



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KAYINI KERESTESİ KURUTMA KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ASLI GÖKYAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. SÜLEYMAN KORKUT**

DÜZCE, 2017

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ BAŞLIĞI BURAYA YAZILMALIDIR

.....tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANSTEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Eş Danışman (Olmaması durumunda lütfen siliniz)

Prof. Dr.

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. (tez danışmanınızın ismi tekrar yazılmamalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. (jüri üyesinin ismi yazılmalıdır)

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: .../.../2017

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

10 Mayıs 2017

Aslı GÖKYAR



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Süleyman KORKUT'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

10 Mayıs 2017

Aslı GÖKYAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER.....	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. KURUTMA KONUSUNDA GENEL BİLGİLER.....	2
1.2. KURUTMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	2
1.3. KURUTMA ESNASINDA MEYDANA GELEN KUSURLAR VE BU KUSURLARI ÖNLEYİCİ BAZI TEDBİRLER	4
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
2.1. MATERYAL.....	6
2.1.1. Doğu Kayını Genel Bilgiler.....	6
2.2. YÖNTEM.....	7
2.2.1. Kurutma Denemelerinde Kurutmanın Gidişinin Takip ve Kontrolü, Bu Amaçla Kullanılan Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması.....	7
2.2.2. Kerestelerin İstiflenmesi ve Örnek Kerestelerin İstife Yerleştirilmesi ...	9
2.2.3. Araştırmada Uygulanan Kurutma Metodu	11
2.2.4. Araştırmanın Yapıldığı Kurutma Fırınlarının Özellikleri.....	12
2.2.5. Kurutma Programlarının Hazırlanması	14
2.2.6. Kurutma Esnasında Kereste Rutubeti Gidişinin Takip ve Kontrolü (Periyodik Kontrol)	17
2.2.7. Kurutma Esnasında Ara Kalite Kontrollerinin Yapılması	17
2.2.8. Sonuç Kalite Kontrollerinin Yapılması.....	19
2.2.9. Sonuç Rutubetinin Kontrolü	21
2.2.10. Kerestenin İç ve Dış Tabakaları Arasındaki Rutubet Farkının Kontrolü.....	21

2.2.11. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)'nin Tespit Edilmesi (Çatal Örnek Testi veya Dilimleme Testi)	21
2.2.12. Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmelerinin Kontrolü.....	24
2.2.13. Kurutma Kalitesinin Belirlenmesinde Takip Edilen Standart.....	25
2.2.14. Sonuçların Değerlendirilmesinde Uygulanan İstatistik Metot	26
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
3.1. 40 MM KALINLIKTAKİ KAYIN KERESTESİNİN KURUTULMASI İLE ELDE EDİLEN SONUÇLAR	28
3.2. 50 MM KALINLIKTAKİ KAYIN KERESTESİNİN KURUTULMASI İLE ELDE EDİLEN SONUÇLAR	31
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	35
5. KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	41

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Rutubet kontrol örnek kerestesi ile rutubet örneğinin boyutları ve elde edilişi.	8
Şekil 2.2. 40 mm ve 50 mm Doğu kayını kerestelerine ait kurutma denemesinde örerlerin kereste istifi enine kesitinde dağılışı.	10
Şekil 2.3. 40 mm ve 50 mm Doğu kayını kerestelerine ait kurutma denemesinde kereste rutubet okuma duyucusunun (sensörü) yerleştirilmesi.	11
Şekil 2.4. Uygulamanın yapıldığı kurutma fırını. ..	13
Şekil 2.5. Uygulamanın yapıldığı kurutma fırınına ait kontrol sistemi.	13
Şekil 2.6. Enine kesit içersindeki rutubet meylinin dağılışının saptanmasında kullanılan örneğin hazırlanması.	18
Şekil 2.7. Kurutma gerilmelerinin incelenmesi için alınan çatal örnekler.	19
Şekil 2.8. Bir sonuç kalite kontrolü örnek kerestelerinden kalite kontrolü için çeşitli test örneklerinin alınması.	21
Şekil 2.9. Dış sertleşme miktarını tespit için kullanılan TRADA şablonu.	23
Şekil 2.10. Çatal örnek ve dilimleme testi için örneklerin hazırlanması ve kullanılması.	24
Şekil 3.1. 40 mm kalınlıktaki kerestelerden alınan çatal örnekler.	31
Şekil 3.2. 50 mm kalınlıktaki kerestelerden alınan çatal örnekler.	34

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. 50 mm kalınlıktaki Doğu kayını kerestelerinin kurutulması için hazırlanan ve uygulanan kurutma programı.	15
Çizelge 2.2. 40 mm kalınlıktaki Doğu kayını kerestelerinin kurutulması için hazırlanan ve uygulanan kurutma programı.	16
Çizelge 2.3. EDG 1992' ye göre kurutma kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan toleranslar.	26



KISALTMALAR

EBGD	En büyük güvenilir değer
EKGD	En küçük güvenilir değer
EDG	European Drying Group (Avrupa Kurutma Grubu)
LDN	Lif doygunluk noktası
NaOH	Sodyum hidroksit



SİMGELER

cm	Santimetre
D	Dış sertleşme test örneği (Çatal örnek)
d	mm olarak kereste kalınlığı
E	Exclusive
g/cm^3	Yoğunluk
G_a	Başlangıç ağırlığı
G_d	Tam kuru ağırlık
G_{ist}	Kontrol anındaki ağırlık
G_u	Başlangıç ağırlığı
m^3	Metreküp
mm	Milimetre
m/sn	Hız
n	Ölçüm Sayısı
Ö	Yoğunluk test örneği
s	Standart sapma
S	mm olarak çita kalınlığı
S	Standart
S_x	Aritmetik ortalamanın standart sapması
t	%95 Güven seviyesi için (n-1) serbestlik derecesine göre tablodan alınan t değeri
T_1	Kuru termometre sıcaklığı
T_2	Yaş termometre sıcaklığı
T_G	Kurutma meyli
U	Örneğin rutubeti
U_a	Başlangıç rutubeti
U_{gl}	Denge rutubeti
U_{ist}	Kontrol anındaki rutubet
U_1 ve U_5	Dış tabakaların yüzde rutubet miktarları
U_3	İç tabakanın yüzde rutubet miktarı
Δ_u	İç ve dış tabakalar arasındaki yüzde rutubet farkı
\bar{x}	Aritmetik ortalama
X	İncelenen Özelliğe İlgili Aritmetik Ortalama
μ	Mikron
$^{\circ}C$	Sıcaklık birimi (Santigrat- Celsius)

ÖZET

DOĞU KAYINI KERESTESİ KURUTMA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aslı GÖKYAR

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Süleyman KORKUT

Mayıs 2017, 40 sayfa

Kurutma süresince ve kurutma sonunda kalite kontrollerinin yapılması; kurutma metotlarının değerlendirilmesi, ideal kurutma için en uygun kurutma programlarının belirlenmesi, kurutma süresi ve kurutma maliyetlerinin azaltılmasına olanak vermesi, mevcut kurutma metotlarının hangi özellikteki ağaç türü ve kereste kalınlığına göre en uygun olduğunun tespit edilmesi, kaliteli kurutma yaparak keresteyi en yüksek fiyattan satabilme imkânına kavuşulması, ülke ekonomisine katkı ve rekabet şansını artırması gibi birçok fayda sağlamaktadır. Bu sebeplerin mevcudiyetinde; sadece bilimsel çalışmalarda değil özel sektör tarafından yapılan tüm kurutma işlemlerinde de kalite kontrollerinin yapılması özel sektör ve ülke ekonomisi için kaçınılmaz olmaktadır. Bu çalışmada; ülkemizde orman ürünleri endüstrisinin en fazla bulunduğu şehirler içerisinde önemli bir paya sahip olan Düzce’de bulunan bir kereste fabrikasında, 40-50 mm kalınlığında Doğu kayını kerestesi için iki farklı kurutma programı uygulaması gerçekleştirilerek Avrupa Kurutma Grubu tarafından hazırlanmış bulunan 1992 tarihli standart esas alınarak kurutma kalitesi değerlendirilmiş ve firmanın kazanımları ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Böylece pratiğe dönük bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda; firmanın kurutma işlemini herhangi bir standartta bağlı olmadan kalite kontrolsüz yapması ile bazı kurutma kusurları yaşadığı, rutubet meylinin yüksek olduğu, ürünlerini yurt dışına satamadığı ve rekabet avantajına sahip olmadığı kanaatine varılmıştır. Orman mühendisi olmasının da verdiği bilgi birikimi nedeniyle bu kanaate firma sahibi de ulaşmıştır.

