bileşiklerinin (tanen ve renkli maddeler) oksidasyonu renk değişmelerinin diğer bir nedenidir (KOLLMANN 1955).

Bu çalışmada, kurutma denemelerinde buharlanmış keresteler kullanıldığı için bu kusur dikkate alınmamıştır.

I.2. Araştırmaya Konu Olan Ağaç Türü ile İlgili Genel Bilgiler

Kurutma özelliklerinin kurutmaya konu olan ağaç türünün anatomik, fiziksel ve mekanik özellikleri ile doğrudan doğruya ilgili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle burada önce cevizin bu özellikleri ile ilgili genel bilgiler verilmesi uygun bulunmuştur.

Cevizler, Juglandaceae familyasında, 6 veya 7 cins ve bu cinslerin 60 kadar türü ile temsil edilmektedir. Kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde geniş yayılım gösterirler. Birkaç taksonu da hem kuzey, hem de güney yarımküresinin tropik ormanlarında yer alırlar.

Cevizler, günümüzde ancak 15-20 kadar türü ile Kuzey ve Güney Amerika, Güney Avrupa, Ön Asya, İran, Kafkasya, Güney ve Doğu Asya ormanlarında doğal olarak bulunur.

Kışın yaprağını döken ağaçlardır ve maksimum 30 m boy, yaklaşık 2 m çap yaparlar. Ortalama yaşları 400 yıldır (YALTIK 1988, BOZKURT 1992).

Juglandaceae familyasında yer alan bazı ceviz türleri; botanik adları, ticari adları ve yayılışları bakımından aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Tablo-2).

Tablo-2: Bazı Ceviz Türlerinin Ticari Adları ve Yayılışları
(HANIBU 1958, BOZKURT ve ERDİN 1989).

Botanik Adı	Ticari Adları	Yayılışları
<u>Juglans regia</u> L.	Europen Walnut (ing) Gemeiner Walnussbaum, Nussbaum (F. Alm.), Noyer Commum (Fr.) Adi Ceviz (Tr.)	Avrupa, Türkiye, Güneybatı Asya (Hindistan, Burma, Japonya)
<u>Juglans nigra</u> L.	American Walnut, Black Walnut (ABD, İng.), Karaceviz, Amerikan cevizi (Tr.), Amerikan ischer Nussbaum, Schwarze Walnuss (F. Alm.), Noyernoir(Fr.)	Kuzey Amerika, Amerika Birleşik Devletlerinin kuzeydoğu, güneydoğu, merkezi ve Kanada
<u>Juglans rupertis</u> Engelmann	Felsennuss (F. Alm.)	Kuzey Amerika
<u>Juglans cinerea</u> L.	Butternuss (F. Alm.)	Kuzey Amerika
<u>Juglans sieboldiana</u> Maxim.	Siebolds-Walnussbaum	Japonya
<u>Juglans mandshurica</u> Maxim.	Mausch Walnuss Japon cevizi (Tr.)	Mançurya, Kore

Tablo-2'de adı geçen ceviz türlerinden dünya ticaretinde önemli oranda yer alan türler Juglans regia L. (Adi ceviz) ve Juglans nigra L. (Kara ceviz) dir.

Her ne kadar araştırma konusu ağac türü Juglans regia ise de dünya'da çok fazla miktarda bulunması ve üzerinde kurutma konusunda birçok çalışma yapılması nedeniyle burada önce J. nigra, sonra J. regia hakkında bilgi verilecektir.

I.2.1. Juglans nigra L. (Kara ceviz)

I.2.1.1. Genel Özellikleri

Kuzey Amerika'nın doğusundaki yapraklı ormanlarda yetişen ceviz türlerinin en değerlisi J. nigra'dır. Genellikle 25-35 m boy ve 60-90 cm çap yaparlarsa da, 50 m boy, 2m çap yapabilen fertlerine de rastlanmaktadır. Derine kadar giden yaygın bir kök sistemine sahiptirler. Büyümesi çabuktur, 35 yılda 30 cm çapa ulaşabilmektedir. Kış soğuklarına karşı dayanıklıdır. Geç donlardan etkilenmez. Odunu J. regia odunundan daha değerlidir. Doğal yayılış alanlarında büyük saf meşcereleri yoktur. Yuvarlak tepeli kıymetli bir park ağacıdır (KAYACIK 1977, YALTIRIK 1988, GÖKMEN 1973).

ÇEPEL (1988)'e göre J. nigra bol ışığı, güneşli yerleri seven ve sıcaklık istekleri yüksek olan ağaç türleri grubunda yer almaktadır.

I.2.1.2. Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri

Odunu yeknesak ve muntazam şeritli bir hal göstermektedir. Renk bakımından nispeten yeknesaktır (BERKEL 1956).

J. nigra'da diri odun 2.5-8.0 cm genişlikte olup, beyaz ile sarımsı kahverengindedir. Öz odun ise açık kahverengi ile çukolata veya morumsu kahverengidir. Tekstür oldukça kaba, lifler çoğunlukla düzgün, zaman zaman dalgalı ve urlu görünüştedir. Renk bakımından J. regia'dan daha yeknesaktır. İğne çizikli görünüş J. regia'dan daha kaba yapıda ve çok dekora-tiftir. Yıllık halkalar belirgin, ilkbahar odunu traheleri çıplak gözle görülebilmektedir.

Traheler; yarı halkalı, tek tek, ikisi birarada, bazen radyal sıralıdır. İlkbahar odunundan yaz odununa doğru trahelerin büyüklüğü giderek azalmaktadır. İlkbahar odunu trahelerin çapları 150-250µ iken yaz odunu trahelerinin çapları 80µ na kadar düşmektedir. 1 mm² de 6-14 adet trahe bulunmaktadır. Çoğunlukla tüllerle dolu olup, enine kesitteki oranı % 18'dir.

Boyuna paransimler; apotraheal dağınık ve 1 hücre geniş-

liğinde teğet sıralı, paratraheal kümeli ve halkalı olup, çoğunlukla kristaller mevcuttur.

Öz ışınları; genellikle homojen, bazen de heterojen bir yapı göstermektedir. Yüksekliği 3-25, genişliği 1-5 hücredir. Teğet kesitte 1 mm de 8-13 adet yer alır.

Lifler; lif traheidlerinden oluşur. Uzunlukları 1100-1850 μ dur (BOZKURT ve ERDİN 1989).

I.2.1.3. Fiziksel Özellikleri

Özgül Ağırlık:

Tam kuru (D_0)	: 0.56	gr/cm ²
Hava kurusu (D_{12})	: 0.61	gr/cm ²
Taze halde ağırlığı (W_T)	: 900-950	kg/m ³
Taze halde ortalama rutubet (U)		
Öz odun	: 90	%
Diri odun	: 73	%
Taze halden tam kuru hale geçişte daralma;		
Boyuna (β_l)	: 0.4	%
Radyal (β_r)	: 4.8...5.2	%
Teğet (β_t)	: 7.1...7.7	%
Hacim (β_v)	: 12.0...13.3	%

(BERKEL 1970, BOZKURT ve GÖKER 1987, BOZKURT ve ERDİN 1989)

I.2.1.4. İşlenme Özellikleri

El aletleri ve makinalarla güçlük çıkarmadan işlenebilir. Aletleri orta derecede körleştirme etkisi vardır. Kesilebilir, soyulabilir. Çivi tutma kabiliyeti iyidir. Kenk verilebilir. Alkali esaslı tutkallar lekelerine neden olabilir. Çok iyi cila kabul eder. Astıma neden olabilir (BOZKURT ve ERDİN 1989).

I.2.1.5. Dayanıklılık

Diri odun Lyctus'lara karşı hassas, öz odun çok dayanıklıdır. PANSIN ve ZEEUW (1980)'e göre orta şartlardaki çürüme-

ye göre dayanıklı veya çok dayanıklı ağaç türleri grubuna dahil edilmiştir.

J. nigra, kollaps teşekkül etmesi muhtemel ağaç türleri grubunda yer almaktadır (BOZKURT ve GÖKER 1987).

I.2.1.6. Kullanış Yerleri

A.B.D'de en fazla tüfek dipçiği ve kundakları yapımında kullanılmaktadır. Başkaca, geniş çapta yüksek kaliteli kaplama levha, masif mobilya, küçük gemi, müzik aletleri, saat kutuları yapımı, tornacılık ve oymacılıkta kullanılmaktadır. Özellikle, kısmen kök ve urlu kütük kısımlarını içine alan tomruklar, dekoratif kaplama levhaları üretiminde kullanılmaktadır (BOZKURT ve ERDİN 1989).

I.2.2. Juglans regia L. (Adi ceviz)

I.2.2.1. Genel Özellikleri

J. regia 25(-30) m'ye kadar boyolanabilen, geniş tepeli bir ağaçtır. Kabuk önceleri düzgün ise de sonraları kalınlaşır ve derin yarıklar görülür (Resim-1). Yaşlı ağaçlarda göğüs çapı 1.5 (2.5) m'ye kadar ulaşır (KAYACIK 1977, YALTIRIK 1988, GÖKMEN 1973).

Kök kuruluşu kuvvetlidir. Kazık kök derinlere kadar gider. Derin, besince zengin toprakları sever, ışık isteği fazladır. İklim bakımından ılıman bölgeleri sever (GÖKMEN 1973, ÇEPEL 1988).

J. regia, çoğunlukla dağınık olarak, bazen de küçük meşcereler halinde saf ya da bazı yapraklı ağaçlarla karışık olarak bulunur.

J. regia'nın ülkemizdeki doğal yayılış alanı Kuzeydoğu ve Doğu Anadolu bölgeleri olmakla birlikte esasında bütün Türkiye'de meyvesi için yetiştirilmektedir.

Ülkemiz dışında; Balkanlar, Lübnan, Kafkasya, Kuzey Irak, İran, Afganistan, Orta Asya'dan Çin'in doğusunda kalan bölge-

lerinde olmak üzere geniş bir yayılış göstermektedir (DAVIS 1982).



Resim-1: Ceviz Tomrukları (Foto.: ÜNSAL).

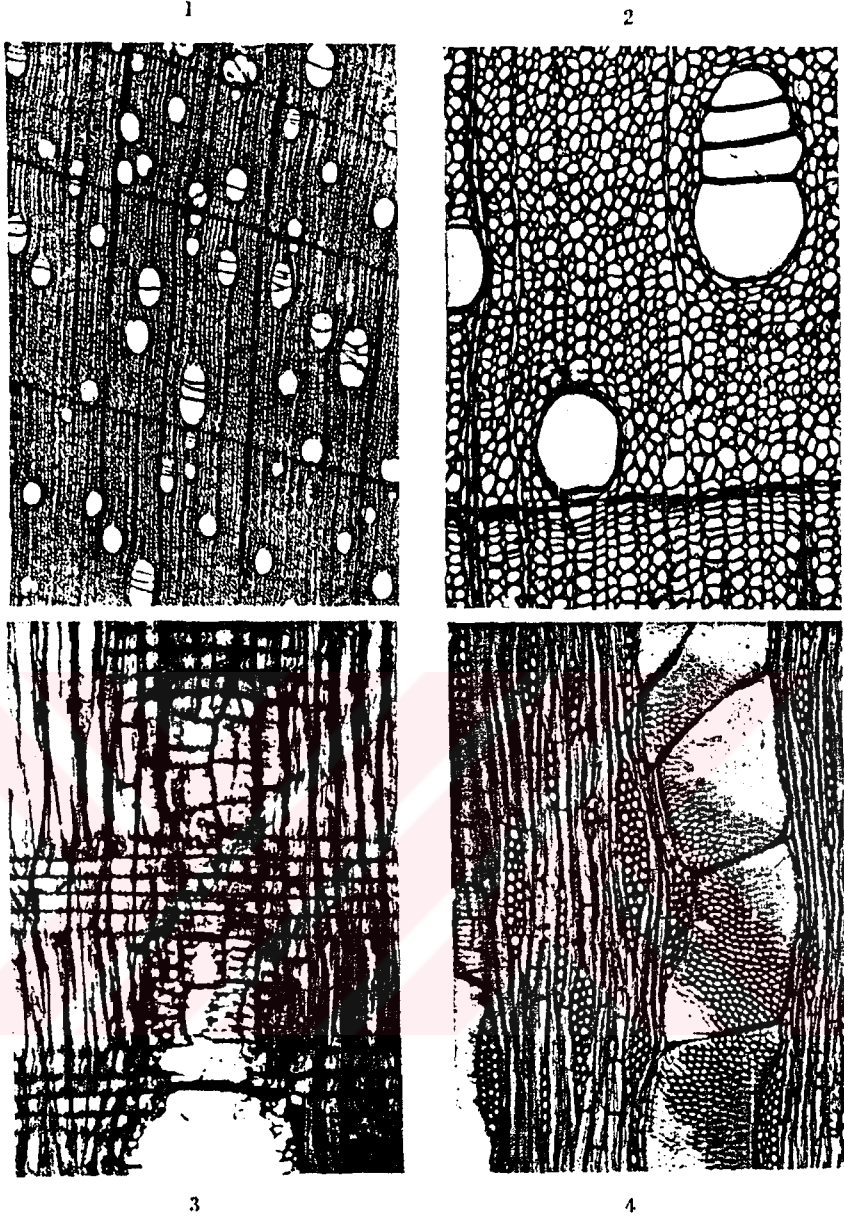
I.2.2.2. Makroskopik ve Mikroskopik Özellikleri

J. regia renk yeknesaklığı olmayan, fertleri arasında bile büyük renk farklılıkları gösteren bir oduna sahiptir. Öz odunu açık renkli, sarımsı, kül rengi, kırmızımsı kahverengi, siyaha yakın koyu kahverengi olabilmekte ve bu renk üzerinde ise koyu renkli şeritler düzensiz bir halde, muntazam olmayan şekiller meydana getirmektedir. Diri odun oldukça geniş, kül rengimsi beyazdır. Ağacın rengi kesimden sonra koyulaşır (BERKEL 1956).

J. regia'nın yetiştirme yerine bağlı olarak kendine özgü karakteristik renkleri mevcuttur. Örneğin, İtalyada yetişen ceviz koyu çizgili bir renge sahip iken, Fransız cevizi daha soluk ve kurşuni bir renge sahiptir (KUKACHKA 1962).

J. regia'da tekstür oldukça kaba, lifler düzgün ve dalgalı, iğne çizikli ve çok dekoratiftir. Yıllık halka sınırları ve traheler çıplak gözle, öz ışınları ve boyuna paransim

hücreleri ise lup altında görülebilir (Resim-2).



Resim-2: *J. regia*'nın Enine (1, 2), Radyal (3) ve Teğet (4) Kesit Görünüşü (GREGUSS 1945).

Traheler; yarı halkalı, tek tek veya kısa radyal sıralı 3-4 adet, ilkbahar odunundan yaz odununa doğru büyüklükleri giderek azalmaktadır. İlkbahar odununda 200μ , yaz odununda 60μ çapta, 1 mm^2 'de 5-10 adet tek tek olan traheler ilkbahar odununda oval, yaz odununda yuvarlaktır. Enine kesitte % 12 oranında bulunurlar.

Boyuna paranzimler; apotraheal dağınık, teğet sıralı (1 hücre genişliğinde), paratraheal kümeli ve sınır paranzim-

leri halindedir.

Öz ışınları; homojen, 20-40 hücre yüksekliğinde, 1-5 çoğunlukla 4 hücre genişliğindedir. Teğet kesitte 1 mm uzunluk içerisinde 6-8 adettir.

Lifler; çoğunlukla lif traheidlerinden, az miktarda libriform liflerinden oluşurlar. Uzunlukları 1000-2000 dur. (HANIBU 1958, WAGENFÜHR 1966).

I.2.2.3. Fiziksel Özellikleri

Özgül ağırlık;

Tam Kuru (D_0)	: 0.45...0.64...0.75	gr/cm ³
Hava Kurusu (D_{12})	: 0.68	gr/cm ³
Taze Haldeki Ağırlığı (W_r)	: 900-1000	kg/m ³
Taze Halden Tam Kuru Hale Geçişte Daralma :		

Boyuna (β_L)	: 0.5	%
Radyal (β_r)	: 5.4	%
Teğet (β_t)	: 7.5	%
Hacim (β_v)	: 13.4	%

(BERKEL 1970, BOZKURT ve ERDİN 1989, BOZKURT 1992).

CIVIDINI (1982)'ye göre *J. regia*'nın 20 C sıcaklık ve % 60 bağıl nemde denge rutubeti % 11.5, aynı sıcaklıkta ve % 90 bağıl nemde denge rutubeti % 18.5'tir.

I.2.2.4. İşlenme Özellikleri

El aletleri ve makinalarla kolay ve iyi bir şekilde işlenir. Düzgün yüzeyler elde edilir. Kesicilere karşı orta derecede körleştirme etkisi vardır. Kesilebilir, soyulabilir. Çivilenme ve vidalanması iyidir. Orta derecede iyi yapıştırılır, çok iyi renk verilebilir ve çok iyi cila kabul eder(BOZKURT ve ERDİN 1989).

I.2.2.5. Dayanıklılığı

Diri odun *Lyctus* ve *Anobium*'lara karşı hassastır. Öz odun orta derecede dayanıklıdır.

Dayanma sürelerine göre sınıflamada çok dayanıklı ağaç türleri grubuna dahil edilmiştir(BERKEL,1972). Doğal dayanıklılık sınıflamasında ise yüksek derecede ağaç türleri grubunda yer almıştır (SELİK, 1988).

I.2.2.6. Kullanış Yerleri

Daha önceleri en çok kaplama endüstrisinde ve masif mobilya yapımında kullanılırken bugün daha çok parke endüstrisinde, tüfek kundağı ve dipçiği yapımında kullanılmaktadır

1.3. Literatür Özeti

Konu ile ilgili literatür taraması sonucunda daha çok J. nigra'nın kurutulması konusunda çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Bunlar aşağıda kısa olarak özetlenmiştir.

McMILLEN(1951)'in " Kara cevizden imal edilen tüfek kundağı taslakları, iç çatlaklarına meydan vermeden nasıl kurutulabilir ? " adlı araştırmasında 6.5 cm kalınlığında tüfek kundağı taslakları için uygun kurutma programı verilmiştir (Tablo-3). Bu programda % 50'nin üstündeki başlangıç rutubetinden % 7 sonuç rutubetine kadar kurutmada, başlangıç sıcaklığı 43 °C, sonuç sıcaklığı 70 °C alınmıştır. Yaş termometre sıcaklıkları ise başlangıçta 40 °C, kurutma sonunda 43 °C alınmıştır. Kurutmanın başlangıcında % 78 lik bir bağıl nem uygulanmıştır. Kurutma periyodu sonunda bağıl nem % 21'e kadar düşürülmüştür. Denkleştirme ve kondisyonlama periyotları sonunda ise tekrar % 77 ye çıkarılmıştır. Bu program ile 6.5 cm kalınlıktaki ceviz tüfek kundağı taslaklarının yaklaşık olarak 65 günde kurutulabildiği belirtilmektedir.

Tablo-3: J. nigra'dan İmal Edilen Tüfek Kundağı Taslaklarının Kurutma Programı (McMILLEN 1951).