Anahtar sözcükler: Doğu kayını, Kurutma kalitesi, Teknik kurutma

ABSTRACT

EVALUATION OF DRYING QUALITY OF ORIENTAL BEECH LUMBER

Aslı GÖKYAR

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Industry

Engineering Master Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Süleyman KORKUT

May 2017, 40 pages

To make the quality controls during the drying and in the end of the drying process, to determine optimum the drying methods according to feature of tree species and the thickness of lumbers, to enable the decrease of drying costs, to define the most appropriate the drying programs for the optimal drying, to evaluate the drying methods provide a lot of advantages such as the increase of the competition chance and contribution the national economy and to find a possibility to sell the lumber from the highest price. In the existence of these reasons, it becomes inevitable for national economy and private sector to use the quality control standards for not only scientific studies but also for all drying process made by private sector. In this study, the drying quality has been evaluated by taking into the consideration of the standard has been prepared by European Drying Group in the 1992 and the achievements have been tried to ascertain in the lumber factory located in Düzce which has very important share between the cities that have forest products industry, by being realized the practice of two different drying program for Oriental beech lumber that has 40-50 mm thickness. Thus, this study has been put into the practice. In the end of this study, it has been concluded that by making the drying function without any quality control standard leads the losing of competitive advantage for export, drying defects, high moisture gradient. The owner of the firm also, has reached this conclusion with the knowledge of his forest engineer.

Keywords: Oriental beech, Drying quality, Technical drying

1. GİRİŞ

Bu çalışmada; ülkemizdeki orman varlığı içerisinde geniş bir yayılış alanı göstermesi, hatta geniş yapraklı koru ormanlarımız bakımından ilk sırayı alması, gerek ülkemizde gerekse tüm dünyada orman ürünleri endüstrisinde en fazla rağbet gören hammaddelerin başında gelmesi sebebiyle Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kerestesinin kurutma kalitesinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bir ürünün istenilen fiyatta satılabilmesi öncelikle kalitesinin yüksek tutulmasına bağlıdır. Maalesef ülkemizde çeşitli sebeplerle imal edilen keresteler kurutulmamakta, hatta kurutulsa bile kurutma kalitesi tespit edilmemektedir. Bu durumda kereste imalatçısı, ürettiği keresteyi istediği fiyata satamamakta, yurt dışı piyasalarına açılmamakta ve ancak yurt içi piyasaya mal verebilmektedir. Ayrıca kurutma konusunda kendisini geliştirme ihtiyacı da duymamakta ve böylece rekabet edebilme yeteneği kazanamamaktadır.

Ülkemizde orman ürünleri endüstrisinin en fazla bulunduğu şehirler içerisinde önemli bir paya sahip olan Düzce’de bulunan bir kereste fabrikasında, Doğu kayını kerestesi için iki farklı kurutma programı uygulanmasında, aynı zamanda yüksek orman mühendisi olan firma sahibi ile birlikte kurutma kalite kontrolleri yapılmış ve böylece firmanın hem bu standartlardan haberdar edilmesi hem de bizzat uygulamanın ortaklaşa gerçekleştirilmesi neticesinde firmanın kazanımları ortaya çıkarılmıştır. Böylece pratiğe dönük bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Maalesef ülkemizde kereste kurutma programı ve özelliklerinin tespit edilmesi üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen firma yetkilileri ile kurutma kalitesinin tespit edilerek kazanımlarının gösterildiği başka bir araştırmanın bulunmaması nedeniyle çalışma orijinal bir araştırma niteliği taşımaktadır.

Araştırma sonuçlarının ülkemiz kereste imalatçıları için örnek teşkil edeceği ve bir firmayı piyasada faaliyette bulunmaya motive eden temel unsurun kârını en yüksek düzeye çıkarma (kâr maksimizasyonu) güdüsü dolayısıyla daha kaliteli kereste imal etmek için çalışacağı aşikârdır.

1.1. KURUTMA KONUSUNDA GENEL BİLGİLER

Kurutma; ağaç malzemenin içerisinde bulunan, kullanım yeri ve amacı için uygun olmayan fazla suyun uzaklaştırılması işlemidir. İdeal bir kurutmadan söz edebilmek için; kurutulacak ağaç malzemenin kalitesinin korunmuş olması, kurutma süresinin mümkün olduğu kadar kısa olması ve kurutma giderlerinin en düşük düzeyde tutulması amaçları bir bütün olarak birlikte gerçekleştirilmelidir [1].

Ağaç malzemenin, kullanılacak olan yerde sahip olması gereken rutubet miktarı son derece önemlidir. Kullanım yerindeki kuruluk derecesine uygun olmayan ağaç malzeme rutubet almak veya vermek suretiyle boyutlarını değiştirerek, arzu edilmeyen kusurlar ortaya çıkmasında dolayı ağaç malzeme, kullanılmadan önce mutlaka kullanım yerinin gerektirdiği kuruluk derecesine kadar kurutulmalıdır.

Kurutma ile ağaç malzeme; çürümeye karşı dayanıklı hale gelmekte, çalışma miktarında azalmalar söz konusu olmakta, planyalama, frezeleme, lamba zıvana açma, delik açma, zımparalama gibi işlemlerde sağlıklı boyutlar ve daha düzgün yüzeyler elde edilmekte, tutkallama ve yapışma kabiliyeti artmakta, dış etkenlere karşı yapılan koruyucu yüzey işlemlerinde başarı oranı yükselmekte ve mekanik özelliklerinde artma vuku bulmaktadır.

1.2. KURUTMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Hava sıcaklığının artması ile suyun viskozitesi arttığı gibi odun dokularında da gevşeme meydana gelerek iç tabakalardan dış tabakalara doğru olan su hareketi hızlanmakta ve böylece kurutma süresi önemli ölçüde kısalmaktadır. Yüksek sıcaklık dereceleri ağaç malzemede renk değişimleri, hücre çökelmeleri, çatlakların teşekkülü ve reçine sızması gibi kurutma kusurlarının meydana gelmesine sebebiyet vermekte ve neticede kerestenin kalitesi düşmektedir.

Teknik kurutmada uygulanacak sıcaklığın belirlenmesinde ağaç türü, yoğunluk, kerestenin rutubet miktarı ve kalınlığı etkili olmaktadır. Yoğunluğu yüksek ve kalın kerestenin kurutulmasında düşük sıcaklıkların uygulanması gerekmektedir [2].

Bağıl nem, belirli sıcaklıktaki bir birim hava kütlelerinin içerdiği su buharı miktarının aynı hava kütlelerinin aynı sıcaklıkta içerisine alabileceği en yüksek su buharı miktarına oranı olarak ifade edilmekte olup havanın nemlilik durumunu göstermektedir.

Kereste içerisinde belli oranda su buharı bulunan nemli hava ile kurutulduğundan; 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 meylinin ve devamlı rutubet akışının meydana gelmesi için, kurutmanın her safhasında yeterli yükseklikte bağıl nemin sağlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Gerek doğal kurutmada gerekse teknik kurutmada hava hareketi; hava ısı taşıyıcı olarak ısıyı kurutulan ağaç malzemeye iletme ve böylece iç tabakalardan dış tabakalara doğru olan su hareketini ve dış tabakalardan buharlaşmayı hızlandırma ile hava rutubet taşıyıcı olarak, kurutulan ağaç malzemedeki dışarıya çıkan ve buharlaşarak kerestenin yüzeyinde biriken nemi alıp uzaklaştırma ve bunun yerine nem alma kabiliyeti yüksek bir havanın gelmesini sağlama şeklinde iki önemli ödevi yerine getirir.

Esas itibarıyla teknik kurutmada, kurutmanın süresi ve kalitesi hava hareket hızının istif çevresinde ve istif katmanları arasındaki dağılım düzenine bağlı bulunmaktadır. Hava hareket hızının artması ile ısının yayılması, ağaç malzemenin yüzeylerinde biriken su buharının taşınması ve yerine su buharı alma yeteneği yüksek olan havanın getirilmesi hızlanarak kereste içerisinde suyun buharlaşma hızı artmaktadır. Böylece kurutma hızlanmakta ve kurutma süresi kısalmakta, buna mukabil 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 [2].

Hava hareket hızının düşük olması halinde ise, kerestenin yüzeyinde biriken su buharı zamanında uzaklaştırılmamakta 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 [3].

1.3. KURUTMA ESNASINDA MEYDANA GELEN KUSURLAR VE BU KUSURLARI ÖNLEYİCİ BAZI TEDBİRLER

Teknik kurutmada meydana gelen en önemli kusurlar; çatlaklar, kabuklaşma (dış sertleşme), şekil değişimleri, hücre çökmeleri (kollaps) ve renk değişimleridir [2]. Ağaç malzemenin doğal yapısı ve özelliklerinin sonucu olarak meydana gelmeleri nedeniyle 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 [4], [5].

Çatlaklar; 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 [2].

Kabuklaşma (Dış Sertleşme); yüksek başlangıç rutubetine sahip kerestelerin, şiddetli kurutma şartları uygulamak sureti ile kurutulması durumunda vuku bulan bir kusur olup, ilk aşamada yüzeye yakın dış tabakaları çok hızlı bir şekilde rutubetini kaybederek iç tabakalardan dış tabakalara doğru kısa sürede büyük bir rutubet meylili oluşmaktadır. Dış tabakalar lif doygunluğu rutubet derecesine erişmiş olmasına ve bu kısımlarda daralma başlamasına rağmen, henüz yaş halde 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 ikinci aşamada, 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 [5].

Şekil değişimleri; oluklaşma, eğilme, kılıcına eğilme, burulma ve mainleşme olarak gruplandırılmaktadır. Genel olarak şekil değişimlerinin sebepleri, odunun doğal özellikleri ve kuruma esnasında hüküm süren iklim şartlarıdır. Aynı kereste içerisinde

yoğunluk, rutubet, dokusal yapı ve tali bileşikler bakımından farklılıklar vardır. Şekil değişmelerinin miktarı ve şekli; ağaç türüne ve malzemenin boyutlarına, doğal kusurlara ve üretim hatalarına, malzemenin biçilme şekline ve gövde enine kesitinde alındığı yere, istiflemeye gösterilen özene ve kurutma şartlarına bağlı bulunmaktadır [2].

Ağaç malzeme hücre lümenleri su ile dolu iken, hücre çeperi kapillerleri yeteri derecede küçük olduğu takdirde, kurutma esnasında bu kapillerlerin uçlarındaki konkav su yüzeylerinde yüzey gerilmeleri meydana gelmekte ve gerilemeler hücre çeperini plastik bir deformasyona uğratmaktadır. Bu deformasyon neticesinde hücre çökmeleri (kollaps), hatta hücre yarılmaları meydana gelmektedir [6]. 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 60⁰C'nin altında tutulması gerekmektedir [7].

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 yaş bileşiklerinin (tanen ve renkli maddeler) oksidasyonu renk değişmelerinin diğer bir nedenidir [5].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

Bu çalışmada; ülkemizde orman ürünleri sanayinde geniş bir kullanım alanına sahip Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kullanılmıştır.

Bu araştırma ile ilgili kurutma denemeleri Düzce ili, Gölyaka ilçesinde bulunan Başak Tarım ve Orman Ürünleri İthalat Sanayi Ticaret Limited Şirketi'nde bulunan ticari ebatlardaki kurutma fırınında yapılmıştır.

Araştırma materyali tomruklar; firmanın Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Gölyaka İşletme Müdürlüğü'nden minimum 40 cm çap ve 200 m³ olarak satın aldığı tomruklar arasından bilimsel esaslara göre seçilmiştir. Seçilen tomruklar firmada 40 mm kalınlık ve 300 cm boy ile 50 mm kalınlık 300 cm boyda biçilerek kurutmaya hazır hale getirilmiştir.

2.1.1. Doğu Kayını Genel Bilgiler

Doğu Kayını'nın genel coğrafi yayılışı; Bulgaristan, Türkiye, Kafkasya ve İran'dır. Ülkemizde en geniş yayılışı ile en iyi gelişimini Karadeniz Bölgelerinde yapar. Demirköy'den Hopa'ya kadar uzanan saf ve karışık ormanlar kurar. Marmara Bölgesi ile Ege Bölgesi'nde yer yer görülür. Güney Anadolu'da Adana'nın Pos ormanlarında, Amanos dağlarında ve Maraş-Andırın yöresinde lokal olarak bulunur [8], [9], [10].

Diri odun kırmızımsı beyaz renkte olup genellikle 80-100 yaşından itibaren orta kısımda kırmızımsı kahverenginde koyu şeritli bir öz odun teşekkül etmektedir. Diri odun öz odundan kolayca ayrılmakta ve öz odun kısmına kırmızı yürek adı da verilmektedir. Diri odun genişliği 5-15 cm arasında değişmektedir [11].

Enine kesitte traheler yıllık halkanın her tarafına dağılmış durumdadır. Yaz odununa gidildikçe trahe çaplarında küçülme olur ve sayıları azalır. Geniş öz ışınları çıplak gözle kolayca görülebilmektedir. Bu öz ışınları radyal kesitte parlak, koyu renkli levhalar teşkil ederler ve yüzeyin 1/10'unu kaplarlar. Geniş öz ışınları teğet kesitte iğ şeklinde görülürler. Odun düzgün lifli, ince ve yeknesak tekstürdedir [11].

Doğu kayını odununu oluşturan anatomik elemanların diri odundaki oranları ortalama olarak, trahe %33,9, libriform lif %45,78, öz ışını %20,20 ve boyuna paranzim %5'dir. İlbahar odununda lif uzunluğu 1,242 mm, lif genişliği 20,20 μ , lümen çapı 9,75 μ , lümen çapı 6,2 μ ve lif çeper kalınlığı 5,66 μ 'dur [12].

Kayın odunu %78,87 holoselüloz, %22,57 lignin, %25,21 pentozan ve %0,61 oranında kül içermektedir. Eterde %1,04, alkol-benzolde %1,5, sıcak suda %1,92 ve %1'lik NaOH'de %15,62 oranında çözünür [13].

2.2. YÖNTEM

Elde edilen yüksek lisans araştırma materyali keresteler; kereste istifleme kurallarına uygun olarak çıtalı sandık şeklinde istif edilerek, istifleme esnasında rutubet kontrol örnek keresteleri ile ara ve sonuç kalite kontrol örnek keresteleri istife uygun şekilde dağıtılmış ve yapılan bu istifler fırına yerleştirilerek kurutma denemeleri yapılmıştır. Denemeler sonuç kalite kontrollerinden elde edilen verilere göre değerlendirilmiştir.

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

Kurutma sürecinde kurutulan kerestenin rutubeti sürekli olarak kontrol edilmiş ve ilaveten her rutubet kademesinde uygulanan kurutma şartlarının kerestenin kalitesi üzerine yaptığı etkiler belirlenmiştir.