Rutubet Kademeleri	Kuru Termometre °C	Yaş Termometre °C	Bağıl Nem (%)
% 50 ye kadar	43	39.5	78
50-40	43	38	78
40-35	43	35	57
35-30	43	29.5	36
30-25	50	26.5	17
25-20	55	26.5	10
20-15	60	32	14
15-7	71	43	21
Denkleştirme	71	55	44
Kondisyonlama (36-48 saat)	71	65	77

RASMUSSEN (1951) de J. nigra için taze halde daralma yüzdeleri, yine taze halde öz odun, diri odun ortalama rutubet miktarları ve farklı başlangıç rutubetleri için yaklaşık kurutma süreleri verilmiştir. Buna göre öz odun % 90, diri odun % 73 rutubet içermektedir. 2.5 cm kalınlıktaki J. nigra kerestesinin % 20 den % 6 ya kadar kurutulması için, denkleştirme periyodu uygulanmadan bulunan süre yaklaşık olarak 5-8 gün, taze halden % 6 ya kadar kurutmada ise 10-16 gün olarak bulunmuştur.

SMITH ve TORGESON (1951)'de de Tüfek kundağı taslaklarının kurutulmasında uygulanabilecek kurutma programının içeriği ve kurutma ile ilgili öneri ve önlemler ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Önerilen kurutma programı Tablo-4'de verilmiştir. Araştırmada ön buharlama sıcaklığının artmasıyla direncin azaldığı belirtilmiştir. 90 °C de buharlanmış *J. nigra*'da direnç azalması % 6 ile % 18 rutubet miktarları arasında söz konusu olmaktadır.

Aynı araştırmada kurutma esnasında kesinlikle enine kesitlerin korunması gerektiği belirtilmektedir. Kurutma şartları bakımından ise; Başlangıç sıcaklığının 50-55 °C, başlangıçta uygulanacak bağıl nemin % 75-78 olmasının uygun olacağı vurgulanmıştır. Kereste rutubeti lif doygunluğunun altına inmeden sıcaklığın 55 °C nin üzerine çıkarılmaması tavsiye edilmektedir. Kurutma sonunda kereste rutubeti % 15 e ulaştıktan sonra uygulanan 75 °C sıcaklık koruyucu bulunmuştur. Bu durumda % 25-30 luk bağıl nemin uygun olduğu belirtilmektedir. Araştırmaya göre bunun üzerindeki bağıl nem miktarları kurutma periyodu süresini uzatmaktadır. Daha düşük bağıl nemlerde ise aşırı daralmalar söz konusu olmaktadır.

Tablo-4: *J. nigra*'dan İmal Edilen Tüfek Kundağı Taslaklarının Kurutulması İçin Önerilen Kurutma Programı (SMITH ve TORGESON 1951).

Sıcaklık Gidişi		Bağıl Nem Gidişi	
Rutubet Kademeleri(%)	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Kurutma Süreleri (Gün)	Bağıl Nem (%)
% 35'e kadar	50	1'ci ve 2'ci	77
35	52	3'üncü ve 4'üncü	74
30	55	5 ve 6	70
25	60	7 ve 8	65
20	65	9	60
15 ve sonuç Rutubeti	75	10	50
		11	40
		12 ve son	30 ve daha az

Aynı araştırmaya göre, denkleştirme periyodunun, 75 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem şartları altında 24 saat süreyle uygulanması halinde kurutma gerilmeleri önemli oranda önlenmektedir.

Sonuç bölümünde herşeyden önce uç çatlaklarına meydan vermemek için enine kesitlerin korunması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca 24 saat süreyle uygulanan denkleştirme periyodunda kabuklaşma kusurunu ortadan kaldırmak için, kurutma periyodu sonunda uygulanan sıcaklığın sabit kalması, denge rutubetinin ise ağaç malzemenin sonuç rutubetinin % 2 üzerinde olması gerektiği belirtilmektedir. Örneğin, eğer kurutma periyodu sonunda sıcaklık 75 °C ve taslakların sonuç rutubeti % 6-7 ise denkleştirme periyodunda 24 saat süreyle 75 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem uygulanmalıdır. Ayrıca rutubet miktarı bakımından farklar azaldıkça kabuklaşma gerilmelerinin de o oranda azaldığına işaret edilmektedir.

McMILLEN (1960)'nın "Kurutma programları ve Kurutma süreleri" adlı raporunda 2.5, 3, 4, 5, 6, 7.5 cm kalınlıktaki *J. nigra*'ya ait kurutma programları verilmiştir. Rapor'a göre 2.5 cm kalınlıktaki *J. nigra* kerestesi için kurutma süresi % 20'den % 6'ya kadar kurutmada yaklaşık olarak 5-8 gün, taze halden % 6'ya kadar kurutmada ise yaklaşık olarak 10-16 gün olarak bulunmuştur. Burada birçok faktörün kurutmayı etkilemesi nedeni ile verilen süreler konusunda geniş varyasyonların kabul edilmesi gerektiğine işaret edilmektedir. Ayrıca söz konusu sürelerin zaman esaslı program olarak kullanılmamasının uygun olacağına dikkat çekilmektedir.

MILLET(1961)'in "Doğu Kanada'da kerestelerin teknik kurutulması" adlı yayınında 2.5-4.0 cm ve 4.5-6.0 cm'ye kadar kalınlıktaki *J. nigra* kerestelerinin kurutma programları verilmiştir. Çalışmaya göre; kalınlıkları 2.5 cm ile 4.0 cm arasında olan kerestelerin kurutulmasında başlangıçtan % 50 rutubete kadar, 50 °C kuru termometre sıcaklığı, 47 °C yaş termometre sıcaklığı, 3 °C psikrometrik fark, % 18.4 denge rutubeti ve % 88 bağıl nem öngörülmüştür. Kurutma periyodu sonunda, % 20 ve daha düşük rutubetlerde, 75 °C kuru termometre sıcaklığı, 50 °C yaş termometre sıcaklığı, 25 °C psikro-

metrik fark, % 2.9 denge rutubeti ve % 24 bağıl nem öngörülmektedir. Denkleştirme periyodunda ise, 75 °C kuru termometre sıcaklığı, 70 °C yaş termometre sıcaklığı, 5 °C psikrometrik fark, % 12.1 denge rutubeti ve % 78 bağıl nem uygun görülmüştür. Tablo-5 ve 6'da 2.5-4.0 cm arasındaki ve 4.5-6.0 cm arasındaki kalınlıklar için J. nigra'ya ait kurutma programları verilmektedir.

Tablo-5: 2.5 cm'den 4.0 cm'ye Kadar Olan Kalınlıklar İçin J. nigra Kerestelerinin Kurutma Programı (MILLETT 1961).

Rutubet Kademeleri (%)	Kuru Termometre Sıcaklığı(°C)	Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	Psikrometrik Fark (°C)	Denge Rutubeti (%)	Bağıl Nem (%)
% 50'ye kadar	50	47	3	18.4	88
50-40	52	50	2	17.0	86
40-30	55	51	4	15.3	83
30-25	60	52	8	9.8	64
25-20	65	43	22	3.8	28
20 ve Sonuç Rutubeti	75	50	25	2.9	24
Denkleştirme	75	70	5	12.1	78

Tablo-6: 4.5 cm'den 6.0 cm'ye Kadar Olan Kalınlıklar İçin
J. nigra Kerestelerinin Kurutma Programı (MİLLETT
1961).

Rutubet Kademeleri (%)	Kuru Termo- metre Sıcak- lığı (°C)	Yaş Termo- metro Sı- caklığı (°C)	Psikro- metrik Fark (°C)	Denge Rutu- beti (%)	Bağıl Nem (%)
% 50'ye kadar	45	44	1	20	90
50-40	50	47	3	18.4	88
40-30	52	50	2	17	86
30-25	57	50	7	11	69
25-20	63	43	20	4.4	32
20 ve Sonuç Rutubeti	70	43	27	2.8	21
Denkleştirme	70	65	5	12.3	77

PEARSON (1965)'un "Kurutma Programları" adlı incelemesinde farklı kalınlıkta J. nigra keresteleri için uygun kurutma programları verilmiş, kurutma periyodu sonunda uygulanan denkleştirme ve kondisyonlama işlemlerinin amaçları ve süreleri hakkında bilgi verilmiş, ayrıca çeşitli hedef sonuç rutubetleri için, denkleştirme ve kondisyonlama periyodlarında olması gereken denge rutubet yüzdeleri tablo halinde açıklanmıştır (Tablo-7). Derlemeye göre kabuklaşmanın önlenmesi için, kurutma sonunda uygulanan kondisyonlama periyodu süresi, kalınlık, rutubet miktarı ve mevcut gerilmenin derecesine bağlıdır. 5 cm kalınlığındaki ceviz kerestesi için 48 saat veya daha fazla süre tayin edilmiştir.

Tablo-7: Denkleştirme ve Kondisyonlama İşlemi İçin Önerilen Rutubet Değerleri (PEARSON 1965).

Arzu Edilen Ortalama Sonuç Rutubeti (%)	En Kuru Örneğin Ulaşması Gereken Rutubet Miktarı (%)	Denkleştirme İçin Uygulanması Gereken Denge Rutubet Miktarı (%)	Denkleştirme Sonunda En Yaş Örnek İçin Arzu Edilen Rutubet Miktarı (%)	Kondisyonlama Periyodu İçin Denge Rutubet Yüzdesi Değerleri (%) Yapraklı Ağaçlar İçin)
5	3	3	5	8-9
6	4	4	6	9-10
7	5	5	7	10-11
8	6	6	8	11-12
9	7	7	9	12-13
10	8	8	10	13-14
11	9	9	11	14-15

FPRI (1969)'de 4 cm kalınlığındaki J. nigra ve J. regia'ya ait kurutma programı verilmiştir (Tablo-8).

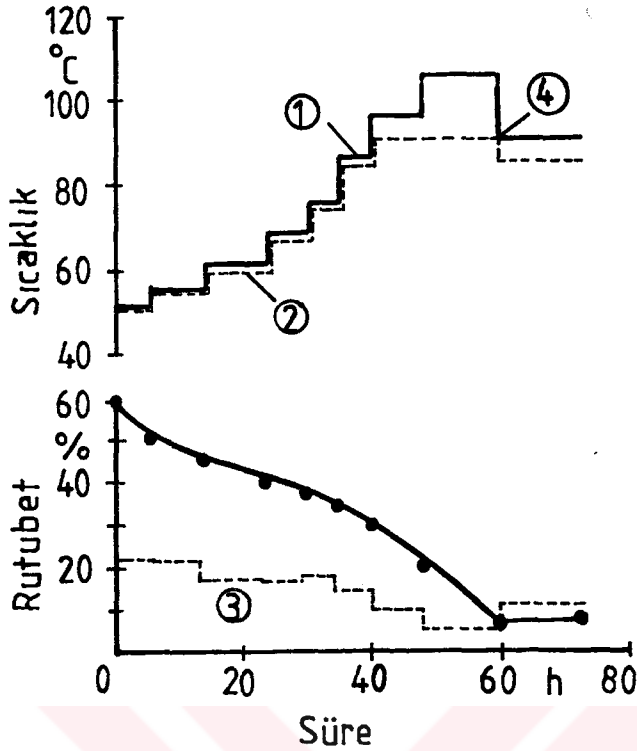
Tablo-8: 4 cm Kalınlığında J. Nigra ve J. regia İçin Kurutma Programı (FPRI 1969).

Hava Giriş Tarafındaki En Islak Kerestelerin Rutubet Kademeleri (%)	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	Bağıl Nem (%)
Taze Halde	48.5	46	85
60	48.5	45	80
40	51.5	46.5	75
30	54.5	47	65
25	60	49	55
20	68	53	45
15	76.5	58	40

CHEN (1976) tarafından yapılan "Kara Ceviz Odununun Pres Yöntemi ile kurutulmasında buharlama ve doğal kurutmanın etkisi" adlı araştırmada 100 cm uzunluğunda 32 adet taze halde kara ceviz öz odunu üzerinde buharlama ve doğal kurutmanın etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yalnızca buharlama ve akabinde uygulanan pres kurutma yöntemi, sonuç rutubeti, balpeteği çatlakları oluşumu, dış sertleşme, kalınlığına daralma ve rutubet meyli bakımından ideal olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca buharlama süresinin 1 saat veya 4 saat arasında önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir. Bunun dışında pres kurutma öncesi yapılan doğal kurutmanın, taze halde pres kurutmaya göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

CHEN ve BILTONEN (1979)'e ait "Kara ceviz öz odununun pres yöntemi ile kurutulmasında ön soğutmanın etkisi" adlı çalışmada 1.25 cm ve 2.5 cm kalınlığında kara ceviz öz odunu -23.3 °C'ye kadar soğutmaya ve arkasından 120-150 °C sıcaklık, 3.5-7 veya 10.5 kg/cm² lik basınç uygulanmak sureti ile pres kurutmaya tabi tutulmuştur. Uygulanan kurutma programı kalınlıkta daralma, kollaps derinliği ve iç çatlaklarının sayısı bakımından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak 2.5 cm ve daha ince kara ceviz öz odunu için, -23.3 °C'ye kadar ön soğutma ve daha sonra 121 °C veya daha düşük sıcaklıkta, 3.5 kg/cm² veya daha az levha basıncı altında pres kurutmanın en kaliteli neticeyi vereceği tespit edilmiştir.

ROSEN (1980)'de, Yapraklı Ağaçların hava hareketinin kereste yüzeylerine dikey olduğu fırınlarda (Jet sistem) kurutulması incelenmiş, alçak ve yüksek sıcaklıklar kombine edilerek kalınlığı 2.5 cm olan kara ceviz için kurutma programı verilmiştir (Şekil-5). Verilen programın uygulanması ile hacim daralma miktarı % 11, iç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı sadece % 1 olmuştur. Ağaç kalitesi iyi, çatlak ve balpeteği oluşumu önemsiz denecek miktarda ve tahtanın ucundan itibaren 5 cm'lik mesafede sınırlı kalmıştır. Dış sertleşme az ve denkleştirme periyodunun uzatılması ile bertaraf edilebilecek düzeyde olmuştur.



Şekil-5: 2.5 cm Kalınlıktaki Kara Ceviz'in Jet Sistemle Kurutulması (ROSEN 1980).

CIVIDINI (1982)'nin "Ağaç Malzeme Neden ve Nasıl Kurur?" adlı incelemesinde çeşitli kalınlıklardaki ceviz kerestelerinin vakum ve kondensasyon yöntemleri ile kurutma süreleri verilmiştir. İncelemeye göre cevizin % 10 sonuç rutubetine kadar vakum yöntemi ile kurutma süreleri Tablo- 9'da, % 12 sonuç rutubetine kadar kondensasyon yöntemi ile kurutma süreleri Tablo-10'da verilmiştir.

Tablo-9: Farklı Başlangıç Rutubeti ve Kalınlıklarda Ceviz Kerestesinin Vakum Yöntemi İle Kurutulması İçin Gerekli Kurutma Süreleri (CIVIDINI 1982).

Başlangıç Rutubeti	% 80				% 40			
	30	50	70	90	30	50	70	90
Kalınlıklar (mm)	30	50	70	90	30	50	70	90
Süreler(Saat)	110	138	182	218	57	75	103	130

Tablo-10: Farklı Başlangıç Rutubeti ve Kalınlıklarda Ceviz Kerestesinin Kondensasyon Yöntemi İle Kurutulması İçin Gerekli Kurutma Süreleri (CIVİDİNİ 1982).

Rutubet Miktarları	Başlan- gıç	% 80				% 40			
	Sonuç	% 12				% 12			
Kalınlıklar(mm)		30	50	70	100	30	50	70	100
Süreler (gün)		10-12	13-16	20-22	23-25	6-7	8-11	16-16	16-18

Ülkemizde ceviz kerestesinin kurutulması üzerine bir araştırma bulunmamakla beraber KANTAY (1983) tarafından ceviz kaplama levhalarının kurutma özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada 4 farklı kalınlık, 5 farklı sıcaklık ve 5 farklı başlangıç rutubeti esas alınarak kurutma süresi ile başlangıç rutubeti, kalınlık ve sıcaklık arasındaki ikili ve çoklu ilişkiler incelenmiştir.

II. MATERYAL VE METOD

II.1. Araştırma Materyali ve Temin Edilmesindeki Esaslar

Organik bir madde olan ve bir ağaç gövdesinde dahi özellikleri yer yer değişen odunun teknik özelliklerinin meydana çıkarılması amacı ile yapılan araştırmalarda, denemelerin yapılacağı materyalin seçiminin ve materyal miktarının büyük önem taşıdığı bilinmektedir.

Bu araştırma ile ilgili kurutma denemeleri SEM Dış Tic. A.Ş.'nin Gebze fabrikasında, Ergin Lmt.Şti.'nin Alemdağ fabrisanda ve İ.Ü. Orman Fakültesi kurutma laboratuvarında bulunan ticari boyutlardaki fırınlarda yapılmıştır.

Herhangi bir ağaç türüne ait kerestelerin kurutma özelliklerinin saptanması ve pratikteki ilk uygulamalarda güvenle kullanılacak kurutma programlarının verilebilmesi için birçok denemenin yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu denemelerde kereste kalınlığı büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi kereste kalınlığı ile kurutma şartları değişmekte ve kalınlık arttıkça daha koruyucu kurutma şartlarının uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle bu araştırmada farklı kalınlıklar üzerinde çalışılmıştır.

Araştırma materyali keresteler SEM Dış Tic. A.Ş.'nin Gebze'de bulunan fabrikasına Tokat yöresinden gelen, Ergin Lmt.Şti.'nin Alemdağ'da bulunan fabrikasına Bingöl bölgesinden gelen tomruklardan biçilmiştir. Gebze fabrikasında tomruklar 30 mm kalınlıkta biçilmektedir. Kereste halinde buharlama işlemine tabi tutulduktan sonra parke taslakları kesilmektedir. Sonra bu taslaklar doğal ön kurutma için üstü kapalı yanları açık yerlerde istiflenerek bekletilmektedir.

Alemdağ fabrikasında ise tomruklar 70 mm kalınlıkta biçilmektedir. Kereste halinde buharlama işlemine tabi tutulduktan sonra tüfek dipçisi taslakları kesilmektedir. Sonra

bu taslakların enine kesitlerine hemen parafin sürülmekte, ardından doğal ön kurutma için üstü kapalı yanları açık yerlerde istiflenerek bekletilmektedir.

Araştırma materyali kerestelerin yukarıda belirtilen işletmelerden temin edilmesi ve bu işletmelerin sadece 30 mm ve 70 mm kalınlıkta kereste biçimleri nedeni ile çok değişik kalınlıklarda deneme yapma imkanı bulunamamıştır.

Araştırma ile ilgili ilk denemeler bu işletmelerde ön kurutma yapılmış parke taslakları ve tüfek dipçığı taslakları üzerinde gerçekleştirilmiştir. İşletmelerin o güne kadar yapmış oldukları kurutma partilerinden elde edilen sonuçlardan da faydalanılarak ön kurutma yapılmış 30 mm ve 70 mm kalınlıklardaki kerestelerin kurutulmasında uygulanabilecek kurutma programları hazırlanmıştır. Bu programlar İ.Ü.Orman Fakültesi kurutma laboratuvarındaki kurutma fırınında uygulanmış ve kalite kontrolleri yapılarak değerlendirilmiştir.