Kurutma sırasında kereste rutubetinin takip ve kontrolü; elektrikli rutubet ölçerler yardımı ile sürekli olarak, rutubet kontrol örnek keresteleri yardımı ile periyodik kontrol şeklinde iki farklı metotta gerçekleştirilmiştir.

Kurutma denemelerinde kalitenin gidişi ara kalite kontrol örnek keresteleri kullanılarak ara kalite kontrolleri yapılması şeklinde takip ve kontrol edilmiştir. Bunlar periyodik olarak fırından çıkarılıp kurutma kusurları bakımından incelenmiştir.

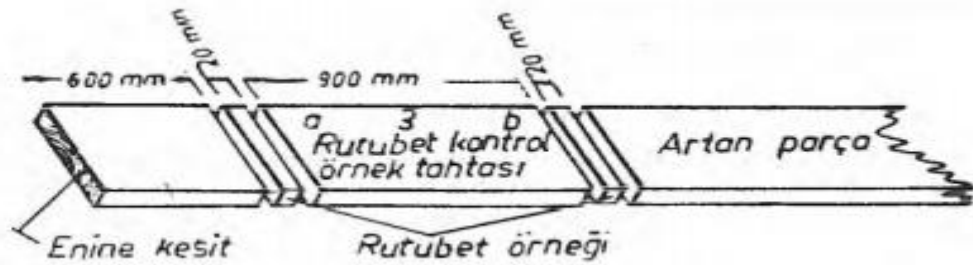
Kurutma denemelerinde kurutma bittikten sonra kurutmada uygulanan programın kurutulan kerestenin kalitesi üzerinde olan etkilerini saptamak ve istatistik değerlendirmeler yapmak üzere sonuç kalite kontrolü örnek keresteleri alınmıştır.

Yapılan kurutma denemelerinde, sonuç kalite kontrolü Avrupa Kurutma Grubu (EDG-European Drying Group) [14] tarafından hazırlanan standart esas alınarak yapılmıştır. Buna göre 40 mm kalınlıktaki kereste ile yapılan kurutma denemesinde 5 adet rutubet

kontrol örnek kerestesi, 5 adet sonuç kalite kontrol örnek kerestesi alınmıştır. 50 mm kalınlıktaki kereste ile yapılan kurutma denemesinde ise yine 5 adet rutubet kontrol kerestesi ve 5 adet sonuç kalite kontrol örnek kerestesi alınmıştır. Bahsedilen örnek kerestelerin seçilmesinde mümkün oldukça kusurları (çatlak, budak, yaralanma, çürüklük) içermeyenlerin alınmasına özen gösterilmiştir.

Rutubet kontrolü örnek kerestelerinin seçilmesinde biçme yönü ve odun kısımları bakımından karışıklık sağlanmıştır.

Rutubet kontrolü örnek kerestesi almak amacı ile seçilmiş her bir keresteden Şekil 2.1 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 [15], [16], [1].



Şekil 2.1. Rutubet kontrol örnek kerestesi ile rutubet örneğinin boyutları ve elde edilişi [18].

Belirtildiği şekilde elde edilen rutubet kontrolü örnek keresteleri talaş, kıymık, yonga ve kabuklardan temizlenmiş ve başlangıç ağırlıkları bulunmuştur. Rutubet kontrolü örnek kerestelerinin başlangıç rutubetleri daha önce de belirtildiği gibi 2 cm genişliğinde alınan rutubet örnekleri yardımı ile kurutma metoduna göre tespit edilmiştir. Rutubet örneklerinin tartılmasında 0,01 gram duyarlılıkta bulunan ve bu amaç için uygun terazi kullanılmıştır.

Rutubet örneklerinin yüzde rutubet miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [2];

$$U = \frac{G_u - G_d}{G_d} \times 100 \quad (2.1)$$

U: Örneğin rutubeti (%)
Gu: Başlangıç ağırlığı (g)
Gd: Tam kuru ağırlık (g)

2.2.2.Kerestelerin İstiflenmesi ve Örnek Kerestelerin İstife Yerleştirilmesi

Kerestelerin yeknesak ve hızlı bir biçimde kurutulabilmesi için; istif katları arasında ısı ve rutubet taşıyıcısı olarak bulunan havanın, istifin her tarafında aynı hızda ve eşit dağılıfta akması gerekmektedir. Kurutmada bu amacı gerçekleştirmek için kullanılan istif çitalarının kalınlıkları kereste kalınlığına bağlı olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [17].

$$S= 10+0,3.d \quad (2.2)$$

S: Çıta kalınlığı (mm)
d: Kereste kalınlığı (mm)

Buna göre 40 mm kalınlıktaki kerestelerin kurutulmasında 22 mm, 50 mm kalınlıktaki kerestelerin kurutulmasında 25 mm kalınlıkta çıta kullanılmıştır.

İstif katları arasına konan çitalar her iki kurutmada 50 cm aralıklarla, birbirine paralel şekilde konmuştur. Yan yana bu şekilde konan çitaların üst üste de aynı hizada bulunmasına dikkat edilmiştir.

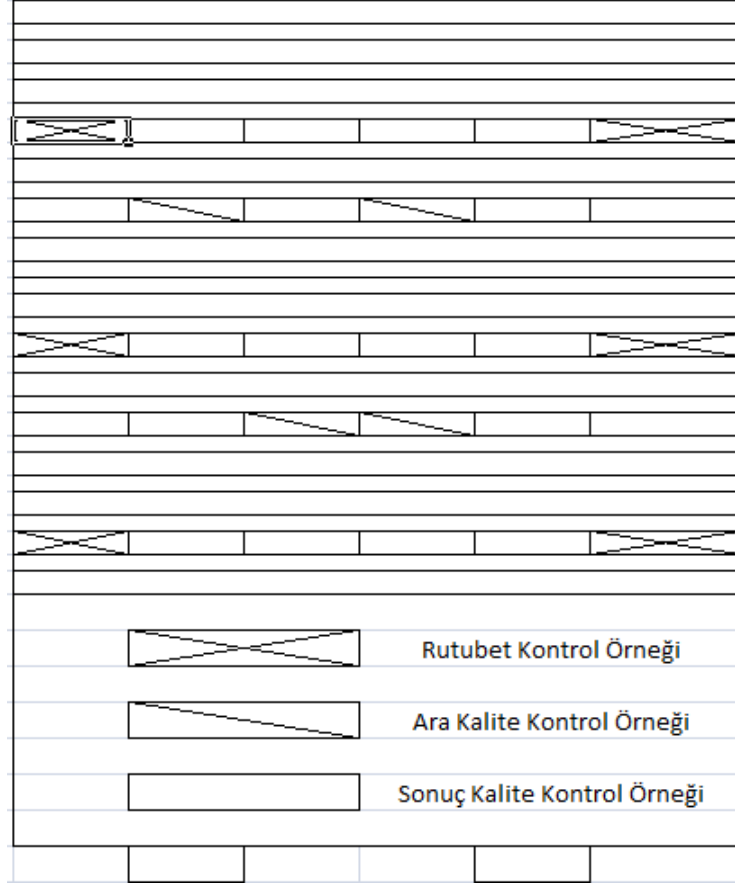
Kurutma esnasında, kurutulan kerestenin rutubetinde meydana gelen değişimleri ve rutubet miktarlarını kontrol etmek amacı ile kullanılan rutubet kontrolü örnek keresteleri, istif bloğunun ön yüzünün iki yan tarafına konumlandırılmıştır.

Rutubet kontrolü örnek keresteleri kerestelerin biçme yönü ve fırının hava gidiş tarafı dikkate alınarak uygun bir dağılımda istife yerleştirilmiştir.