II.2. Metod

Yukarıda açıklandığı gibi elde edilen araştırma materyali kereste istifleme kurallarına uygun olarak çitallı sandık şeklinde istif edilmiştir. İstifleme sırasında rutubet kontrol örnek keresteleri ile ara ve sonuç kalite kontrol örnek keresteleri istife uygun şekilde dağıtılmıştır. Sonra yapılan bu istifler fırına yerleştirilerek kurutma denemeleri yapılmıştır. Denemeler sonuç kalite kontrollerinden elde edilen verilere göre değerlendirilmiştir.

Kısaca bu şekilde özetlenebilen araştırma metodu aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

II.2.1. Kurutma Denemelerinde Kurutmanın Gidişinin Takip ve Kontrolü, Bu Amaçla Kullanılan Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Kurutma sürecinde kurutulan kerestenin rutubeti sürekli olarak kontrol edilmekte ve ayrıca her rutubet kademesinde uygulanan kurutma şartlarının kerestenin kalitesi üzerine yaptığı etkiler saptanmaktadır.

Kurutma sırasında kereste rutubetinin takip ve kontrolü elektrikli rutubet ölçerler yardımı ile "sürekli" ve rutubet kontrol örnek keresteleri yardımı ile "periyodik" kontrol olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir (KANTAY 1993). Bu araştırmada, daha doğru sonuç verdiği belirtilen ve daha önce yapılan denemelerde uygulanan rutubet kontrol örnek keresteleri yardımı ile periyodik kontrol benimsenmiştir (RASMUSSEN 1961, KANTAY 1978, 1992).

Kurutma denemelerinde kalitenin gidişi ara kalite kontrolleri yapılarak takip ve kontrol edilmiştir. Bu amaçla ara kalite kontrol örnek keresteleri kullanılmıştır. Bunlar zaman zaman yani periyodik olarak fırından çıkarılıp kurutma kusurları bakımından incelenmiştir.

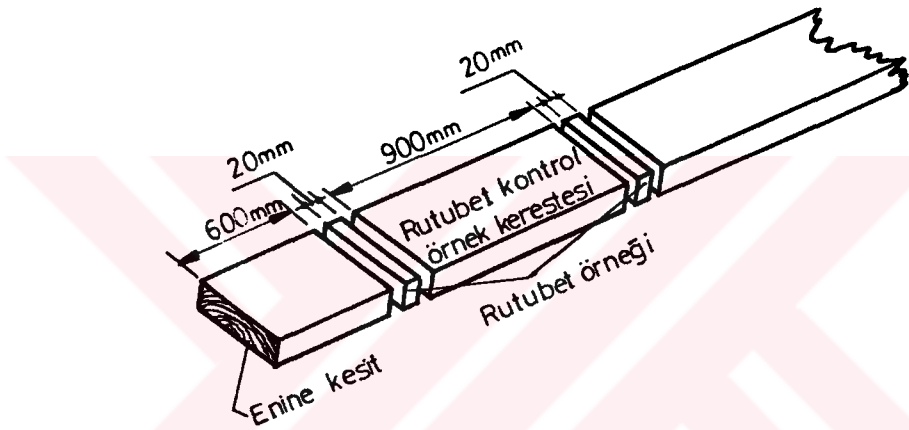
Kurutma denemelerinde kurutma bittikten sonra kurutmada uygulanan programın kurutulan kerestenin kalitesi üzerine olan etkilerini saptamak ve istatistik değerlendirmeler yapmak üzere, adı geçen örnek kerestelerden başka bir de sonuç kalite kontrolü örnek keresteleri alınmıştır.

Yapılan kurutma denemelerinde örnek sayısı Avrupa Kurutma Grubu (EDG-European Drying Group) tarafından hazırlanan 1992 tarihli standart dikkate alınarak belirlenmiştir. Buna göre 30 mm kalınlıktaki kereste ile yapılan kurutma denemesinde 6 adet rutubet kontrol örnek kerestesi, 2 adet ara kalite kontrol örnek kerestesi ve 20 adet sonuç kalite kontrol örnek kerestesi alınmıştır. 70 mm kalınlıktaki kereste ile yapılan kurutma denemesinde ise temin edilen kereste miktarına bağlı olarak 5 adet rutubet kontrol örnek kerestesi, 2 adet ara kalite kontrol örnek kerestesi ve 5 adet sonuç kalite kontrol örnek kerestesi alınmıştır. Adı geçen örnek kerestelerin seçilmesinde mümkün oldukça çatlak, budak, yaralanma, çürüklük içermeyenlerin alınmasına özen gösterilmiştir. Seçilen ara kalite kontrol ve sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinin başlangıç özellikleri (Enine kesit şekli, teget-radyal, Öz-Diri, çatlak, budak, çürüklük, yıllık halka genişliği) ayrılan kartlarda belirtilmiştir.

Kurutma denemeleri, kurutmaya katılan kerestelerden rutubeti en yüksek olanın rutubet yüzdesine bağlı olarak yöne-

tilmiştir. Ayrıca rutubet kontrolü örnek kerestelerinin seçilmesinde biçme yönü (Radyal ve Teğet) ve odun kısımları (Öz odun, Diri odun) bakımından karışıklık sağlanmıştır.

Rutubet kontrolü örnek kerestesi almak amacı ile seçilmiş her bir keresteden (Şekil-6)'da görüldüğü gibi enine kesitten itibaren 60 cm içerden 94 cm uzunlukta bir kısım alınmış ve hemen sonra, bunun iki ucundan başlangıç rutubetini saptamak amacı ile 2 cm genişlikte ve kereste genişliğine eşit boyda birer adet "rutubet örneği" kesilmiştir (RASMUSSEN 1961, LEMPELIUS 1969, KANTAY 1978).



Şekil-6: Rutubet Kontrol Örnek Kerestesi İle Rutubet Örneğinin Boyutları ve Elde Edilişi.

70 mm kalınlık için yapılan kurutma denemesinde mevcut kerestelerin boylarının sınırlı olması nedeni ile rutubet kontrolü örnek kerestelerinin alındığı kerestenin enine kesitinden uzaklığı sınırlı kalmıştır.

Yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen rutubet kontrolü örnek keresteleri vakit geçirmeden talaş, kıymık, yonga ve kabuklardan temizlenmiş ve enine kesitlerine boya sürülerek yeterli duyarlılıktaki teraziler yardımı ile başlangıç ağırlıkları bulunmuştur. Rutubet kontrolü örnek kerestelerinin başlangıç rutubetleri daha önce belirtildiği şekilde 2 cm genişliğinde alınan rutubet örnekleri yardımı ile kurutma metoduna göre bulunmuştur. Rutubet örneklerinin tartılmasında 0.01 gram duyarlılıkta bulunan ve bu amaç için yeterli olan terazi kullanılmıştır.

Rutubet örneklerinin yüzde rutubet miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$U = \frac{G_u - G_d}{G_d} \times 100 (\%)$$

U: Örneğin rutubeti

G_u : Başlangıç ağırlığı

G_d : Tam kuru ağırlık

II.2.2. Kerestelerin İstiflenmesi ve Örnek Kerestelerin İstife Yerleştirilmesi

Kerestede yeknesak ve hızlı bir kurumanın meydana gelmesi için, kereste istif katları arasında ısı ve rutubet taşıyıcısı olarak bulunan havanın, istifin her tarafında aynı hızda ve eşit dağılımda akması gerekmektedir. Kurutma denemelerinde bu amacı gerçekleştirmek için kullanılan istif çitalarının kalınlıkları kereste kalınlığına bağlı olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (SCHLUTER ve FESSEL 1939).

$$S = 10 + 0.3 d$$

S = Milimetre olarak çita kalınlığı

d = Milimetre olarak kereste kalınlığı

Buna göre denemelerde 30 mm kalınlıktaki kerestelerin kurutulmasında 19 mm, 70 mm kalınlıktaki kerestelerin kurutulmasında 31 mm kalınlıkta çita kullanılmıştır.

İstif katlarını teşkil eden keresteler, 30 mm kalınlıktaki kerestenin kurutulmasında mümkün oldukça birbirine temas edecek şekilde, 70 mm kalınlıktaki kerestelerin kurutulmasında biraz aralıklı konmuştur (KANTAY 1993).

İstif katları arasına konan çitalar her iki kurutma denemesinde de 50 cm aralıklarla, birbirine paralel şekilde konmuştur. Yanyana bu şekilde konan çitaların üst üste de birbirinin üzerinde bulunmasına dikkat edilmiştir.

Kurutma esnasında, kurutulan kerestenin rutubetinde mey-

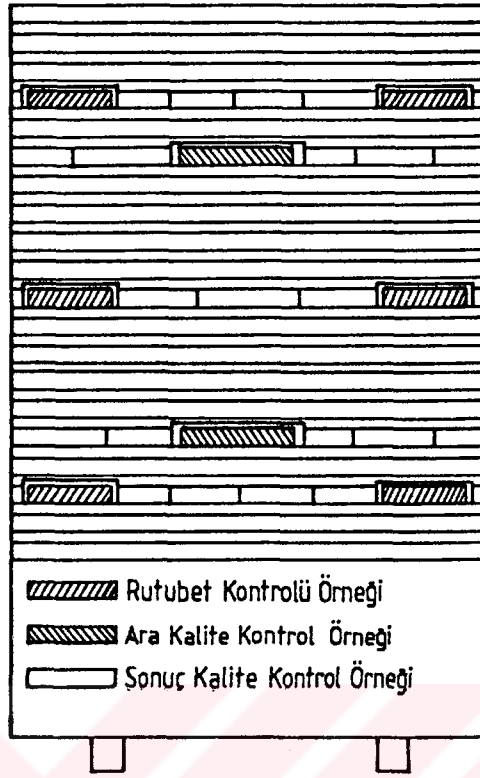
dana gelen değişmeleri ve rutubet miktarlarını kontrol etmek amacı ile kullanılan rutubet kontrolü örnek keresteleri istifin ön yüzünün iki yan tarafına konmuştur (Şekil-7)'de 30 mm kalınlıkta J. regia kerestelerinin kurutma denemesi için hazırlanan kereste istifi enine kesitinde, rutubet kontrolü, ara kalite kontrolü ve sonuç kalite kontrolü örnek kerestelerinin dağılışı görülmektedir. 70 mm kalınlık için de aynı düzen sağlanmıştır. Örneklerin kontrol esnasında kolayca alınıp konabilmelerini sağlamak için örnek koyma yerlerindeki çıta düzeni önemli bulunmaktadır. İstifin çeşitli kısımlarında kurumanın gidişini saptamak için, kontroller esnasında örnekler devamlı olarak alındıkları yerlere konmuştur.

Rutubet kontrolü örnek keresteleri istife yerleştirilirken kerestelerin biçme yönü ve fırının hava giriş tarafı dikkate alınarak uygun dağılım yapılmıştır.

Kurutma esnasında kerestenin kalitesinde meydana gelen değişmelerin, kurutmanın devamınca belli aralıklarla incelenmesi amacı ile alınan ara kalite kontrolü örnekleri, kolayca girip çıkacak şekilde yerleştirilmiştir.

Kurutmanın kalitesi hakkında sonuç değerlerin elde edilmesinde kullanılan, sonuç kalite kontrolü örnek keresteleri, istif içerisinde her tarafa yeknesak bir şekilde dağıtılmıştır.

Yukarıda açıklandığı şekilde yapılan istif fırına, fırını tam dolduracak şekilde yerleştirilmiştir. Burada özellikle hava sirkülasyonunu bozacak boşlukların kalmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil-7: 30 mm Kalınlığında J. regia Kerestesine Ait Kurutma Denemesinde Örneklerin Kereste İstifi Enine Kesitinde Dağılışı.

II.2.3. Araştırmada Uygulanan Kurutma Metodu ve Uygulamanın Yapıldığı Kurutma Fırınları

II.2.3.1. Araştırmada Uygulanan Kurutma Metodu

Bu araştırmada ülkemizde ve diğer ülkelerde ağaç malzemenin kurutulmasında, pratikte en fazla kullanılan "100 °C ve altındaki sıcaklık derecelerinde, hava ve su buharı karışımı ile kurutma" metodu uygulanmıştır (Klasik kurutma metodu). Burada prensip, kurutulacak ağaç malzeme çevresinde hava ve su buharı karışımı meydana getirmek ve oluşan karışımın keresteden rutubet alma özelliğinden yararlanarak ağaç malzemeyi kurutmaktır.

Bu metotta, ağaç malzemenin rutubeti iç tabakalardan dış

tabakalara doğru gittikçe azalmakta ve böylece bir rutubet meylli (rutubet düşüşü) oluşmaktadır. Rutubet meyllinin, kurutmanın gidişi, hızı ve kalitesi hakkında fikir vermesi nedeni ile denemelerde ara kalite kontrolü örnekleri yardımıyla kerestenin dış tabakaları ile iç tabakaları arasındaki rutubet farkı kontrol edilmiş ve kurutma boyunca bu kontroller sürdürülmüştür.

Deneme kurutma programlarının hazırlanmasında kurutma meylli esas alınmıştır. Ayrıca programların hazırlanmasında lif doygunluğu noktasının altında sıcaklığın sabit tutularak bağıl nemin düşürülmesi prensibi benimsenmiştir.

Deneme kurutma programlarında ısıtma, esas kurutma ve denkleştirme periyodu uygulanmıştır.

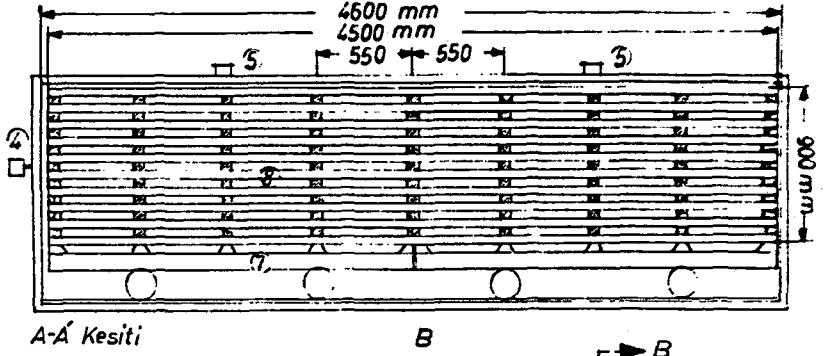
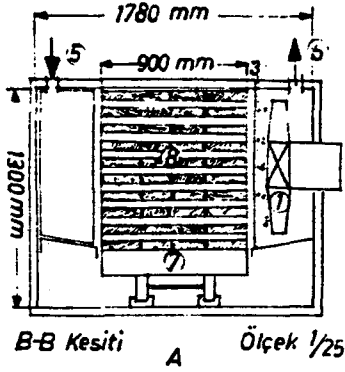
II.2.3.2. Araştırmanın Yapıldığı Kurutma Fırınlarının Özellikleri

II.2.3.2.1. HİLDEBRAND "HD 74 MK" Marka Kurutma Fırını Hakkında Teknik Bilgi

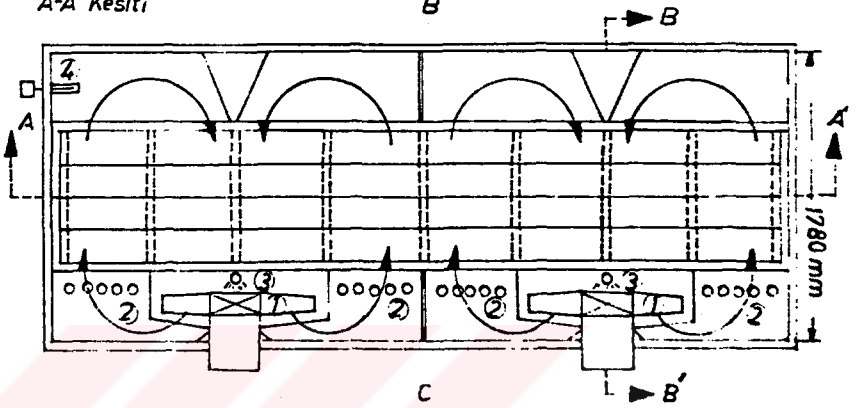
Yapı malzemesi olarak korozyona dayanıklı alüminyum alaşımı kullanılmış metal bir kurutma fırınıdır (Resim-3). Fırın iki üniteden ibaret olup, her bir ünitenin boyu 225 cm'dir. Yapılan denemelerde sadece bir ünite kullanılmıştır. Her ünite 90 x 100 x 225 cm ebatlarında 1 m³ kereste almaktadır (Şekil-8).

Fırın elektrikle endirek olarak ısıtılmaktadır. Isıtıcılar fırının yan duvarında bulunan vantilatörün iki yanında yer almaktadır. Fırının yanında bulunan buhar kazanı vasıtasıyla buhar temin edilmektedir. Buhar kazanındaki suyun ısıtılmasında da elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

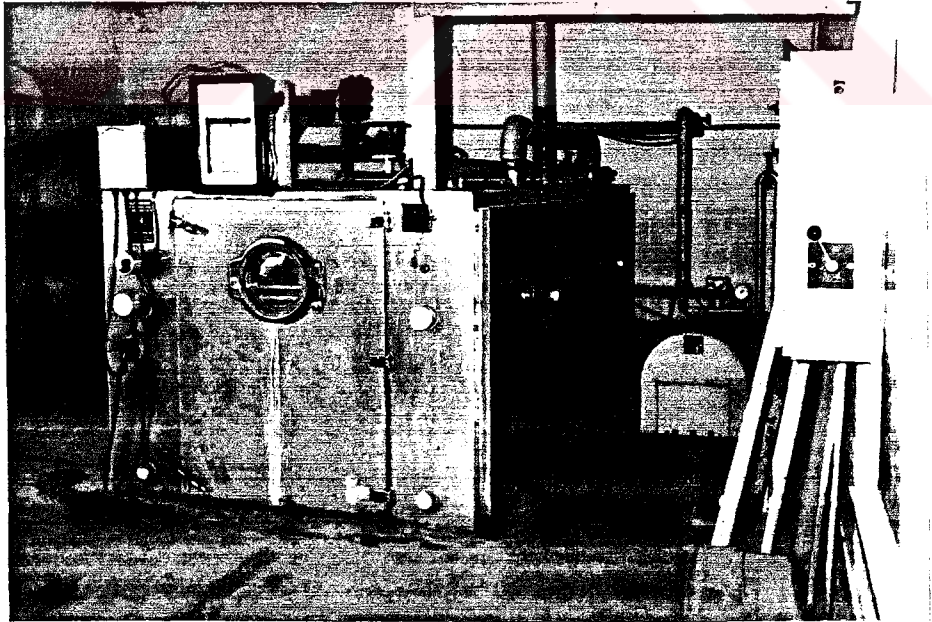
Hava hareketi fırının yan duvarında bulunan 70 cm çapında aksial bir vantilatörle sağlanmaktadır. Vantilatör istifin ortasından her iki enine kesite doğru iki bölge içerisinde yatay yönde hava dolanımı sağlamaktadır. Hava dolanımının yönü sabittir. Fırındaki havanın hareket hızı 3 m/saniye'dir.



- 1- Aksial Ventilâtör
- 2- Isıtıcı
- 3- Buhar püskürtme borusu
- 4- Psikrometre
- 5- Taze hava giriş yeri
- 6- Kullanılmış havâ çıkış yeri
- 7- İstif arabası
- 8- Kereste istifi



Şekil-8: HILDEBRAND "HD 74 MK" Marka Kurutma Fırını (KANTAY 1978).



Resim-3: HILDEBRAND "HD 74 MK" Marka Kurutma Fırını (Foto.: ÜNSAL)

Fırında taze hava giriş, rutubetli hava çıkış kapakları ve buhar püskürtme sistemi elle kumanda edilmektedir.

Fırında ölçü aleti olarak, bir kuru termometre, bir Diferans psikrometre, kuru ve yaş termometre sıcaklıklarını kaydeden yazıcı psikrometre bulunmaktadır.

II.2.3.2.2. İlk Kurutma Denemelerinin Yapıldığı Kurutma Fırınları Hakkında Teknik Bilgi

Esas kurutma denemeleri öncesinde yapılan ilk kurutma denemeleri, SEM dış Tic. A.Ş.'ye ait Gebze fabrikasında, 20 m³ kapasiteli, klasik kurutma yönteminin uygulandığı kargir fırında, Ergin Lmt. Şti.'ne ait Alemdağ fabrikasında ise yine 20 m³ kapasiteli kondensasyonlu kurutma yönteminin uygulandığı kargir fırında yapılmıştır.

Gebze fabrikasında, parke taslakları üzerinde yapılan kurutma denemelerinde kullanılan kurutma fırınında ortam şartları yaş ve kuru termometre arasındaki farkı gösteren psikrometre ile tespit ve kontrol edilmektedir. Fırın sıcaklığının ayarlanması otomatik olarak yapılmaktadır. Rutubetli hava çıkış ve taze hava giriş bacalarının açılıp kapanması ve buhar püskürtülmesi işlemi ise elle yapılmaktadır. Bu özellikleri ile HILDEBRAND "HD 74 MK" marka kurutma fırını ile benzerlik göstermektedir. Rutubet kontrolü ise fırın içerisinde farklı noktalara uzanan kablolar vasıtasıyla yapılmaktadır. Kablolar uçlarındaki elektrodlar vasıtasıyla kerestelere irtibatlandırılmıştır. Diğer uçları ise bir noktadan fırın dışına sarkıtılmıştır. Pilli rutubet ölçerler bu uçlardan kablolarla irtibatlandırılarak anında rutubet tespiti yapılmaktadır.

Ayrıca bu fırında vantilatörler fırının üst orta noktasında bulunduğundan düşey hava sirkülasyonu söz konusudur.

Alemdağ fabrikasında, tüfek dipçığı taslakları üzerinde yapılan kurutma denemelerinde kullanılan kurutma fırınında, kondenzasyon cihazından faydalanılarak kurutma yapılmaktadır. Fırında maksimum 40 °C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir.

Fırında yöntem gereği baca yer almamakta, kurutma esnasında çıkan rutubet kondenzasyon cihazı ile kondens suyu olarak fırın dışına atılmaktadır.

II.2.4. Kurutma Programlarının Hazırlanması ve Uygulanması

II.2.4.1. Kurutma Programlarının Hazırlanması

Kurutma programlarının hazırlanmasında ilk etapta özgül ağırlık dikkate alınmış ve buna bağlı olarak uygulanacak kurutma sıcaklığı ve kurutma meylı belirlenmiştir. Özgül ağırlık dışında ikinci derecede kereste kalınlığı dikkate alınmıştır. Kalınlık arttıkça kurutmanın koruyucu olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca kerestenin başlangıç rutubeti dikkate alınmış ve kurutma öncesi alınan rutubet kontrolü örnekleri yardımı ile tespit edilmiştir. Bunun dışında lif doygunluğu rutubet noktası da programların hazırlanmasında gözönüne alınmıştır.

Rutubet basamaklarının seçilmesinde, pratikten elde edilen sonuçlar esas alınmıştır. Koruyucu bir kurutma için basamakların dar olmasına dikkat edilmiştir.

Kurutma programlarının hazırlanmasında lif doygunluğu noktasının altında her rutubet basamağında uygulanacak denge rutubetinin tespit edilmesinde kurutma meylinden yararlanılmıştır. Kurutma denemelerinin koruyucu olması bakımından mümkün oldukça küçük kurutma meylı değerleri alınmış ve bu sayede yüksek denge rutubetleri uygulanmıştır. Lif doygunluğu noktası üzerinde ise denge rutubeti esas alınmıştır. Bunun için lif doygunluğu noktası altında tespit edilen ilk denge rutubeti değeri baz alınmıştır (KANTAY 1985).

Genel olarak deneme kurutma programlarının hazırlanmasında hem Amerika'da yapılan araştırmalarda elde edilen verilerden hem de ön demelerin yapıldığı fabrikaların yıllardan beri yaptıkları uygulama sonuçlarından yararlanılmıştır (Bkz. literatür özeti).

Tablo 11 ve 12'de hazırlanan kurutma programları verilmektedir.

Tablo-11: 30 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestelerinin Kurutulması İçin Hazırlanan ve Uygulanan Kurutma Programı.

Ağaç Türü : Ceviz		Sıcaklık T ₁ : 50 °C						
Kereste Kalınlığı : 30 mm		T ₂ : 60 °C						
Özgül Ağırlık (r _o): 575 kg/m ³		Kurutma Meyli : 150-200						
Başlangıç Rutubeti: % 35		LDR derecesinin						
Sonuç Rutubeti : % 8		üstünde denge Rutubeti: % 17						
LDR derecesi : % 23								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kurutma Periyodları	Kereste Rutubeti (U) %	Kurutma Meyli (TG)	Denge Rutubeti (U _{g1})	Kuru Termometre Sıcaklık Derecesi °C	Yaş Termometre Sıcaklık Derecesi °C	Psikrometrik Fark °C	Bağıl Nem %	Yaklaşık Süreler (Saat)
Isıtma	Ön Isıtma	-	-	25	25	0	100	8
	Yüzeysel Isıtma	-	-	30	30	0	100	
	Derinlere kadar Isıtma	-	21	40.5	39.5	1	94	
		-	19	45	43.5	1.5	92	
Esas Kurutma		-	18	48	37	2	90	243
	32-27		17.0	50	47.5	2.5	88	
	27-23		14.0	55	51	4	80	
	23-21	1.84	12.5	60	55	5	77	
	21-20	1.84	11.4	60	54	6	74	
	20-18	1.88	10.6	60	53	7	70	
	18-16	1.76	10.2	60	52.5	7.5	68	
	16-14	1.63	9.8	60	52	8	66	
	14-12	1.52	9.2	60	51	9	63	
	12-10	1.62	7.4	60	47.5	12.5	51	
	10-7	1.75	5.7	60	43	17	37	
7-6	1.46	4.8	60	40	20	30		
6-5	1.54	3.9	60	37	23	23.5		
Denkleştirme	5-8	-	8	60	49	11	55	80.5
Fırın Tipi : Metal								
Hava Hareket Hızı : 3 m/san.								
Günlük Çalışma Süresi: 24 saat		Hazırlayan: Öner ÜNSAL						

Tablo-12: 70 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestelerinin Kurutulması İçin Hazırlanan ve Uygulanan Kurutma Programı.

Ağaç Türü : Ceviz		Sıcaklık T_1 : 40 °C						
Kereste Kalınlığı : 70 mm		T_2 : 50 °C						
Özgül Ağırlık : 581 kg/m ³		Kurutma Meyli : 1.45-1.55						
Başlangıç Rutubeti: % 38		LDR Derecesinin Üstün-						
Sonuç Rutubeti : % 12		de Denge Rutubeti : % 18						
LDR Derecesi : % 23								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kurutma Periyodları	Kereste Rutubeti (U) %	Kurutma Meyli (TG)	Denge Rutubeti (U_{g1}) %	Kuru Termometre Sıcaklık Derecesi °C	Yaş Termometre Sıcaklık Derecesi °C	Psikrometrik Fark °C	Bağıl Nem %	Yaklaşık Süreler (Saat)
Isıtma	Ön Isıtma	-		20	20	0	100	25
	Yüzeysel Isıtma	-		25	25	0	100	
	Derinlere Kadar Isıtma	-		30	30	0	100	
		-		35	34	1	94	
Esas Kurutma			18.0	40	38	2	88	545
			17.0	45	42.5	2.5	86	
		1.45	15.8	50	47	3	84	
		1.56	14.1	50	46	4	80	
		1.49	12.7	50	45	5	75	
		1.49	10.7	50	43	7	66	
		1.51	8.6	50	40	10	54	
Denkleştirme	11-12	-	12	50	44.5	5.5	73	30
Fırın Tipi : Metal		Toplam : 600						
Hava Hareket Hızı : 3 m/san.								
Günlük Çalışma Süresi: 24 Saat		Hazırlayan: Öner ÜNSAL						

II.2.4.2. Kurutma Programlarının Uygulanması

Kurutma programları ısıtma, esas kurutma ve denkleştirme olmak üzere 3 periyotta uygulanmıştır. Her üç periyotta kurutma şartlarının düzenlenmesi rutubet ve kalite kontrolleri yardımı ile yapılmıştır. Kurutma bitiminde ise sonuç kalite kontrol örnekleri yardımıyla kurutmanın kalitesi tespit edilmiştir.

II.2.4.2.1. Deneme Kurutma Programlarının Uygulanmasında Rutubetin Gidişi ve Kalite Kontrolleri

II.2.4.2.1.1. Kurutma Esnasında Kereste Rutubeti Gidişinin Takip ve Kontrolü (Periyodik Kontrol)

Kereste rutubeti, örneklerin zaman zaman fırından çıkartılıp tartılması suretiyle aşağıdaki formüle göre saptanmıştır (KANTAY 1978).

$$U_{ist} = \frac{G_{ist}}{G_a} \times (U_a + 100) - 100$$

- U_{ist} = Kontrol anındaki rutubet (%)
 G_{ist} = Kontrol anındaki ağırlık (gr)
 G_a = Başlangıç ağırlığı (gr)
 U_a = Başlangıç rutubeti (%)

II.2.4.2.1.2. Kurutma Esnasında Ara Kalite Kontrollerin Yapılması

Kurutma şartlarının kerestenin kalitesi üzerine etkisi, belli zaman aralıkları ile fırından çıkartılan ara kalite kontrol örnek kerestelerinde kurutma kusurlarının, rutubet meylinin, çekme ve basınç gerilmelerinin saptanması sureti ile araştırılmıştır.

Denemelerde kurutma kusurlarından, çatlaklar (enine kesit çatlakları, yüzey çatlakları, öz çatlakları ve iç çatlakları) incelenmiştir. Kerestelerin kurutma öncesi buharlanmış olması nedeniyle renk değişimleri incelenmemiştir.

Ara kalite kontrollerinde, enine kesit çatlaklarının kereste enine kesit yüzeyinden itibaren içe doğru uzunluğu, yüzey çatlaklarının max. derinliği esas alınmıştır. İç çatlakları kereste enine kesitinden itibaren 200 mm mesafeden 20 mm genişlikte alınan örneklerin enine kesitleri üzerinde incelenmiştir. İç çatlakları, boyları ve derinlikleri ile değil, olup olmadığına ve oluş sıklığına göre değerlendirilmiştir.

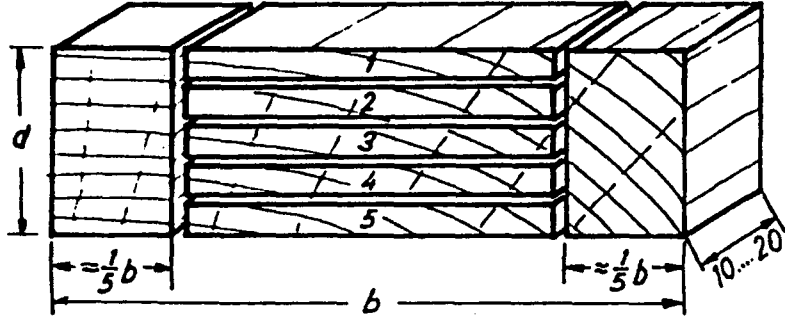
Rutubet meylinin (iç ve dış tabakaları arasındaki rutubet farkları) saptanması amacı ile ara kalite kontrolü örnek kerestelerinden, enine kesitten itibaren 200 mm mesafeden 20 mm genişliğinde, örnek kereste genişliğine eşit boyda örnekler alınmıştır. Alınan örnekler daha sonra (Şekil-9)'da görüldüğü gibi kesilmiş ve tabakalara ayrılmıştır. Her bir tabakanın rutubeti kurutma metodu ile tespit edilmiştir. Şekilde görülen 1 ve 5 numaralı dış tabaka örnekleri ve 3 numaralı iç tabaka örneği yardımı ile aşağıdaki formüle göre iç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı (Δu) bulunmuştur (TGL 21504 1969).

$$\Delta u = U_3 - \frac{U_1 + U_5}{2} (\%)$$

Δu = İç ve dış tabakalar arasındaki yüzde rutubet farkı

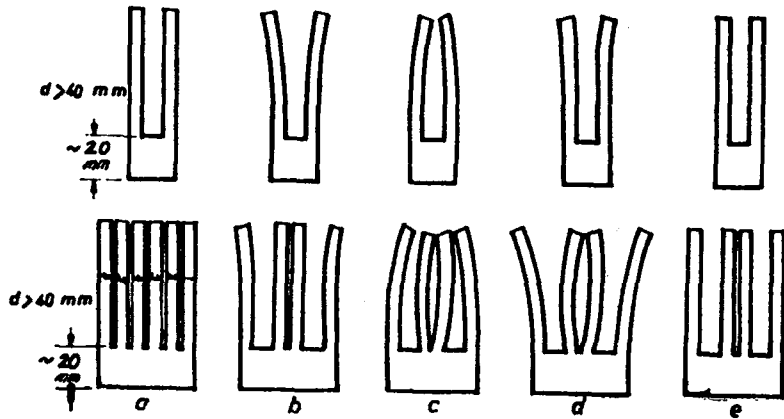
U_3 = İç tabakanın yüzde rutubet miktarı

U_1 ve U_5 = Dış tabakaların yüzde rutubet miktarları



Şekil-9: Enine Kesit İçerisindeki Rutubet Dağılışı'nın Saptanmasında Kullanılan Örneğin Hazırlanması (LEMPELIUS 1969, KANTAY 1978).

Gerilmelerin (çekme ve basınç gerilmeleri) ve kabuklaşmanın incelenmesi amacıyla, ara kalite kontrol örnek kerestelerinden rutubet meylili örnekleri ile aynı zamanda ve 20 mm genişlikte örnekler alınmıştır. Bu örnekler gerilmelerin incelenmesi için (Şekil-10)'da görüldüğü gibi parmaklara ayrılmıştır (Çatal örnek). Örneklerin parmak sayısı 30 mm kalınlıktaki keresteler için 3, 70 mm kalınlıktaki kereste için 6 adet alınmıştır. Gerilmelerin derecesini daha iyi anlamak için 3 parmaklı örneklerde 2. parmak, 6 parmaklı örneklerde 2 ve 5. parmak atılmıştır (MILLETT 1952).



Şekil-10: Kurutma Gerilmelerinin İncelenmesi İçin Alınan Çatal Örnekler (KANTAY 1978).

Şekil-10'da (a) örneği gerilmenin olmadığını, (b) örneği dış tarafta liflere dik yönde çekme gerilmelerinin mevcut olduğunu, (c) örneği iç tabakalarda çekme, dış tabakalarda basınç gerilmelerinin mevcut olduğunu (kabuklaşma), (d) örneği kabuklaşmanın buharlama ile giderildiğini, (e) örneği ise kurutma sonunda kuru ve gerilme olmayan çatal örneği göstermektedir.

II.2.5. Sonuç Kalite Kontrollerinin Yapılması

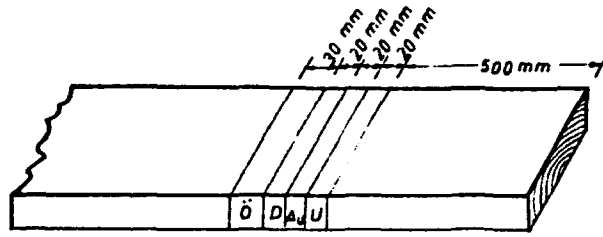
Kurutma işlemi bittikten sonra daha evvel işaretlenmiş ve numaralanmış olan sonuç kalite kontrolü örnek keresteleri istiftten alınmış ve bunlar üzerinde sonuç kalite kontrolleri yapılmıştır. Sonuç kalite kontrollerinde aşağıda belirtilen kriterler dikkate alınmıştır (EDG 1992).

1. Rutubet Miktarı
 - a. Ortalama Rutubet Miktarı
 - b. Rutubet Dağılımı
 - Her bir kerestede
 - Fırın genelinde (Partide)
 - c. Kabul edilebilir dağılım genişliği
2. Kurutma ile oluşan çatlaklar
 - a. Yüzey çatlakları
 - b. İç çatlakları
 - c. Uç çatlakları
3. Kuruma gerilmesi/Dış sertleşme
4. Kollaps (Hücre çökmesi)
5. Şekil değişimleri

Daha öncede belirtildiği gibi kurutmaya tabi tutulan J. regia keresteleri kurutmadan evvel buharlama işlemine tabi tutulduğu için renk değişimleri incelemeye dahil edilmiştir.

EDG (1992)'ye göre sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinin enine kesitinden itibaren enaz 300 mm mesafeden test

örneklerinin alınması uygun görülmektedir. KANTAY (1978)'e göre ise, her iki enine kesitten enaz 500 mm mesafeden ve kerestenin orta noktasından test örneklerinin alınması uygun görülmüştür. Bu araştırmada kereste boylarının sınırlı olması nedeni ile her iki kalınlıktaki keresteler üzerinde yapılan kontrollerde bir enine kesitten itibaren 500 mm mesafeden ve bu noktadan sonra 600 mm mesafeden olmak üzere iki noktadan test örnekleri alınmıştır (Şekil-11).



- (U) Sonuç Rutubeti Test Örneği
- (ΔU) Rutubet Farkı Test Örneği
- (D) Dış Sertleşme Test Örneği (Çatal örnek)
- (Ö) Özgül Ağırlık Test Örneği

Şekil-11: Bir Sonuç Kalite Kontrolü Örnek Keresteden Kalite Kontrolü İçin Çeşitli Test Örneklerinin Alınması.

II.2.5.1. Sonuç Rutubetinin Kontrolü

Sonuç kalite kontrolü örnek kerestesinin (Şekil-11)'de belirtilen yerinden alınan sonuç rutubeti test örneklerinin rutubeti kurutma metodu ile bulunmuştur.

II.2.5.2. Kerestenin İç ve Dış Tabakaları Arasındaki Rutubet Farkının Kontrolü

Sonuç kalite kontrolü örnek kerestelerinden, sonuç rutubetinin saptanması amacı ile alınan örneklere benzer şekilde, bunların yanıbaşından, aynı boyutlarda ve aynı zamanda alınan örnekler üzerinde iç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı kontrol edilmiştir (Şekil-11).

Alının örnekler (Şekil-9)'da görüldüğü gibi 5 tabakaya ayrılmış ve böylece örneğin iç ve dış tabakalarının rutubet yüzdeleri kurutma metodu ile saptanmıştır.