Kurutma sırasında kerestenin kalitesinde meydana gelen değişimlerin, kurutma süresince belli aralıklarla incelenmesi amacıyla alınan ara kalite kontrolü örnekleri, istif bloğuna kolayca girip çıkacak şekilde yerleştirilmiştir.

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

İstif bloğu kurutma fırınına, fırını tam dolduracak şekilde yerleştirilmiştir. Burada özellikle hava sirkulasyonunu bozacak boşlukların kalmamasına zen gösterilmiştir.



şekil 2.2. 40 mm ve 50 mm Doğu kayını kerestelerine ait kurutma denemesinde rneklelerin kereste istifi enine kesitinde dağılışı.



Şekil 2.3. 40 mm ve 50 mm Doğu kayını kerestelerine ait kurutma denemesinde kerestelere rutubet okuma duyucusunun (sensörü) yerleştirilmesi.

2.2.3. Araştırmada Uygulanan Kurutma Metodu

Bu araştırmada ülkemizde ve diğer ülkelerde ağaç malzemenin kurutulmasında, pratikte ve en fazla kullanılan 100⁰C ve altındaki sıcaklık derecelerinde, hava ve su buharı karışımı ile kurutma yapılan klasik kurutma metodu uygulanmıştır. Metodun prensibi; 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 meylî oluşmaktadır. Rutubet meylinin; kurutmanın gidişî, hızı ve kalitesi hakkında fikir vermesi nedeniyle denemelerde ara kalite kontrolü örnekleri yardımıyla kerestenin dış tabakaları ile iç tabakaları arasındaki rutubet farkı kontrol edilmiş ve kurutma süresince bu kontroller yapılmıştır.

Kurutma programlarının hazırlanmasında kurutma meylî esas alınarak, programların hazırlanmasında lif doygunluğu noktasının altında sıcaklığın sabit tutularak bağıl nemin düşürülmesi prensibi benimsenmiştir.

Kurutma programlarında ısıtma, kurutma, denkleştirme, soğutma periyodu uygulanmıştır.

2.2.4.Araştırmanın Yapıldığı Kurutma Fırınlarnın Özellikleri

Kurutma denemeleri ORENT marka 80 m³ kapasiteli, 4,5 m boyunda kurutma fırınında yapılmıştır. Isıtma kızgın buhar ile, nemlendirme normal basınçlı buhar ile yapılmıştır. Üstten fanlı ve yatay sirkülasyonlu fırında hava hareket hızı 2 m/sn olarak gerçekleşmektedir.

Fırında kurutma işlemi otomatik olarak yapılabilmektedir. Tam otomatik yönetimde; kurutma şartları kurutmaya başlamadan önce ağaç türü, kereste kalınlığı ve sonuç rutubeti dikkate alınarak ayarlanmaktadır. Bilgisayarlı ayar ve kumanda merkezi kereste rutubetine bağlı olarak kurutma şartları kademe kademe otomatik olarak gerçekleşmektedir. Fırın operatörü ara değerleri kumanda merkezinin panosundan bilgisayar ekranından sürekli kontrol edebilmektedir. Fırında ölçü aleti olarak 6 adet kereste rutubeti okuma duyucusu (sensörü), ortam sıcaklığı duyucusu ve ortam denge nemi duyucusu bulunmakta ve bunlar kumanda paneliyle bağlantılı bulunmaktadır. Ayrıca yine kumanda paneline bağlı olarak 4 adet otomatik klape vanası ve 1 adet otomatik nemlendirme vanası yer almaktadır.



Şekil 2.4. Uygulamanın yapıldığı kurutma fırını.



Şekil 2.5. Uygulamanın yapıldığı kurutma fırınına ait kontrol sistemi.

2.2.5.Kurutma Programlarının Hazırlanması

Genel olarak deneme kurutma programları olarak; piyasada otomasyon programlarının hafızasında yer alan ve fabrikanın yıllardır uyguladığı kurutma programlarından yararlanılmıştır.

Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de hazırlanan kurutma programları verilmektedir.

Çizelge 2.1. 50 mm kalınlıktaki Doğu kayını kerestelerinin kurutulması için hazırlanan ve uygulanan kurutma programı.

Ağaç Türü: Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.)							Sıcaklık T1: 50 °C T2: 55 °C	
Kereste Kalınlığı: 50 mm							Kurutma Meyli: 2	
Yoğunluk: 0,63 g/cm ³							LDN: %29	
Başlangıç Rutubeti: % 50								
Sonuç Rutubeti: %12								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kurutma Periyotları	Kereste Rutubeti (%)	Kurutma Meyli (TG)	Denge Rutubeti (Ugl)	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	Psikrometrik Fark (°C)	Bağıl Nem (%)	Yaklaşık Süreler (saat)
Isıtma	Ön Isıtma						100	10 sa
	Yüzeysel Isıtma							
	Derinlerine Kadar Isıtma							
Esas Kurutma	50-30	-	17	50	53	2	90	352 sa
	30-27	2	15	55	52,5	2,5	80	
	27-24	2	13,5	55	47	3	66	
	24-21	2	12	55	46	4	60	
	21-18	2	10,5	55	50	5	61	
	18-15	-	9	55	48	7	50	
	15-12		7,5	55	47	8	50	
12-9		6	55	45	10	40		
Denkleştirme	9-12		12	55	50	5	77	16 sa
Fırın Tipi: Metal								
Hava Hareket Hızı: 2 m/s								
Günlük Çalışma Süresi: 24 saat								

Çizelge 2.2. 40 mm kalınlıktaki Doğu kayını kerestelerinin kurutulması için hazırlanan ve uygulanan kurutma programı.

Ağaç Türü: Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.)							Sıcaklık T1: 40 °C T2: 50 °C	
Kereste Kalınlığı: 40 mm							Kurutma Meyli: 2	
Yoğunluk: 0,63 g/cm ³							LDN: %29	
Başlangıç Rutubeti: % 45								
Sonuç Rutubeti: %12								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kurutma Periyotları	Kereste Rutubeti (%)	Kurutma Meyli (TG)	Denge Rutubeti (Ugl)	Kuru Termometre Sıcaklığı (°C)	Yaş Termometre Sıcaklığı (°C)	Psikrometrik Fark (°C)	Bağıl Nem (%)	Yaklaşık Süreler (saat)
Isıtma	Ön Isıtma						100	8 sa
	Yüzeysel Isıtma							
	Derinlerine Kadar Isıtma							
Esas Kurutma	45-30	-	17	40	36,5	3,5	88	288 sa
	30-27	2	15	50	44	6	74	
	27-24	2	13,5	50	42	8	72	
	24-21	2	12	50	38	12	70	
	21-18	2	10,5	50	34	16	67	
	18-15	-	9	50	42	8	66	
	15-12		7,5	50	40	10	48	
12-9		6	50	35	15	44		
Denkleştirme	9-12	-	12	50	45	5	75	9 sa
Fırın Tipi: Metal								
Hava Hareket Hızı: 2 m/s								
Günlük Çalışma Süresi: 24 saat								

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

Kereste rutubeti, örnekleri zaman zaman fırından çıkarılıp tartılması suretiyle aşağıdaki formüle göre saptanmıştır [18].

$$U_{ist} = \frac{G_{ist}}{G_a} \times (U_a + 100) - 100 \quad (2.3)$$

U_{ist} : Kontrol anındaki rutubet (%)

G_{ist} : Kontrol anındaki ağırlık (g)

G_a : Başlangıç ağırlığı (g)

U_a : Başlangıç rutubeti (%)

2.2.7. Kurutma Esnasında Ara Kalite Kontrollerinin Yapılması

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

Denemelerde kurutma kusurlarından, çatlaklar (enine kesit çatlakları), yüzey çatlakları, öz çatlakları ve iç çatlakları dikkate alınmıştır.

Ara kalite kontrollerinde; enine kesit çatlaklarının kereste enine kesit yüzeyinden itibaren içe doğru uzunluğu, yüzey çatlaklarının maksimum derinliği esas alınmıştır. İç çatlakları kereste enine kesitinden itibaren 200 mm mesafeden 20 mm genişlikte alınan örneklerin enine kesitleri üzerinde incelenmiştir. İç çatlakları, olup olmadığına ve oluş sıklığına göre değerlendirilmiştir [2].

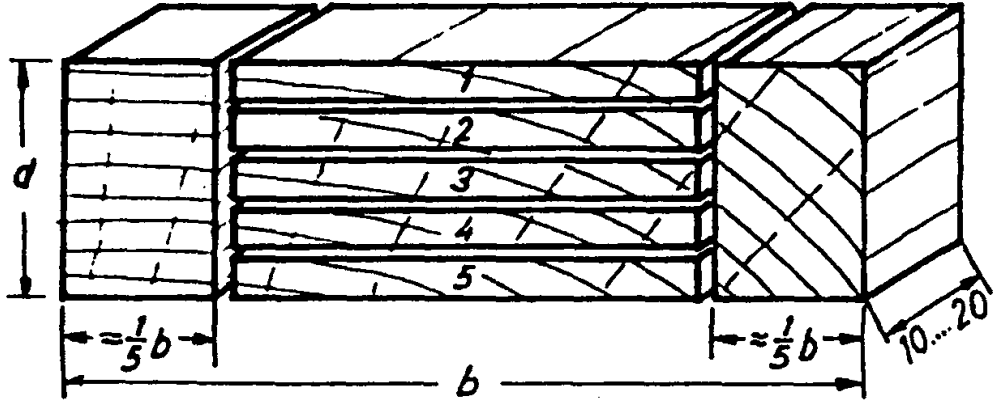
Rutubet meylinin (iç ve dış tabakaları arasındaki rutubet farkları) saptanması amacıyla ara kalite kontrol örnek kerestelerinden; enine kesitten itibaren 200 mm mesafeden 20 mm genişliğinde, örnek kereste genişliğine eşit boyda örnekler alınmıştır. Alınan örnekler daha sonra Şekil 2.6'da görüldüğü gibi 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 (Δ_u) bulunmuştur [19].

$$\Delta u = U_3 - \frac{U_1 + U_5}{2} \quad (\%) \quad (2.4)$$

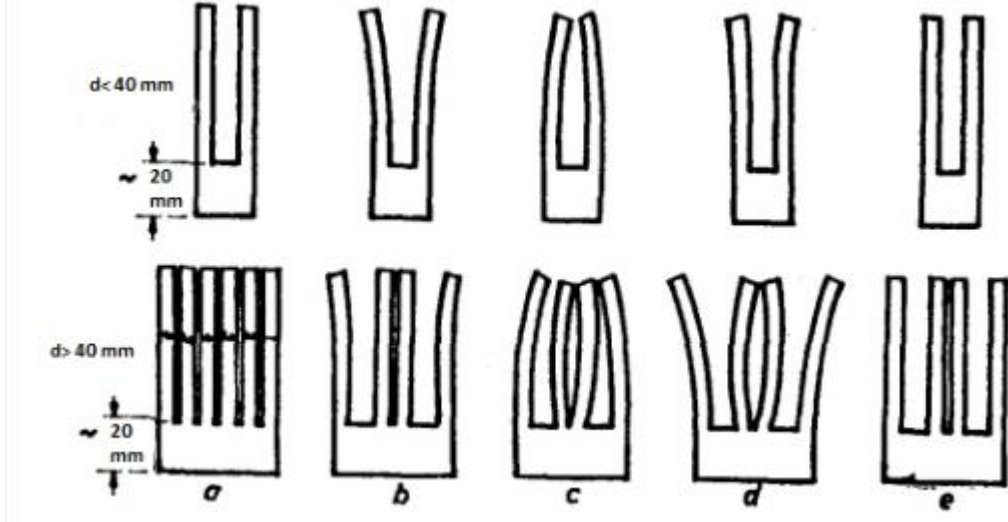
Δu : İç ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı (%)

U_3 : İç tabakanın rutubet miktarı (%)

U_1 ve U_5 : Dış tabakaların rutubet miktarı (%)



Şekil 2.6. Enine kesit içerisindeki rutubet meylinin dağılışının saptanmasında kullanılan örneğin hazırlanması [16], [18].



Şekil 2.7. Kurutma gerilmelerinin incelenmesi için alınan çatal örnekler [18].

Gerilmelerin (çekme ve basınç gerilmeleri) ve kabuklaşmanın incelenmesi amacıyla 20 mm genişlikte örnekler alınmıştır. Bu örnekler gerilmelerin incelenmesi için Şekil 2.7’de görüldüğü gibi parmaklara ayrılmış ve çatal örnek hazırlanmıştır. Örneklerin parmak sayısı 40 mm kalınlıkta keresteler için 6, 50 mm kalınlıktaki kereste için 6 adet alınmıştır. Gerilmelerin derecesini daha iyi anlamak için 6 parmaklı örneklerde 2 ve 5. parmak atılmıştır.

Şekil 2.7’de (a) örneği gerilmenin olmadığı, (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.

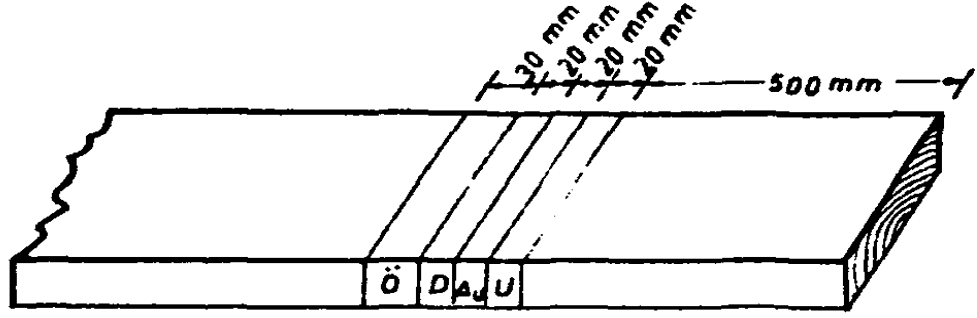
2.2.8.Sonuç Kalite Kontrollerinin Yapılması

Kurutma işlemi bittikten sonra daha önce işaretlenmiş ve numaralanmış olan sonuç kalite kontrolü örnek keresteleri istiften alınmış ve bunlar üzerinde sonuç kalite kontrolleri yapılmıştır. Sonuç kalite kontrollerinde aşağıda belirtilen kriterler dikkate alınmıştır yapılmıştır [14].

- 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

EDG (1992)'ye [14] göre sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinin enine kesitinden itibaren en az 300 mm mesafeden test örneklerinin alınması uygun görülmektedir. Kantay (1978)'e göre ise, her iki enine kesitten en az 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 ve 600 mm mesafeden olmak üzere iki noktadan test örnekleri alınmıştır.



Şekil 2.8. Bir sonuç kalite kontrolü örnek kerestesinden kalite kontrolü için çeşitli test örneklerinin alınması [18].

- (U): Sonuç rutubeti test rneği
(Δ_0): Rutubet farkı test rneği
(D): Dış sertleşme test rneği (atal örnek)
(): Yoğunluk test rneği

2.2.9. Sonuç Rutubetinin Kontrolü

Sonuç kalite kontrolü örnek kerestesinin Şekil 2.8’de belirtilen yerinden alınan sonuç rutubeti test örneklerinin rutubeti kurutma metodu ile bulunmuştur.