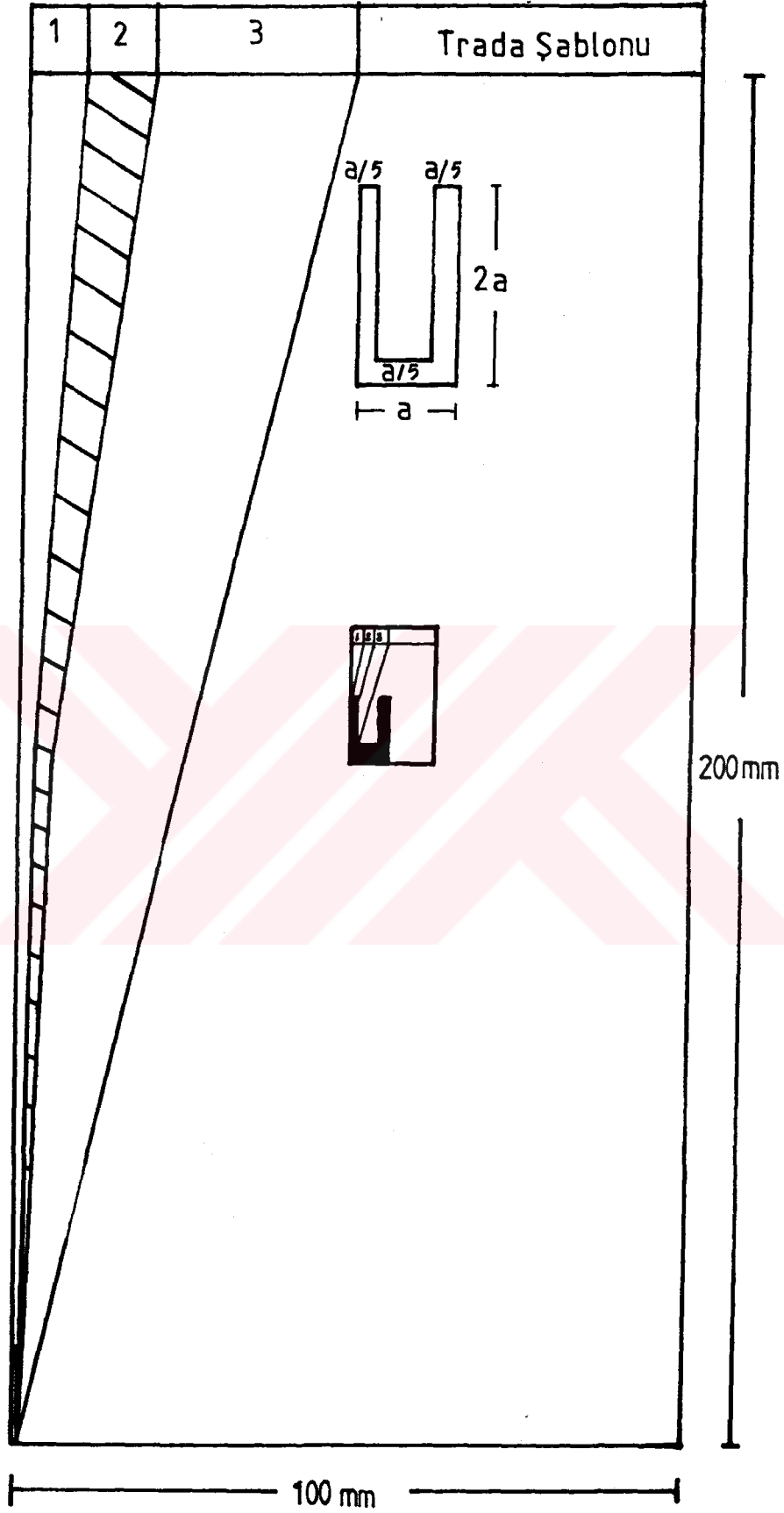
II.2.5.3. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)'nin Tespit Edilmesi (Çatal Örnek Testi Veya Dilimleme Testi)

EDG (1992)'ye göre kuruma gerilmesi veya dış sertleşmenin tespitinde çatal örnek testi veya dilimleme testi kullanılmaktadır. Bu araştırmada da aynı yöntem takip edilmiştir. Bunun için (Şekil-12)'de görülen TRADA şablonu kullanıldığından metodun adı TRADA metodu olarak belirtilmiştir. Test örnekleri sonuç kalite kontrolü örnek kerestesinin (Şekil-11) de belirtilen yerinden alınmak sureti ile teste tabi tutulmuştur.

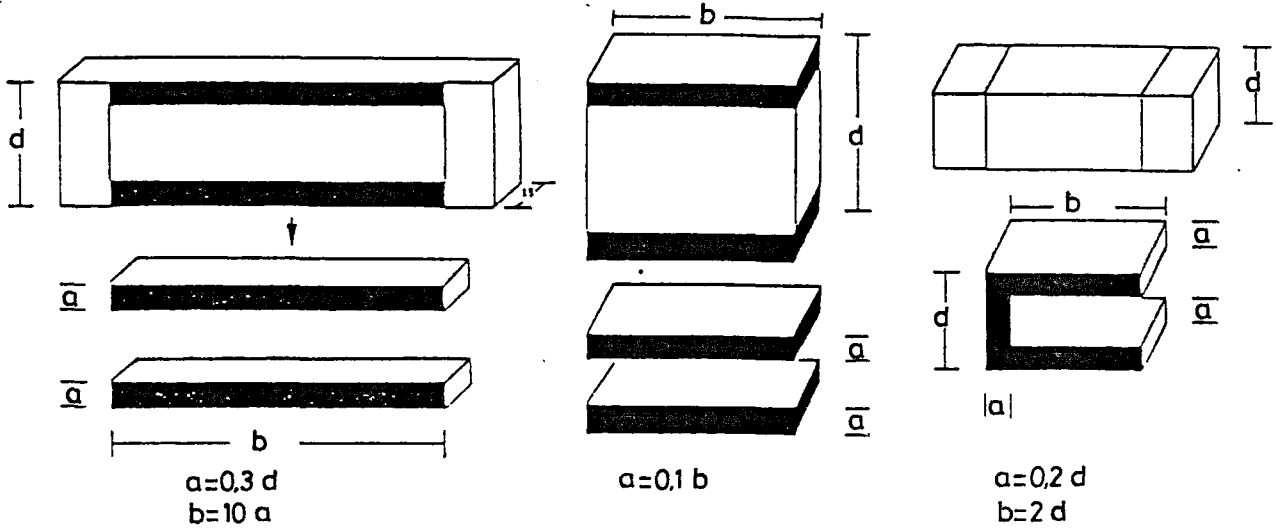
Bu çalışma için örnekler (Şekil-13)'de gösterilen boyutlarda kesilmiştir. Yönteme uygun olarak 30 mm kalınlıktaki kerestelerden dilim örnekleri, 70 mm kalınlıktaki kerestelerden çatal örnekler alınmıştır. Hazırlanan test örnekleri şablona uygun şekilde yerleştirilerek her bir dilim veya çatalın eğilme miktarı tespit edilmiştir. Testin yapılaş aşamalarını sıralayacak olursak;

1. Çatal ve dilim örnekleri belirtilen boyalarda kesilir,
2. Kesilen örnek şablonun sol alt köşesine yerleştirilir (dilim örneklerinde sırayla dilimler yerleştirilir),
3. Çatal veya dilim örneğinin eğiminin hangi bölgeye tekabül ettiği kaydedilir,
4. Örnek ters çevrilir ve aynı işlem diğer parmak için yapılır,
5. Elde edilen ölçümlerin ortalaması o örneğin değerlendirilmesinde kullanılır.

Bu işlem örneklerin kesilip hazırlanmasından hemen sonra ve $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, $\% 55 \pm 10$ Bağıl nemde 24-48 saat bekletildikten sonra olmak üzere iki kez yapılmıştır.



Şekil-12: Dış Sertleşme Miktarını Tespit İçin Kullanılan TRADA Şablonu (EDG 1992).



Şekil-13: Çatal Örnek ve Dilimleme Testi İçin Örneklerin Hazırlanması ve Kullanılması (EDG 1992).

II.2.5.4. Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmelerinin Kontrolü

Kurutma işlemine başlamadan önce, sonuç kalite kontrolünde kullanılacak her bir örnek kerestenin sahip olduğu çatlaklar (yüzey, iç ve uç çatlakları) ve şekil değişmeleri kaydedilmiş, ayrıca çatlaklar keresteler üzerine işaretlenmiştir. Kurutma sonrasında oluşan yeni çatlaklar ve şekil değişmeleri aynı protokole kaydedilmiştir. Çatlaklar (EDG 1992)'ye uygun olarak, yüzey çatlaklarında maksimum derinlik, iç çatlaklarının sayısı ve bütün içindeki yüzdesi, uç çatlaklarının maksimum uzunluğu ölçülmüştür. İç çatlakları (Şekil-11)'de belirtilen test örneklerinin enine kesitleri üzerinde incelenmiştir.

Bu kontrollerde oluklaşma, eğilme, kılıcına eğilme, burulma gibi şekil değişimleri gözle muayene edilmiş, oluklaşma miktarı ölçülmüş, diğerleri ise sadece isim olarak belirtilmiştir. Kollaps bulunan kerestelerde ise (EDG 1992)'ye uygun olarak kalınlık üzerinde en kalın ve en ince noktalar arasındaki fark ölçülerek değerlendirilmiştir.

II.2.6. Özgül Ağırlığın Tespiti

Denemeye iştirak eden kerestenin özgül ağırlığını tespit etmek amacı ile kurutmadan sonra sonuç kalite kontrolü örnek kerestelerinden özgül ağırlık örnekleri alınmıştır (Şekil-11). Bunların tam kuru ağırlıkları ve tam kuru hacimleri tespit edilerek tam kuru özgül ağırlıkları bulunmuştur.

II.2.7. Kurutma Kalitesinin Belirlenmesinde Takip Edilen Standart

Daha öncede bahsedildiği gibi kurutma kalitesinin belirlenmesinde EDG (1992)'den yararlanılmıştır. Bu standart Avrupa'lı Ahşap firmalarının ağaç işleme endüstrilerinin, araştırma ve eğitim kurumlarının temsilcileri arasında, teknik kurutmada kalite kontrol ve spesifikasyonların kolaylaştırılması amacıyla geliştirilmiştir. Bir başvuru kılavuzu niteliği taşıdığı belirtilmektedir.

Bu kılavuz büyük boyutlu yapı keresteleri hariç tutulmak üzere 80 mm kalınlığa kadar olan ağaç malzeme için kullanılabilir.

Kılavuz, kurutulmuş ağaç malzemeyi üç kalite sınıfına ayırmaktadır. Bunlar S (Standart), Q (Quality Dried) ve E (Exclusive) dir. S sınıfının kalite özellikleri muhtemelen çok yüksek bulunmamaktadır. Q ise daha yüksek kalite özellikleri göstermekte, E ise özel son kullanımlar için düzenlenmiş, çok yüksek kalite özellikleri gösteren kurutma kalitesi sınıfıdır.

Kılavuza göre bütün spesifikasyonlar ve sınıflamalar % 18'in altındaki rutubet miktarları için söz konusu olmak-

tadır (Tablo-13)'de EDG (1992)'ye ait üç kalite sınıfına ait kabul edilebilir limitler verilmektedir.

Yine kılavuza göre kurutulan kereste miktarına bağlı olarak örnek kereste sayısı 3 adetten 15 adete kadar olabilmektedir.

Tablo-13)'de ortalama rutubetin, hedef sonuç rutubetinden maksimum sapması ve yapılan münferit rutubet ölçümlerinin hedef sonuç rutubetinden maksimum sapması olmak üzere iki ayırım söz konusudur. Burada belirtilen münferit ölçümler içerisinde rutubet meylinin belirlenmesi amacıyla yapılan rutubet tespitleri de dahil edilmiştir. Bu şekilde iç ve dış tabakalar arasında meydana gelen rutubet farkı, yani rutubet meyli değerlendirilmektedir. Standarda göre toplam örnek sayısının yarısında rutubet farkı (veya rutubet meyli) için ölçüm yapılması test için yeterli görülmesine rağmen bu çalışmada bütün sonuç kalite kontrolü örnek tahtalarında rutubet farkı ile ilgili ölçümler yapılarak değerlendirmeye dahil edilmiştir. Ayrıca standartta % 90'lık güven sınırı sonuç rutubetinden sapan değerler için yeterli bulunmuştur. Buna göre ölçülen 10 değerden 9 tanesinin verilen limitler arasında kalması, kurutmanın uygun olarak değerlendirilmesi için yeterli görülmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde daha önce yapılmış araştırmalar dikkate alınarak, sonuç rutubeti ve rutubet meylinin değerlendirilmesinde % 95'lik güven sınırı esas alınmıştır.

II.2.8. Sonuçların Değerlendirilmesinde Uygulanan İstatistik Metod

Kurutma denemeleri sonucunda sonuç rutubeti ve rutubet meylini tespit etmek amacıyla yapılan ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan ve hesaplama yoluyla bulunan değerler şunlardır:

n = Ölçüm sayısı

\bar{X} = Aritmetik ortalama

S = Standart sapma

Tablo-13: EDG (1992)'ye Göre Kurutma Kalitesinin Değerlendirilmesinde Yararlanılan Toleranslar.

Kriterler	S (Standart)	Q (Quality dried)	E (Exclusive)
Hedef Sonuç Rutubeti (%) ile Ortalama	+ 2.0/-3.0	+ 2.0/-2.0	+ 1.5/-1.5
Rutubet Arasındaki Maksimum Sapma	+ 3.0/-3.0	+ 2.5/-2.5	+ 2.0/-2.0
Hedef (%) Sonuç Rutubeti ile	+ 4.0/-Sınırsız	+ 3.0/-3.0	+ 2.0/-2.0
Münferit Rutubet Ölçümleri Arasındaki Maksimum Sapma	+ 6.0/-Sınırsız	+ 4.0/-4.0	+ 3.0/-3.0
Çatlaklar	İlk ölçüm	Hafif (1)	Hafif (1)
	24 Saat Sonraki ölçüm	Şiddetli (3)	Orta (2)
Kollaps (Örneklerin %10'unda)	Max. 6 mm	Max. 3 mm	Max. 2 mm
Yüzey Çatlakları (Her bir yüzeyde)	Max. Derinlik 5 mm	Max. Derinlik 3 mm	Max. Derinlik 2 mm
İç Çatlakları	Örneklerin %10'unda	Örneklerin %5'inde	Örneklerin %2'sinde
Uç Çatlakları (örneklerin %90'ında)	Max. uzunluk 200 mm	Max. uzunluk 100 mm	Max. uzunluk 50 mm
Şekil Değişimleri	300 mm	200 mm	100 mm

Daralma anizotropisından kaynaklanan şekil değişimleri kabul edilir. Fakat düzensiz çıtalama ve istiflemeye kaynaklanan şekil değişimleri kabul edilmez.

Elde edilen aritmetik ortalamaların standarta uygunluğunun testinde en küçük ve en büyük güvenilir değer kavramları kullanılmıştır. En küçük güvenilir değer (EKGD) ve en büyük güvenilir değer (EBGD) aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$EKGD = \bar{X} - t_{n-1} \cdot S_{\bar{X}}$$

$$EBGD = \bar{X} + t_{n-1} \cdot S_{\bar{X}}$$

$S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalamanın standart hatası,

\bar{X} = İncelenen özellik ile ilgili aritmetik ortalama,

n = Yapılan ölçüm sayısı,

t = % 95 güven seviyesi için (n-1) serbestlik derecesine göre tablodan alınan t değeri.

Bu iki değer yardımıyla elde edilen sonuçlar en yüksek kalite sınıfını ifade eden E sınıfından başlamak suretiyle karşılaştırılmıştır. Bu değerlerden her ikisinin veya herhangi birinin limit dışında kalması durumunda bir sonraki kalite sınıfına geçilmiştir. Bu şekilde değerlendirme yaparak her iki kalınlık için yapılan kurutma uygulamalarının hangi kalite sınıfına dahil edileceği tespit edilmiştir.

Nitelik özellikleri olarak ele alınan Dış sertleşme, Kollaps ve Çatlaklar ise standarta bağlı kalınarak ayrıca incelenmiştir.

Kollaps bulunan örneklerde maksimum kereste kalınlığı bulunmuş, daha sonra kusurlu örnek sayısı toplam örnek sayısına bölünerek yüzdesi bulunmuş ve kalite sınıflarıyla birbir karşılaştırılmıştır.

Uç çatlaklarının değerlendirilmesinde ise maksimum çatlak uzunluğu ölçülmüş ve uç çatlağı bulunan örnekler toplam örnek sayısına oranlanarak yüzdesi hesap edilmek suretiyle kalite sınıflarıyla karşılaştırılmıştır.

İç çatlaklarının değerlendirilmesinde iç çatlağı bulunan örnek sayısı bulunmuş, toplam örnek sayısına oranlanarak yüzdesi hesap edilmek sureti ile kalite sınıflarıyla karşılaştırılmıştır.

Yüzey çatlakları ise kerestenin her iki yüzeyi de dikkate alınarak maksimum çatlak derinliği bulunmuş ve bu değer kalite sınıflarıyla karşılaştırılmak sureti ile sonuca ulaşılmıştır.

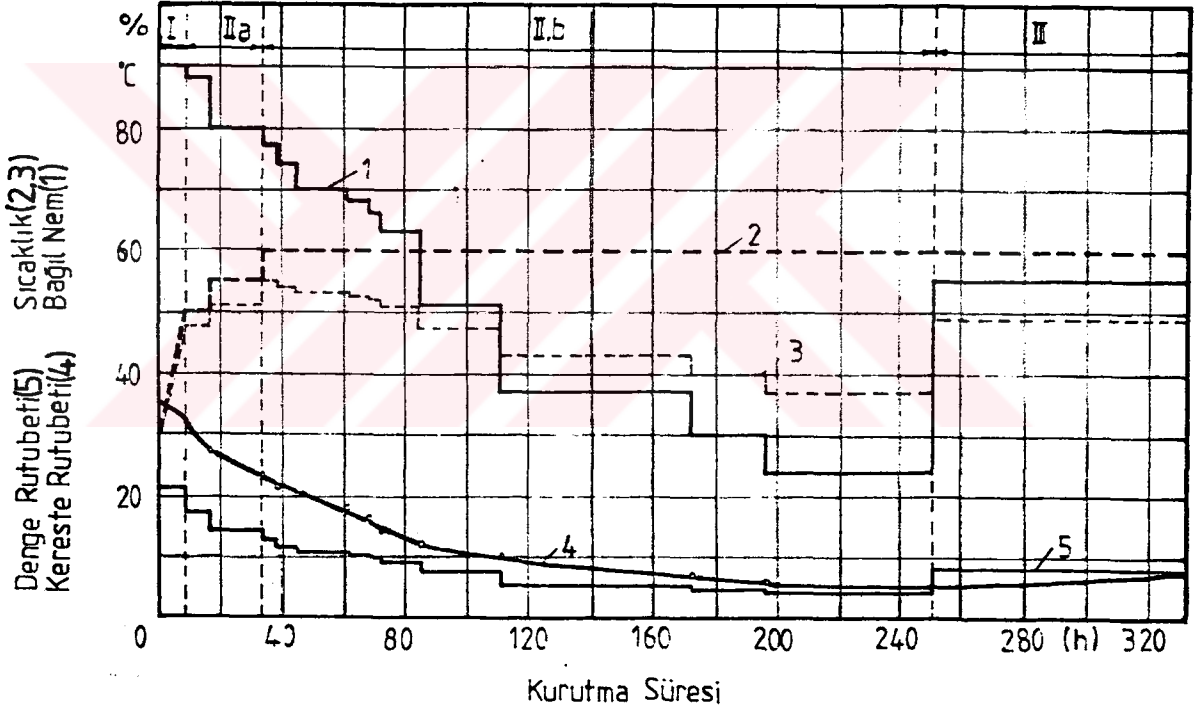


III. BULGULAR

III.1. 30 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulması İle Elde Edilen Sonuçlar

III.1.1. Kurutma Süresi

Tablo-11'de verilen kurutma programının uygulanması ile ortam şartlarına bağlı olarak kereste rutubeti gidişi ve her periyotta geçen süreler (Şekil-14)'de verilmiştir.