2.2.10. Kerestenin İ ve Dış Tabakaları Arasındaki Rutubet Farkının Kontrolü

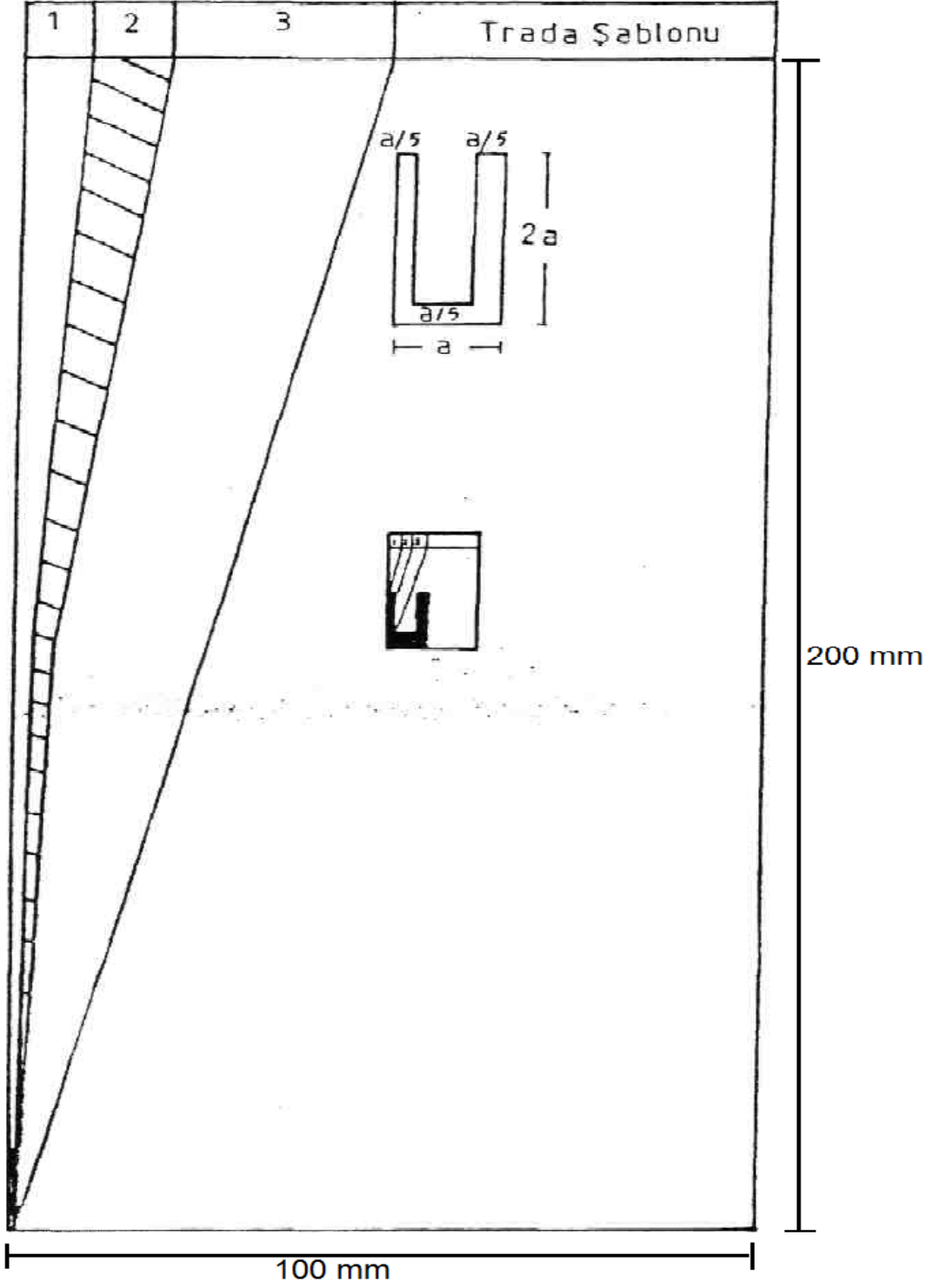
Sonuç kalite kontrolü örnek kerestelerinden aynı boyutlarda ve aynı zamanda alınan örnekler üzerinde i ve dış tabakalar arasındaki rutubet farkı kontrol edilmiştir. (Şekil 2.8.)

Alınan rnekler Şekil 2.6’da grldği gibi 5 tabakaya ayrılmış ve böylece örneğin i ve dış tabakalarının rutubet yüzdeleri kurutma metodu ile saptanmıştır.

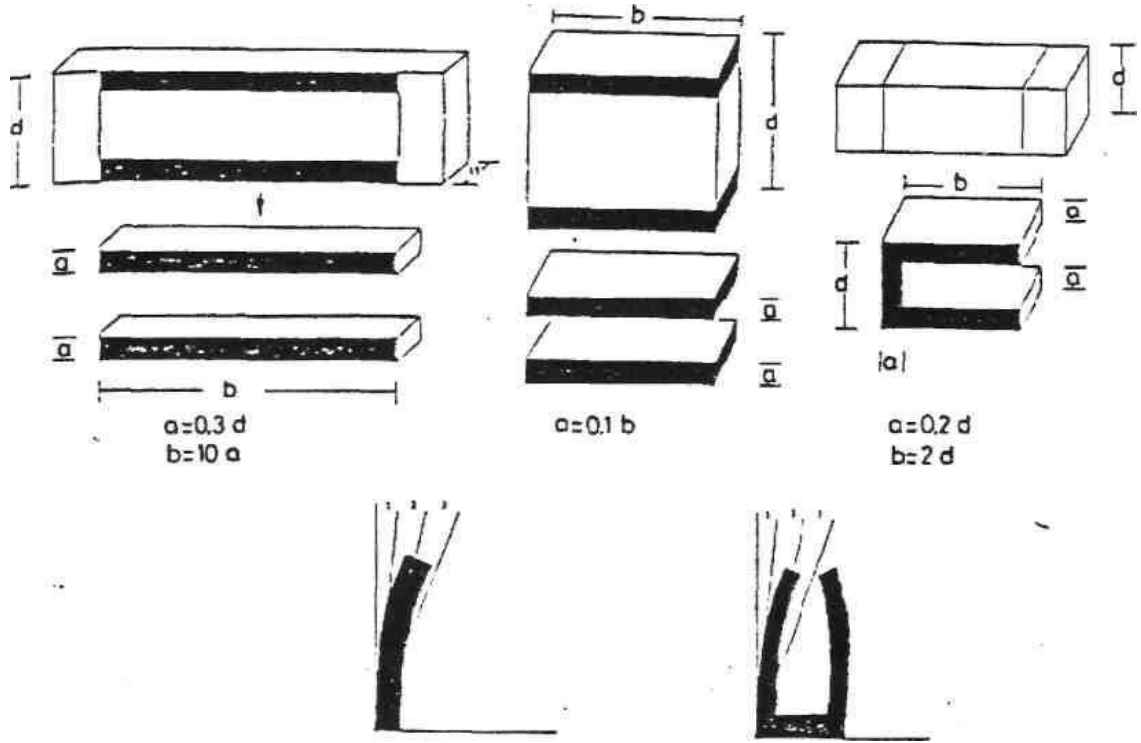
2.2.11. Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)’nin Tespit Edilmesi (atal rnek Testi veya Dilimleme Testi)

EDG (1992)’ye [14] göre kuruma gerilmesi veya dış sertleşmenin tespitinde atal örnek testi veya dilimleme testi kullanılmaktadır. Bu araştırmada da aynı yöntem takip edilmiştir. Bunun için Şekil 2.9’da görülen TRADA şablonu kullanıldığından metodun adı TRADA metodu olarak belirtilmiştir. Test rnekleri sonuç kalite kontrolü örnek edilmiştir. Bunun için Şekil 2.9’da görülen TRADA şablonu kullanıldığından metodun adı TRADA metodu olarak belirtilmiştir. Test rnekleri sonuç kalite kontrolü örnek

kerestesinin Şekil 2.8’de belirtilen yerinden alınmak sureti ile teste tabi tutulmuştur. Bu çalışma için örnekler Şekil 2.10’da gösterilen boyutlarda kesilmiştir. Yönteme uygun olarak 40 mm kalınlıktaki kerestelerden dilim örnekleri, 50 mm kalınlıktaki kerestelerden çatal örnekler alınmıştır. Hazırlanan test örnekleri şablona uygun şekilde yerleştirilerek her bir dilim veya çatalın eğilme miktarı tespit edilmiştir. Testin yapılış aşamalarını sıralayacak olursak; çatal ve dilim örnekleri belirtilen boylarda kesilir, kesilen örnek şablonun sol alt köşesine yerleştirilir (dilim örneklerinde sırayla dilimler yerleştirilir), çatal veya dilim örneğinin eğiminin hangi bölgeye tekabül ettiği kaydedilir, örnek ters çevrilir ve aynı işlem diğer parmak için yapılır ve elde edilen ölçümlerin ortalaması o örneğin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu işlem örneklerinin 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 [2].