Şekil-14: 30 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Ortam Şartlarına Bağlı Olarak Kereste Rutubeti Gidişi ve Kurutma Süresi (I. Isıtma, II. Kurutma, III. Denkleştirme).

Şekilde de görüleceği gibi kurutmaya % 35 kereste rutubeti ile başlanmış, 8 saat uygulanan ısıtma periyodunda sıcaklık 30 °C'den 50 °C'ye yükseltilmiş ve bu durumda % 90

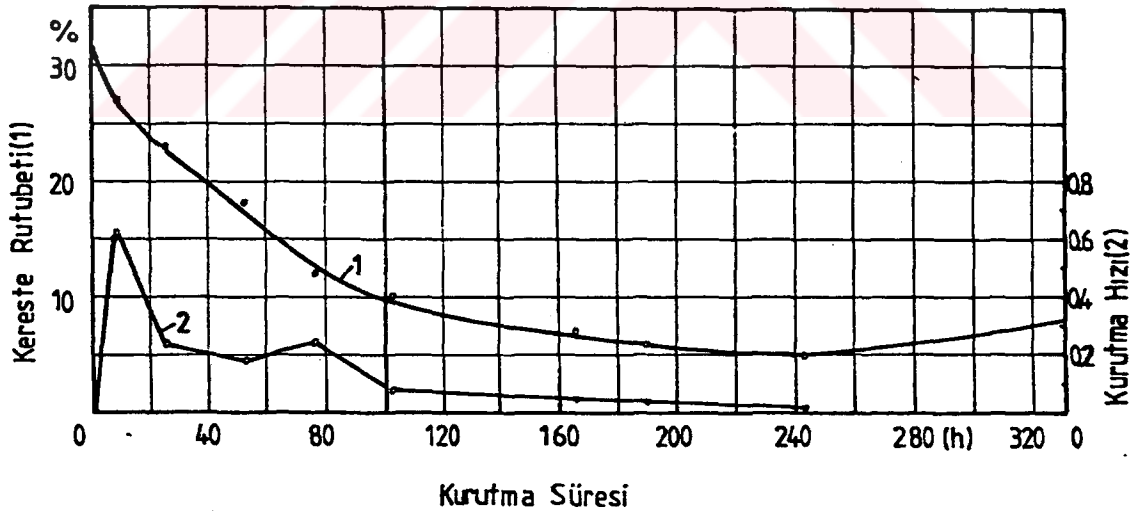
bağıl nem uygulanmıştır. Bu şartlar altında periyod sonunda % 3'lük bir rutubet kaybı meydana gelmiştir.

Esas kurutma periyodunun birinci basamağı olan lif doygunluğu rutubet derecesine kadar devam eden periyodda % 23 rutubete 25 saatte ulaşılmıştır. Bu periyod sonunda % 80 bağıl nem derecesine inilirken, sıcaklık 60 °C'ye yükseltilmiştir.

Esas kurutma periyodunun ikinci basamağında, kereste rutubeti % 23'den % 12'ye 51 saatte ulaşırken, bu noktadan itibaren yavaş bir kuruma meydana gelmiş ve 167 saatte % 12'den % 5'e ulaşılmıştır. Bu periyodda 60 °C sabit sıcaklık uygulanmış, buna karşılık bağıl nem periyod sonunda % 23.5'a kadar düşürülmüştür.

Son aşamada ise esas kurutma periyodu sonunda ulaşılan % 5 rutubetten % 8 sonuç rutubetine kadar 80.5 saat süreyle denkleştirme uygulanmıştır.

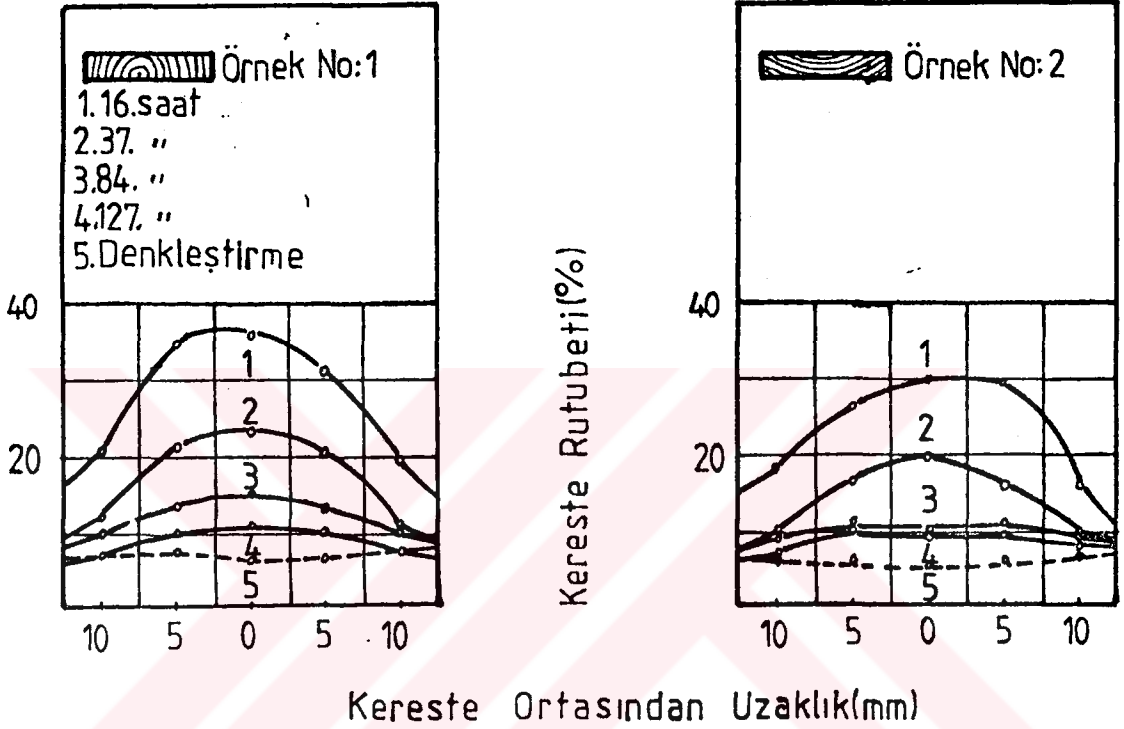
Şekil-15'de kurutmanın ve kurutma hızının gidişi görülmektedir.



Şekil-15: 30 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Kereste Rutubeti İle Kurutma Hızının Gidişi.

III.1.2. Ara Kalite Kontrolü Sonuçları

Kurutma boyunca ara kalite kontrol örnek kerestelerinden alınan test örnekleri üzerinde yapılan inceleme ve ölçümler sonucunda kereste kalınlığı boyunca iç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı (rutubet meyli) incelenmiştir (Şekil-16).



Şekil-16: 30 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında, Kurutma İşleminin Çeşitli Safhalarında, Kereste Enine Kesitleri İçerisindeki Rutubet Dağılışı.

Yapılan kontroller sonucunda bir numaralı örnek için, 16 saatte % 15.6, 37. saatte % 11.6, 84. saatte % 5, 127. saatte % 3.4, denkleştirme periyodu sonunda ise % -1 rutubet meyli değeri tespit edilmiştir.

Aynı örnekte yapılan çatal örnek testinde 84. saatten itibaren çatal parmaklarından sadece birinin içe doğru kapandığı görülmüştür. Denkleştirme periyodu sonunda ise çatal örneklerin parmakları dışa doğru açılmıştır (Resim-4).

Yapılan kontrollerde kurutma boyunca örnek kerestede herhangi bir çatlama rastlanmamıştır.

Ayrıca yapılan tespitlerde 16. saatten itibaren şekil değişmelerinden oluklaşma kusurunun meydana geldiği gözlenmiştir.

İki numaralı örnek kereste üzerinde yapılan kontroller sonucunda; 16. saatte % 12.6, 37. saatte % 6.4, 84. saatte % 0.6, 127. saatte % 1.6 ve denkleştirme periyodu sonunda % -1.4 rutubet meylî olduğu gözlenmiştir.

Aynı örnekte yapılan diğer kontroller sonucunda, kurutma boyunca çatlama meydana gelmediği, 127. saatten sonra tek yönlü olmak üzere çok az miktarda gerilmenin olduğu, denkleştirme periyodu sonrasında ise çatal örneğin parmaklarının dışı doğru açıldığı gözlenmiştir. Ayrıca kurutma boyunca herhangi bir şekil değişmesi kusuruna rastlanmamıştır.

III.1.3. Sonuç Rutubeti

Hazırlanan kurutma programında da görüleceği gibi sonuç rutubeti bakımından değerlendirmede hedef sonuç rutubeti % 8 kabul edilmiştir. Bu noktadan hareketle yapılan istatistik değerlendirmede elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

$$n = 39$$

$$\bar{x} = 8.236$$

$$s = 0.305$$

$$S_{\bar{x}} = 0.049$$

$$t_{n-1} = 2.021$$

Bu değerler yardımı ile bulunan,

$$EKGD = 8.137$$

$$EBGD = 8.335'dir.$$

% 8 hedef sonuç rutubetine göre, E kurutma kalitesi sınıfı için arzu edilen maksimum değer % 9.5, minimum değer % 6.5 olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, her iki değer de limitler arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre 30 mm kalınlık

için uyguladığımız kurutma programı sonucunda, ortalama sonuç rutubeti bakımından E kalite sınıfına ulaşılmıştır.

III.1.4. Rutubet Meyli

Rutubet meyli tespiti için yapılan ölçümlerin istatistik bakımdan değerlendirilmesiyle aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

$$\begin{aligned}n &= 117 \\ \bar{x} &= 8.630 \\ s &= 0.7626 \\ S_{\bar{x}} &= 0.0705 \\ t_{n-1} &= 1.980\end{aligned}$$

Bu değerler yardımıyla bulunan,

$$\begin{aligned}EKGD &= 8.490 \\ EBGD &= 8.769 \text{ 'dir.}\end{aligned}$$

% 8 hedef sonuç rutubetine göre, E sınıfı için arzu edilen maksimum değer % 10, minimum değer % 6 olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, her iki değerinde limitler arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre 30 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonunda, rutubet meyli bakımından E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

III.1.5. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)

20 adet örnek keresteden alınan toplam 40 adet test örneğinden, kereste kalınlığı 40 mm den az olduğundan dilim örnekleri kesilmiştir. Kesilen dilim örnekleri TRADA Şablonuna yerleştirilmek sureti ile her bir parmağın eğilen ucunun şablon üzerinde kaç numaralı bölgeye isabet ettiği bulunmuştur. Bu değer yardımıyla dış sertleşme miktarı belirlenmiştir.

Bu işlem kurutma tamamlandıktan hemen sonra ve 24 saat sonra olmak üzere iki defa yapılmıştır.

Yapılan ölçümler sonucunda dilimlerin bir kısmında dışa veya içe doğru eğilme olmadığı, az bir kısmında ise dışa doğru (Ters yönde) eğilme meydana geldiği gözlenmiştir.

Elde edilen tüm değerlerin ortalaması alındığında hem ilk ölçümde hem de 24 saat sonra yapılan ölçümde dış sertleşmenin birinci bölgede kaldığı tespit edilmiştir. Buna göre hafif dış sertleşme olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Sonuçta 30 mm kalınlık için uygulanan kurutma programı ile dış sertleşme oluşumu bakımından da E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

III.1.6. Çatlaklar, Kollaps, Şekil Değişmeleri

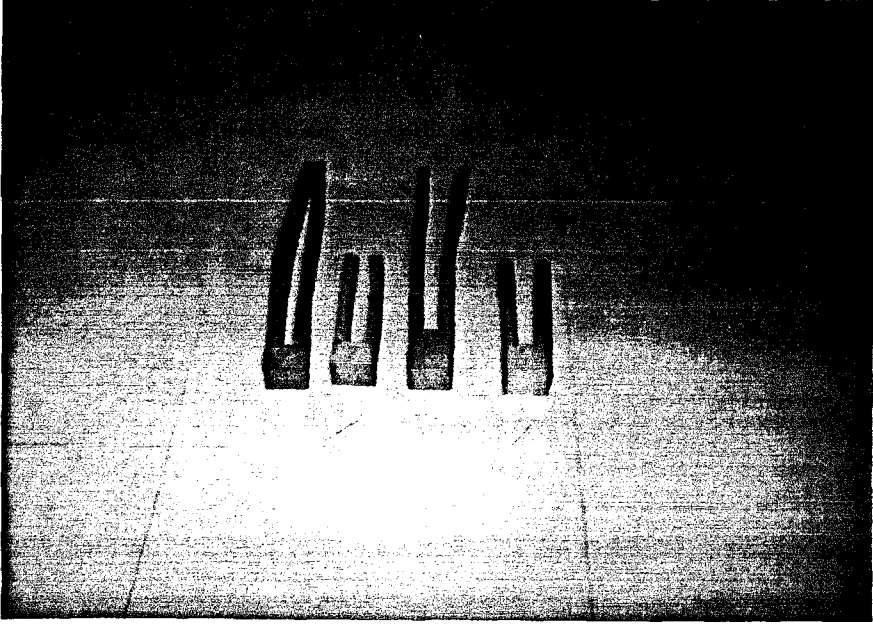
Sonuç kalite kontrol örnek keresteleri üzerinde çatlaklar bakımından yapılan kontrollerde yüzey çatlakları, iç çatlakları ve Uç çatlaklarından herhangi birine rastlanmamıştır.

Sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinden alınan test örnekleri üzerinde yapılan kontrollerde kollaps oluşumuna rastlanmamıştır.

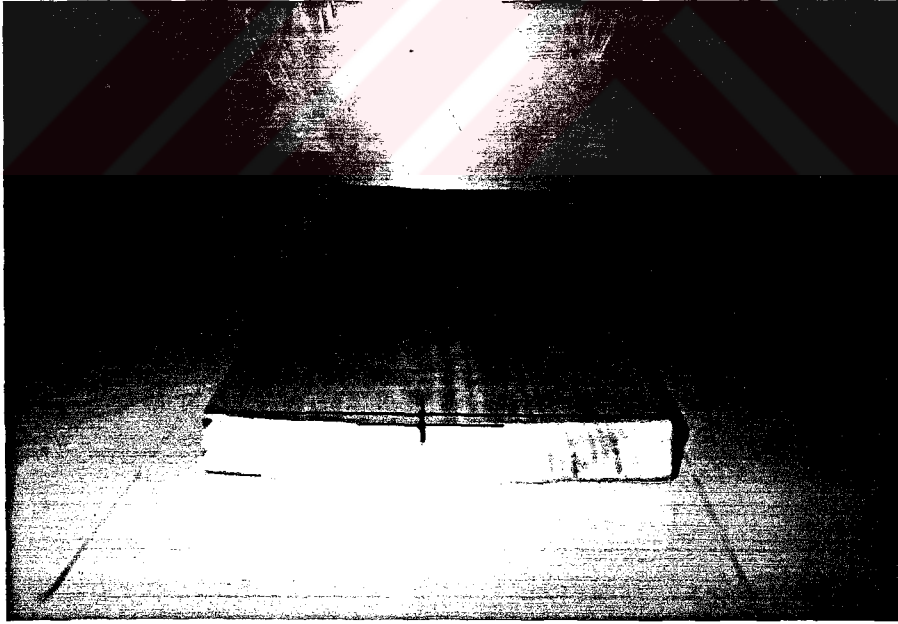
Her ne kadar şekil değişmeleri, kalite sınıfları içerisinde doğrudan dahil edilmemiş ise de sonuç kalite kontrol örnek keresteleri şekil değişmeleri bakımından da değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan gözle muayene neticesinde 20 örnekten 2'sinde eğilme, 8'inde oluklaşma (Resim-5), 1'inde Kılıcına eğilme kusuruna rastlanmıştır. Ayrıca genel olarak budak çatlaklarının oluştuğu gözlenmiştir (Resim-6).

III.1.7. Özgül Ağırlık

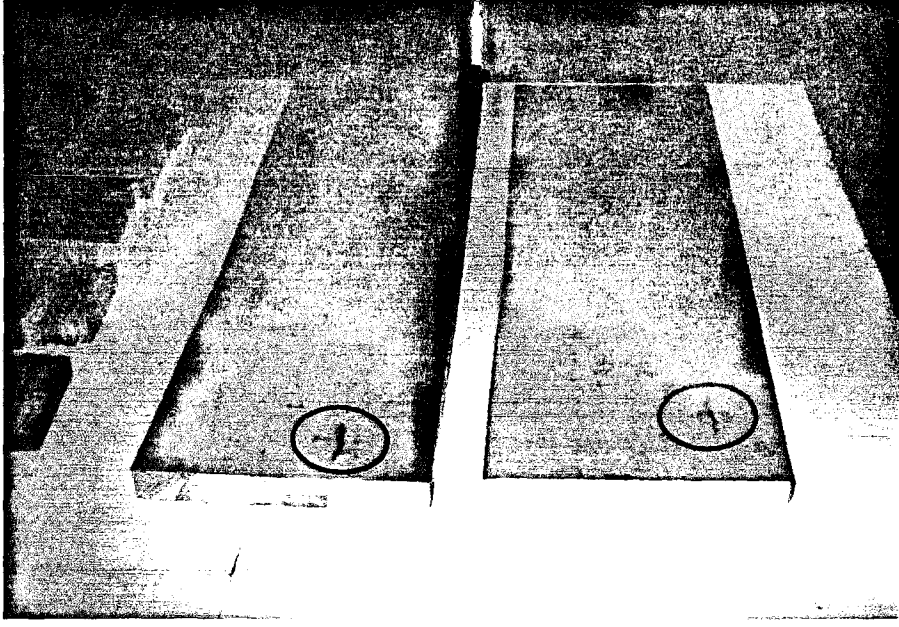
Test örnekleri alınmak sureti ile yapılan ölçümler sonucu tam kuru özgül ağırlık $r_0 = 576.6 \text{ kg/m}^3$ bulunmuştur.



Resim-4: Ara Kalite Kontrol Örnek Kerestelerinden Alınan Çatal Örnekler (Foto.: ÜNSAL)



Resim-5: Oluklaşma Meydana Gelmiş Kereste (Foto.: ÜNSAL).



Resim-6: Kurutma Sonunda Meydana Gelen Budak Çatlakları (Foto.: ÜNSAL).

III.1.8. 30 mm Kalınlıkta Ceviz Parke Taslakları İle Yapılan İlk Kurutma Denemesi Sonuçları

Daha öncede bahsedildiği gibi Orman Fakültesinde yapılan esas kurutma denemeleri öncesinde Gebze fabrikasında ve Alemdağ fabrikasında iki farklı kalınlık için ön kurutma denemeleri yapılmıştır.

Bu bölümde 30 mm kalınlıkta ceviz parke taslakları üzerinde yapılan ön kurutma denemelerinden biri örnek olarak sunulmaktadır.

Araştırmada buharlanmış ve doğal ön kurutmaya tabi tutulmuş gövde odunundan elde edilen 20 adet düzgün lifli ve kök odunundan elde edilen 20 adet karışık lifli parke taslağı kullanılmıştır.

Başlangıç rutubetleri ortalama % 30 olan her iki grup örnek % 8 sonuç rutubetine kadar kurutmaya tabi tutulmuştur.

Kurutma periyodu başlangıcında 40 °C kuru termometre sıcaklığı uygulanmış, Lif doygunluğu rutubet derecesinden sonra ise 50 °C sıcaklığa çıkılmıştır. Kurutma periyodu sonunda 50 °C kuru termometre sıcaklığı ve % 10 psikrometrik farka (Bağıl nem % 54) ulaşılmıştır. Denkleştirme periyodunda ise 24 saat süre ile 50 °C kuru termometre sıcaklığı ve % 5 psikrometrik fark uygulanarak kurutma tamamlanmıştır. Bu şekilde kurutma 300 saat (yaklaşık 13 gün)'te tamamlanmıştır.

Kurutma sonunda örnekler kurutma kusurları (çatlaklar ve şekil değişimleri) ve rutubet meylî bakımından değerlendirilmiştir. Sonuçta çatlak oluşumuna rastlanmadığı tespit edilmiştir. Sadece şekil değişimleri ele alındığında düzgün lifli örneklerde kusurlu oranının % 16, karışık lifli örneklerde ise % 65 olduğu belirlenmiştir. Rutubet meylî bakımından yapılan tespitte her iki grup örnek için ortalama % 1 rutubet meylî tespit edilmiştir.

III.2. 70 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulması İle Elde Edilen Sonuçlar

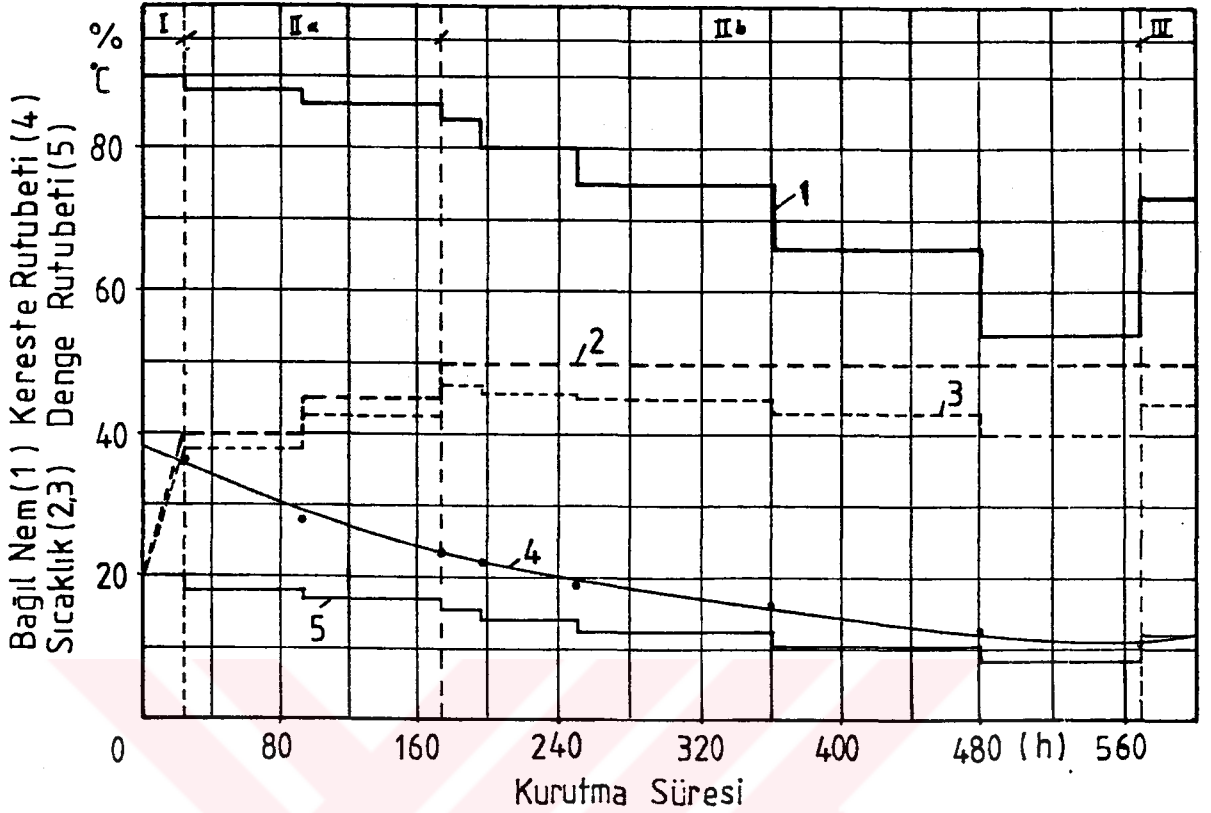
III.2.1. Kurutma Süresi

Tablo-12'de verilen kurutma programının uygulanması ile ortam şartlarına bağılı olarak kereste rutubeti gidişî ve her periyodda geçen süreler (Şekil-17)'de verilmiştir.

Şekilde de görüleceği gibi kurutmaya % 38 kereste rutubeti ile başlanmış, 25 saat uygulanan ısıtma periyodunda sıcaklık 30 °C'den 40 °C'ye yükseltilmiş ve bu durumda % 90 Bağıl nem uygulanmıştır. Bu şartlar altında periyod sonunda % 2'lik bir rutubet kaybı meydana gelmiştir.

Esas kurutma periyodunun birinci basamağı olan lif doygunluğu rutubet derecesine kadar devam eden periyodda % 23 rutubete 151 saatte ulaşılmıştır. Bu periyod sonunda % 86 Bağıl neme inilirken, sıcaklık 50 °C'ye yükseltilmiştir.

Esas kurutma periyodunun ikinci basamağında, kereste rutubeti % 23'den % 11'e inerken normal bir eğri göstermiş ve

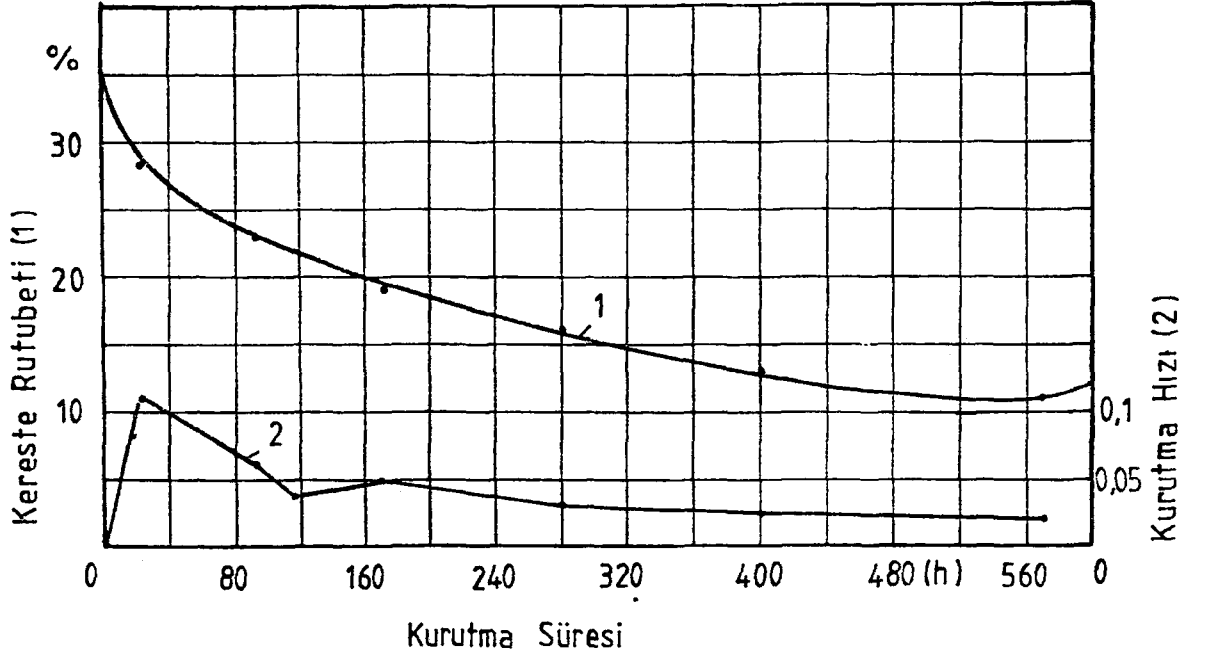


Şekil-17: 70 mm Kalınlıktaki Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında ortam Şartlarına Bağlı Olarak Kereste Rutubeti Gidişi ve Kurutma Süresi (I.Isıtma, II.Kurutma, III.Denkleştirme).

% 11 rutubete 394 saatte ulaşılmıştır. Bu periyotta 50 °C sabit sıcaklık uygulanmış, buna karşılık bağıl nem periyod sonunda % 54'e kadar düşürülmüştür.

Son aşamada ise esas kurutma periyodu sonunda ulaşılan % 11 rutubetten % 12 sonuç rutubetine kadar 30 saat süreyle denkleştirme uygulanmıştır.

Şekil-18'de kurutmanın ve kurutma hızının gidişi görülmektedir.



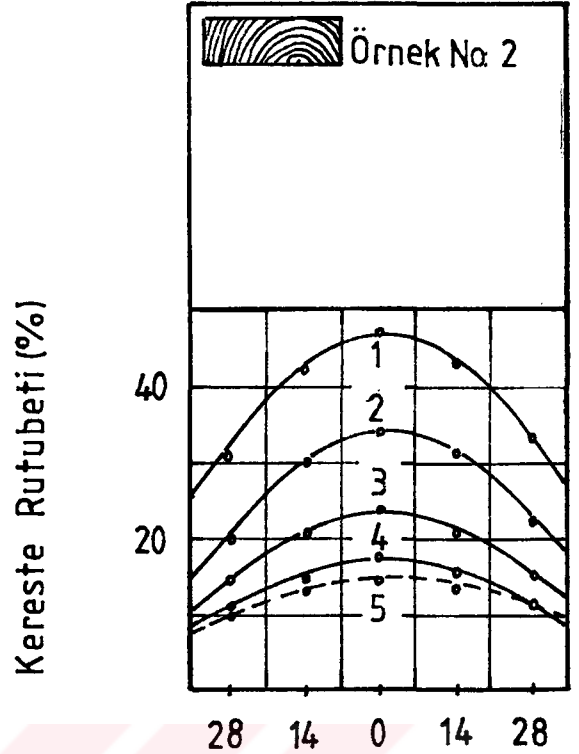
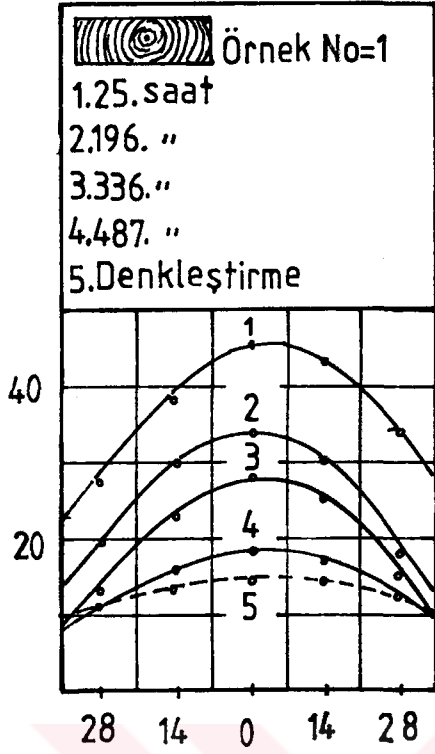
Şekil-18: 70 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında Kereste Rutubeti İle Kurutma Hızının Gidişi.

III.2.2. Ara Kalite Kontrolü Sonuçları

Kurutma boyunca ara kalite kontrol örnek kerestelerinden alınan test örnekleri üzerinde yapılan inceleme ve ölçümler sonucunda kereste kalınlığı boyunca iç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı (rutubet meyli) incelenmiştir (Şekil-19).

Yapılan kontroller sonucunda bir numaralı örnek kereste için 25. saatte % 14.5, 196. saatte % 15, 336. saatte % 10 ve 487. saatte % 6.5 rutubet meyli değeri tespit edilmiştir.

Aynı örnek kerestede yapılan çatal örnek testinde, ısıtma periyodunda çatal parmaklarının çok az miktarda dışa doğru eğildiği gözlenmiştir. Kurutma periyodunda yapılan ilk kontrolde dış parmakların şiddetli şekilde içe doğru eğildiği gözlenmiştir. İçteki parmaklar ise dışa doğru eğilmiştir. Daha sonraki kontrollerde eğilmelerin giderek azaldığı tespit edilmiştir.



Kereste Ortasından Uzaklık (mm)

Sekil-19: 70 mm Kalınlıkta Ceviz Kerestesinin Kurutulmasında, Kurutma İşleminin Çeşitli Safhalarında, Kereste Enine Kesitleri İçerisindeki Rutubet Dağılımı.

Yapılan ara kontrollerde çatlak ve şekil değişmesine rastlanmamıştır.

İki numaralı örnek kereste üzerinde yapılan kontroller sonucunda; 25. saatte % 15.5, 196. saatte % 13, 336. saatte % 9 ve 487. saatte % 5.5 rutubet meylili olduğu gözlenmiştir.

Aynı örnek kerestede yapılan diğer kontroller sonucunda, kurutma boyunca çatlama meydana gelmediği, başlangıçta çatal parmaklarının şiddetli biçimde içe doğru eğildiği, fakat kurutma ilerledikçe eğilme miktarının azaldığı gözlenmiştir. 336. saatte yapılan kontrolde örnek kerestede eğilme kusurunun olduğu gözlenmiştir.

III.2.3. Sonuç Rutubeti

Hazırlanan kurutma programından da görüleceği gibi sonuç rutubeti bakımından değerlendirilmede hedef sonuç rutubeti % 12 kabul edilmiştir. Bu noktadan hareketle yapılan istatistik değerlendirilmede elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned}n &= 10 \\ \bar{x} &= 12.98 \\ S &= 1.836 \\ \frac{S}{\sqrt{x}} &= 0.581 \\ t_{n-1} &= 2.262\end{aligned}$$

Bu değerler yardımı ile bulunan,

$$\begin{aligned}EKGD &= 11.666 \\ EBGD &= 14.294 \text{ 'dir.}\end{aligned}$$

% 12 hedef sonuç rutubetine göre, E kurutma kalitesi sınıfı için arzu edilen maksimum değer % 14, minimum değer % 10 olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, EBGD'in arzu edilen maksimum değerden yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle kurutma kalitesi, sonuç rutubeti bakımından E sınıfına ulaşamamaktadır. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bir sonraki kalite sınıfı olan Q kurutma kalitesi sınıfı ile karşılaştırdığımızda, her iki değer de limitler arasında bulunduğu görülmektedir. Buna göre 70 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonucunda, ortalama sonuç rutubeti bakımından Q kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

III.2.4. Rutubet Meyli

Rutubet meyli tespiti için yapılan ölçümlerin istatistik bakımından değerlendirilmesiyle aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

$$\begin{aligned}n &= 30 \\ \bar{x} &= 13.112 \\ S &= 5.267 \\ \frac{S}{\bar{x}} &= 0.962 \\ t_{n-1} &= 2.045\end{aligned}$$

Bu değerler yardımı ile bulunan,

$$\begin{aligned}\text{EKGD} &= 11.145 \\ \text{EBGD} &= 15.079\text{'dir.}\end{aligned}$$

% 12 hedef sonuç rutubetine göre, E kurutma kalitesi sınıfı için arzu edilen maksimum değerin % 15, minimum değerin % 9 olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, EBGD'in limit dışına çıktığı görülmektedir. Bu nedenle kurutma kalitesi, rutubet meyli bakımından E kurutma kalitesi sınıfına ulaşmamaktadır. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bir sonraki kurutma kalitesi sınıfı olan Q sınıfı ile karşılaştırdığımızda, her iki değerin de limitler arasında bulunduğu görülmektedir. Buna göre 70 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonunda, rutubet meyli bakımından Q kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

III.2.5. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)

5 adet örnek keresteden alınan toplam 10 adet test örneğinden atal örnekler kesilmiş ve TRADA şablonundan yararlanarak meydana gelen dış sertleşme miktarı değerlendirilmiştir (Resim-7).

Yapılan lmler sonucunda ilk ölçüm ve 24 saat sonraki ölçümden elde edilen değerlerin ortalaması alındığında dış sertleşme miktarının birinci bölgede kaldığı tespit edilmiştir. Buna göre hafif dış sertleşme olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Sonuçta 70 mm kalınlık için uygulanan kurutma programı ile dış sertleşme oluşumu bakımından E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

III.2.6. Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmeleri

Sonuç kalite kontrol örnek keresteleri üzerinde çatlaklar bakımından yapılan kontrollerde yüzey çatlakları, iç çatlakları ve uç çatlaklarından herhangi birine rastlanmamıştır.

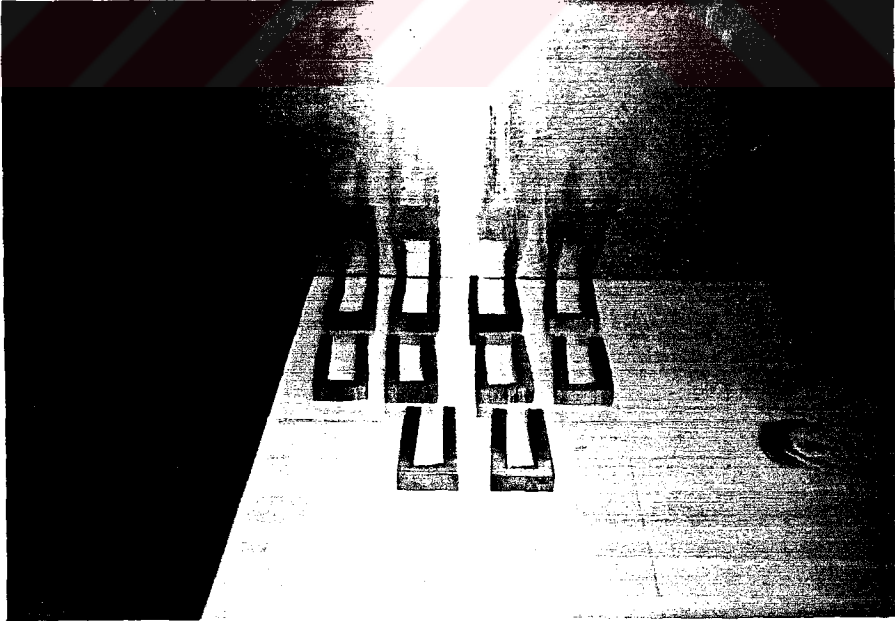
Sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinden alınan test örnekleri üzerinde yapılan kontrollerde kollaps oluşumuna rastlanmamıştır.

Yapılan gözle muayene neticesinde 5 adet örnek keresteden 4'ünde çok az miktarda eğilme ve bunlardan birinde sınırlı miktarda oluklaşma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Ayrıca genel olarak budak bölgelerinde çatlaklar oluştuğu görülmüştür (Resim-8).

III.2.7. Özgül Ağırlık

Test örnekleri alınmak sureti ile yapılan ölçümler sonucu tam kuru özgül ağırlık $r_0 = 581.6 \text{ kg/m}^3$ bulunmuştur.



Resim-7: Sonuç Kalite Kontrol Örnek Kerestesinden Dış Sertleşme Tespiti İçin Alınan Çatal Örnekler (Foto.: ÜNSAI.)



Resim-8: Kurutma ile Oluşan Budak Çatlakları
(Foto.: ÜNSAL).

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde uygulanan kurutma programları ve elde edilen sonuçlar daha önce bu konuda yapılmış araştırmalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmak suretiyle tartışılmaktadır.

Her iki kalınlık için elde edilen sonuçlar irdelendiğinde koruyucu kurutma şartları uygulandığı anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak kurutma süresi de o oranda uzamaktadır.

Tablo-11'de görülen kurutma programı incelendiğinde 30 mm kalınlık için, kurutma periyodunda 60 °C sabit sıcaklık ve yaklaşık 1.8 kurutma meyli uygulandığı görülmektedir. Buna karşılık ulaşılan kurutma kalitesi sınıfı ise özel son kullanımlar için düşünülmüş E kurutma kalitesi olmuştur.

Bu kalınlık için elde edilen sonuçlar detaylı incelendiğinde, sonuç rutubeti ve rutubet meyli bakımından elde edilen değerlerin çok sınırlı limitler arasında kaldığı, dış sertleşmenin dikkate alınmayacak kadar az olduğu, kollaps ve çatlaklara rastlanmadığı tespit edilmiştir.

E kurutma kalitesi sınıfına ait limitler dikkate alındığında kurutma şiddetini tayin eden kurutma meyli değerinin daha yüksek seçilebileceği gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu durumda kurutma süresinin de kısalması söz konusudur.

Program incelendiğinde kurutma periyodu sonunda % 5 rutubete inildiği görülmektedir. Bu durumda sonuç rutubetine yükselmek için uygulanan denkleştirme periyodu uzamıştır. Ayrıca kurutma sonunda yapılan rutubet meyli tespitinde sürenin uzun tutulması nedeniyle kerestenin dış tabakalarında rutubetin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bu değerlendirmeler ışığında denkleştirme periyodunun daha kısa süre uygulanabileceği anlaşılmaktadır.

Tablo-12'de görülen kurutma programı incelendiğinde 70mm

kalınlık için kurutma periyodunda 50 °C sabit sıcaklık ve 1.5 kurutma meylı uygulandığı görölmektedir. Bu şartlar altında sonuç rutubeti ve rutubet meylı bakımından bir alt sınıf olan Q kurutma kalitesine ulaşılmıştır. Bu sonuçla denkleştirme periyodu süresinin diğer kurutmaya oranla daha kısa tutulduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca yapılan ara kalite kontrollerinde yüksek rutubet meylı oluştuduğu tespit edilmiştir. Bu durumda kurutma şartlarının şiddetlendirilmemesi gerekmektedir.

Bu kalınlık için kurutma süresinin fazla uzayacağı düşünülerek sonuç rutubeti % 12 kabul edilmiştir.

Teorik olarak ısıtma periyodunda rutubet kaybı meydana gelmemesi gerekir. Fakat uygulamada % 2-3 rutubet kaybı meydana gelebilmektedir. Nitekim bu denemelerde de ısıtma periyodunda bu sınırlar arasında kuruma meydana gelmiştir.

Bu konuda daha önce Amerika'da J. nigra ile yapılan araştırmalarda ise aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

McMILLEN (1960) 2.5 cm kalınlıktaki Kara ceviz kerestesinin % 20 den % 6 ya kadar kurutulması için geçen sürenin 5-8 gün, taze halden % 6 ya kadar kurutmada ise yaklaşık 10-16 gün olduğunu belirtmiştir.

Bu sonuçları araştırmamız sonuçları ile karşılaştırdığımızda 30 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı ile elde edilen sürenin bahsedilen araştırmaya paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

MILLETT (1961) tarafından aynı başlangıç ve sonuç rutubetleri esas alınarak 30 mm kalınlıkta Kara ceviz kerestesinin kurutma programı hazırlanmıştır (Bkz. Literatür Özeti). Verilen program aynı kalınlık için hazırladığımız ve uyguladığımız programla karşılaştırdığımızda özellikle uygulanan bağıl nem yüzdeleri ve denge rutubetleri bakımından benzerlik göstermektedir.

Yapılan kurutma denemelerine göre Adi cevizin önemli bazı kurutma özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Ceviz kerestesi çatlama ve kabuklaşmaya karşı hassas değildir. Ancak kollapsa karşı hassas olmasına rağmen uyguladığımız koruyucu kurutma şartları altında bu kusur meydana gelmemiştir. Buna karşın koruyucu kurutma şartlarında dahi istifleme hatasından kaynaklanmayan oluklaşma ve eğilme kusuru meydana gelmektedir.

Taze haldeki kalın kerestenin kurutulmasında düşük sıcaklık ve küçük kurutma meylı, yani çok koruyucu kurutma şartlarının uygulanması halinde sonuca ulaşılabileceği, buna bağlı olarak kurutma süresinin ekonomik bakımdan kabul edilemeyecek kadar uzun olacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle taze haldeki kerestenin üstü kapalı yanları açık yerlerde % 30 rutubet derecesine kadar bir ön kurutma yapıldıktan sonra teknik kurutmaya tabi tutulması gereği ortaya çıkmaktadır. Nitekim tüm uygulamada ve yaptığımız denemelerde buna dikkat edilmiştir. Aksi taktirde teknik kurutma esnasında önemli rutubet farkları meydana gelmekte ve iç çatlaklar oluşabilmektedir.

İnce kerestede 60 °C sabit sıcaklık ve 1.8-2 kurutma meylı, kalın kerestede ise 50 °C sıcaklık ve 1.5 kurutma meylı yüksek kaliteli sonuçlar vermektedir.

Yapılan araştırmada kereste kalınlığı arttıkça kurutma hızının önemli oranda düştüğü tespit edilmiştir. (Şekil-15 ve Şekil-18).

Genel olarak ceviz kerestesinin yavaş kurutulması gerekmektedir.

V. ÖZET

"Ceviz Kerestesinin Teknik Kurutma Özellikleri Üzerine Araştırmalar" adlı bu araştırmada Adi Ceviz kerestesinin farklı kalınlıklarıyla teknik kurutma denemeleri yapmak suretiyle kurutma özellikleri incelenmiştir.

Araştırmanın ilk bölümünde, kurutma konusunda genel bilgiler verilmiş ve kurutma bakımından ağaç malzemenin önemli bazı özellikleri açıklanmıştır. Ayrıca araştırma içinde adı geçen kavramlar hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra araştırmaya konu olan ağaç türümüz hakkında bilgi verilmiş, ardından araştırma konusu ile ilgili daha önce yapılmış olan benzer çalışmalar üzerinde durulmuştur.

Materyal ve Metod bölümünde, araştırma materyalinin nasıl temin edildiği ve hangi özelliklere sahip olduğu açıklandıktan sonra, kurutma programlarının hazırlanmasından kurutma denemelerinin tamamlanarak sonuçların standarda uygun olarak istatistik değerlendirilmesine kadar yapılan tüm işlemler açıklanmıştır.

Bulgular bölümünde, ortaya çıkan kurutma süreleri ve kurutma kalitesini tayin eden; sonuç rutubeti, rutubet meyli, kuruma gerilmeleri, çatlaklar, kollaps ve şekil değişimleri ile ilgili sonuçlar sunulmuştur.

Yapılan kurutma denemeleri sonucunda, 30 mm kalınlıkta ceviz kerestesinin % 35 başlangıç rutubetinden % 8 sonuç rutubetine kadar olan kurutma süresi yaklaşık 330 saat olarak bulunmuştur (Başlangıç sıcaklığı 50 °C, Başlangıç bağıl nemi % 88 ve Sonuç sıcaklığı 60 °C, Sonuç bağıl nemi % 23.5). Kurutma sonunda kurutma kalitesi bakımından yapılan değerlendirmede sonuç rutubeti, rutubet meyli, kuruma gerilmeleri, çatlak ve kollaps oluşumu bakımından en yüksek kurutma kalitesine (E Sınıfı) ulaşıldığı tespit edilmiştir.

70 mm kalınlığında ceviz kerestesinin % 38 başlangıç ru-

tubetinden % 12 sonuç rutubetine kadar olan kurutma süresi yaklaşık 600 saat olarak bulunmuştur (Başlangıç sıcaklığı 40 °C, Başlangıç Bağıl nemi % 88 ve Sonuç sıcaklığı 50 °C, Sonuç Bağıl nemi % 54). Kurutma sonunda, kurutma kalitesi bakımından yapılan değerlendirmede, sonuç rutubeti ve rutubet meyli bakımından Q (kaliteli kurutma) kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmış, kuruma gerilmelerinin oluşumu, çatlaklar ve kollaps oluşumu bakımından ise en yüksek kurutma kalitesine (E) ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç bölümünde ise her iki kalınlık için uygulanan kurutma programları ve elde edilen sonuçlar kendi aralarında ve daha önce bu konuda yapılmış araştırmalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmak suretiyle tartışılmıştır. Son olarak tüm bu bulgular ve değerlendirmelere bağlı olarak cevizin kurutma özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

INVESTIGATIONS ON THE KILN DRYING PROPERTIES OF WALNUT LUMBER

SUMMARY

In this investigation titled "Investigations on the kiln drying properties of Walnut Lumber" the drying properties of Walnut Lumber of two different thickness were examined.

In the first section general information was provided on the drying process and on some of the properties significant in drying. The concepts dealt with in the investigation were explained. Later the information on the wood of Walnut was presented and literature reviewed on the subject.

In the section on the Material and Method information was presented on the source and properties of experimental material, on the preparation of the drying programs, on their application to the material, on the statistical evaluation of the results, and all other procedures.

On the Results section the drying periods, final moisture contents (M.C.), slope of the MC's, drying tensions, the degree of the splits, collapses and deformation which occurred on the experimental material was provided.

On the lumber of 30 mm thickness it took 330 hours to reduce M.C. from 35 % to 8 % (Initial relative humidity and temperature being 88 % and 50 °C, and the final Relative humidity and temperature being 23.5 % and 60 °C). Considering the final M.C., slope of the M.C., drying tension, split formation and occurrence of the collapse the drying quality was assessed as Class E (Exclusive), the highest class available.

On the Lumber of 70 mm thickness it took 600 hours to reduce M.C. from 38 % to 12 % (Initial relative humidity and temperature being 88 % and 40 °C, the final relative humidity and temperature being 54 % and 50 °C). In final M.C., and slope of the M.C. The Quality was Q (Quality dried).

In developing drying tension, splits, and collaps the Quality was assessed as E.

In the Discussion and Results section the results obtained on material of two different thicknesses were compared with each other and with the values given in the literature. Finally, in the light of the results obtained, the drying properties of Walnut was presented.

VI. KAYNAKLAR

BERKEL, A. (1956): Kaplama Levhaları Sanayimiz. İ.Ü. Orman Fakültesi, Seri B, Sayı 1, 65-100.

BERKEL, A. (1970): Ağaç Malzeme Teknolojisi. İ.Ü. Yayın No: 1448, O.F. Yayın No: 147, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

BERKEL, A. (1972): Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği. İ.Ü. Yayın No: 1745, O.F. Yayın No: 183, Sermet Matbaası, İstanbul.

BOZKURT, A.Y., GÖKER, Y. (1987): Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. ISBN 975-404-010-9. İ.Ü. Yayın No: 3445, O.F. Yayın No: 388, Matbaa Teknisyenleri, İstanbul.

BOZKURT, A.Y., ERDİN, N. (1989): Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar. ISBN 975-404-1237. İ.Ü. Yayın No: 3572, F.B.E. Yayın No: 4, Dilek Matbaası, İstanbul.

BOZKURT, A.Y. (1992): Odun Anatomisi. ISBN 975-404-230-6. İ.Ü. Yayın No: 3652, O.F. Yayın No: 415. İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul.

CHEN, P.Y.S. (1976): Effect of Steaming And Air-Drying on Press-Drying Black Walnut. Southern Lumberman, December.

CHEN, P.Y.S., BILTONEN, F.E. (1979): Effect of Prefreezing on Press-Drying of Black Walnut Heartwood. Forest Products Journal, Vol. 29, No. 2, February, 48-51.

CIVIDINI, R. (1982): Why and How Wood Dries. V. 83-61695, United Nations Industrial Development Organization, Italy.

ÇEPEL, N. (1988): Peyzaj Ekolojisi Ders Kitabı. İ.Ü. Yayın No: 3510, O.F. Yayın No: 391, Taş Matbaası, İstanbul.

DAVIS, P.H. (1982): Flora of TURKEY and the east AEGEAN Island. Vol. 7, Edinburg at the University Press, 654.

EDG (1992): Recommendation on Assessment of Drying

Quality of Timber, European Drying Group, Hamburg.

FESSEL, F. (1965): Trocknung in Dampf-Luft Gemischen. Holztrocknung, Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 15.

FPRL (1969): Kiln-Drying Schedules. Ministry of Technology, Technical Note No: 37. Bucks

GÖKMEN, H. (1973): "Kapalı Tohumlular" Angiospermae. Orman Genel Müdürlüğü. Sıra No: 564, Seri No: 53, 135-137.

GREGUSS, P. (1945): Monographs on Natural History I, the Identification of Central-European Dicotyledonous trees and Shrubs, Budapest.

HANIBU, A. (1958): Die Verbreitung der Juglans-Arten der Türkei und die Herstellung Von Nussholz furnieren, Wien (Yayınlanmamıştır).

JANIK, W. (1960): Handbuch der Holztrocknung Fachbuchverlag, Leipzig.

KANTAY, R. (1976): Bir Binanın Klimatik Bakımdan Değişik Yerlerinde, Ağaç Malzemedeki Meydana Gelen Denge Rutubeti Değişimine Ait Denemeler. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 16, Sayı 2, 211-216.

KANTAY, R. (1978): Türkiyenin Önemli Bazı Orman Ağaç Türleri Kerestelerinin Teknik Kurutma Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Yayın No: 2491, O.F. Yayın No: 269, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

KANTAY, R. (1983): Ceviz (Juglans regia), Çoruh Meşesi (Quercus dschorochensis K. Koch) ve Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky) Kaplama Levhalarının Kurutma Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Yayın No: 3050, O.F. Yayın No: 326, Oğul Matbaacılık, İstanbul.

KANTAY, R. (1985): Kereste Kurutma Programlarının Hazırlanmasına İlişkin Temel Esaslar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 35, Sayı 1, 75-96.

KANTAY, R. (1992): "ORENKO'92" 1. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi (22-25 Eylül 1992), Bildiri Metinleri, 1. Cilt, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ankara

Yıldız Matbaacılık, Trabzon, 225-247.

KANTAY, R. (1993): Kereste Kurutma ve Buharlama El Kitabı. Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı Yayın No: 6

KAUMANN, W.G. (1964): Zellkollaps in Holz. Holz-als Roh-und Werkstoff, Bd. 22, H.5, 183-195.

KAYACIK, H. (1977): Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, II. Cilt, Angiospermae (Kapalı Tohumlular), İ.Ü. Yayın No: 2400, O.F. Yayın No: 247, İstanbul.

KEYLWERTH, R. (1949): Der Ermittlung der Trockenzeit bei künstlicher Holz-trocknung. Holz-Zentralblatt, Bd. 75, 735.

KEYLWERTH, R. (1950): Das "Trocknungsgefälle" und die Steuerung von Holz-Trockenanlagen. Holz-Zentralblatt, Jahrg. 76, Nr. 36, Stuttgart, 375.

KEYLWERTH, R. (1951): Die Kammertrocknung Von Schnittholz. Holz als Roh-und Werkstoff. Bd. 9.

KOLLMANN, F. (1955): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Zweiter Band. Springer Verlag/Berlin.

KUKACHKA, B.F. (1962): Characteristics of Some Imported Wood. Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Foreign Wood Series, No: 2242, Wisconsin.

LEMPELIUS, J. (1969): Die Schnittholztrocknung. Robert Hildebrand Maschinenbau GmbH, 7446 Oberboihingen/Württ.

McMILLEN, J.M. (1951): How Can Black Walnut gunstock blanks be kiln dried without honeycombing? News and Views of this kiln Drying Business, Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Rept. No.: D 1769-13, Wisconsin.

McMILLEN, J.M. (1960): Kiln Schedules and Drying Time Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Report No: 1900-5, Wisconsin.

MILLETT, R.S. (1952): The Seasoning of Lumber. Canada Dept. of Res. and Develop. For. Branch, For. Prod.Lab.

Division, Ottawa.

MILLETT, R.S. (1961): Kiln-Drying of Lumber in Eastern Canada, Forest Products Research Branch, Canada Department of Forestry, Technical Note No: 21, Ottawa.

MULLER, W. (1982): Verfahren der Holz Trocknung. Technologie der Holzbearbeitung. Veb Fachbuchverlag, Leipzig.

PANSHIN, A.J., ZEEUW. de C. (1980): Text of wood technology. ISBN 0-07-048441-4. McGraw-Hill Book Company, USA.

PEARSON, W. (1965): Kiln Schedules. Moore Dry Kiln Company, Florida.

RASMUSSEN, F. E. (1951): Properties of Wood Related to Drying. Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Report No: 1900-1, Wisconsin.

RASMUSSEN, F.E. (1961): Dry kiln operator's manual. USDA Agr. Handbook No: 188.

ROSEN, H.N. (1980): Drying Hardwoods With Impinging Jets, USDA Forest Service, General Technical Report NC-59.

SCHLUTER, R., FESSEL, F. (1939): Neue praktische Erfahrungen bei der Kunstlichen Holz Trocknung. Trockentechnik. Holz als Roh-und Werkstoff, Bd. 2, H. 5, 169-193.

SELİK, M. (1988): Odun Patolojisi. İ.Ü. Yayın No: 3511, O.F. Yayın No: 392, Taş Matbaası, İstanbul.

SMITH, H.H., TORGESON, O.W. (1951): Kiln Schedule for Black Walnut Gunstock Blanks, Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Report No: R 1433, Wisconsin.

TGL 21504 (1969): Technische Trocknung von Schnittholz, Güte und Prüfung des getrockneten Holzes (DDR-Standard).

WAGENFUHR, R. (1966): Anatomie des Holzes. Veb Fachbuch Verlag. Leipzig.

YALTIRIK, F. (1988): Dendroloji Ders Kitabı, II. Angiospermae Bölüm I, İ.Ü. Yayın No: 3509, O.F. Yayın No:390, İstanbul, 52-56.

VII. ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında İstanbul'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi burada tamamladım. 1983 yılında İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğrenimime başladım. 1987 yılında mezun olduktan sonra, 2 sene süreyle özel bir firmada ithalat, imalat, ihracat konularında çalıştım. Ardından askerlik görevimi tamamladıktan sonra, 1991 yılında Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladım.

Halen bu görevime devam etmekteyim.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