Şekil 2.9. Dış sertleşme miktarını tespit için kullanılan TRADA şablonu [14].



Şekil 2.10. Çatal örnek ve dilimleme testi için örneklerin hazırlanması ve kullanılması [14].

2.2.12.Çatlaklar,Kollaps ve Şekil Değişmelerinin Kontrolü

Kurutma işlemine başlamadan önce, sonuç kalite kontrolünde kullanılacak her bir örnek kerestenin sahip olduğu çatlaklar (yüzey, iç çatlakları) ve şekil değişmeleri kaydedilmiş, ayrıca çatlaklar keresteler üzerine işaretlenmiştir. Kurutma sonrasında oluşan yeni çatlaklar ve şekil değişmeleri aynı protokole kaydedilmiştir [2]. Çatlaklar (EDG 1992)'ye [14] uygun olarak, yüzey çatlaklarında maksimum derinlik, iç çatlaklarının sayısı ve bütün içindeki yüzdesi, uç çatlaklarının maksimum uzunluğu ölçülmüştür. İç çatlakları Şekil 2.8'de belirtilen test örneklerinin enine kesitleri üzerinde incelenmiştir.

Bu kontrollerde oluklaşma, eğilme, kılıcına eğilme, burulma gibi şekil değişmeleri gözle muayene edilmiş, oluklaşma miktarı ölçülmüş, diğerleri ise sadece isim olarak belirtilmiştir. Kollaps bulunan kerestelerde ise (EDG 1992)'ye [14] uygun olarak kalınlık üzerinde en kalın ve en ince noktalar arasındaki fark ölçülerek değerlendirme yapılmıştır.

2.2.13. Kurutma Kalitesinin Belirlenmesinde Takip Edilen Standart

Kurutma kalitesinin belirlenmesinde; büyük boyutlu yapı keresteleri hariç tutulmak üzere 80 mm kalınlığa kadar olan ağaç malzeme için kullanılabilen EDG (1992)'den [14] yararlanılmıştır.

Kılavuz, kurutulmuş ağaç malzemeyi üç kalite sınıfına ayırmaktadır. Bunlar S (Standart), Q (Quality Dried) ve E (Exclusive)'dir. S sınıfının kalite özellikleri muhtelemen 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 olmaktadır. Çizelge 2.3'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.

Çizelge 2.3'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 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.

2.2.14. Sonuçların Değerlendirilmesinde Uygulanan İstatistik Metot

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

Çizelge 2.3. EDG 1992'ye göre kurutma kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan toleranslar [14].

Kriterler		S (Standard)	Q (Quality dried)	E (Exclusive)	
Hedef Sonuç Rutubeti (%) İle Ortalama Rutubet Arasındaki Maksimum Sapma	d<40 mm	+ 2.0/-3.0	+ 2.0/-2.0	+ 1.5/- 1.5	
	d>40mm	+ 3.0/-3.0	+ 2.5/-2.5	+ 2.0/-2.0	
Hedef Sonuç Rutubeti (%) İle Münferit Rutubet Ölçümleri Arasındaki Maksimum	d<40mm	+ 4.0 / - Sınırsız	+ 3.0/-3.0	+ 2.0/-2.0	
	d>40 mm	+ 6.0 / - Sınırsız	+ 4.0/-4.0	+ 3.0/-3.0	
Dış Sertleşme Çatal Örnek Testi	ilk Ölçüm	Orta (2)	Hafif (1)	Hafif (1)	
	24 Saat Sonraki Ölçüm	Şiddetli (3)	Orta (2)	Hafif (1)	
Kollaps (Örneklerin %10'unda)		Max. 6 mm	Max. 3 mm	Max. 2 mm	
Çatlaklar	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)	d<40 mm	Max. Uzunluk 200 mm	Max. Uzunluk 100 mm	Max. Uzunluk 50 mm
		d>40 mm	300 mm	200 mm	100 mm
Şekil Değişmeleri		Daralma anizotropisinden kaynaklanan şekil değişimleri kabul edilir. Fakat düzensiz çıtalama ve istiflemeyen kaynaklanan şekil değişimleri kabul edilmez.			

Elde edilen aritmetik ortalamaların standarda 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 [20].

$$EKGD = X - t_{n-1, (95\%)} \cdot S_x / n^{1/2} \quad (2.5)$$

$$EBGD = X + t_{n-1, (95\%)} \cdot S_x / n^{1/2} \quad (2.6)$$

S_x : Aritmetik ortalamasının standart hatası

X : İncelenen özellik ile ilgili aritmetik ortalama

n : Yapılan ölçüm sayısı

t : %95 Güven Seviyesi İçin $(n-1)$ 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 standarda 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 birebir karşılaştırılmıştır.

Uç çatlaklarının değerlendirilmesinde ise maksimum çatlak uzunluğu ölçülmüş ve uç çatlağı bulunan 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 bulunmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. 40 MM KALINLIKTAKİ KAYIN KERESTESİNİN KURUTULMASI İLE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Kurutmaya %45 kereste rutubeti ile başlanmış, 8 saat uygulanan ısıtma periyodunda sıcaklık 20⁰C'den 40⁰C'ye yükseltilmiş ve bu durumda %90 bağıl nem uygulanmıştır.

Esas kurutma periyodunun birinci basamağı olan lif doygunluğu rutubet derecesine kadar devam eden periyotta %27 rutubete 30 saatte ulaşılmıştır. Bu periyot sonunda %74 bağıl nem derecesine inilirken, sıcaklık 50⁰C'ye yükseltilmiştir.

Esas kurutma periyodunun ikinci basamağında yavaş bir kuruma meydana gelmiş, 50⁰C sabit sıcaklık uygulanmış, bağıl nem periyod sonunda %44'e kadar düşürülmüş, kereste rutubeti %27'den %9'a 258 saatte ulaşmıştır.

Son aşamada ise esas kurutma periyodu sonunda ulaşılan %9 rutubetten %12 sonuç rutubetine kadar 9 saat süreyle denkleştirme uygulanmıştır.

Kurutma süresince 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.

Yapılan kontroller sonucunda bir numaralı örnek için, 24 saatte %12,2, 96 saatte %10,4, 192 saatte %4,8, 300 saatte 2,7 ve denkleştirme periyodu sonunda ise %1 rutubet meyli değeri tespit edilmiştir.

Aynı örnekte yapılan çatal örnek testinde 96 saatten itibaren ve denkleştirme periyodu sonunda çatal parmakların içe doğru çok az eğildiği görülmüştür.

Yapılan kontrollerde kurutma boyunca örnek kerestede herhangi bir çatlama ve oluklaşmaya rastlanmamıştır.

İki numaralı örnek kereste üzerinde yapılan kontroller sonucunda; 24 saatte %13,2, 96 saatte %10,1, 192 saatte %4,2, 300 saatte 1,7 ve denkleştirme periyodu sonunda ise %1,1 rutubet meyli değeri tespit edilmiştir.

Aynı örnekte yapılan diğer kontroller sonucunda, kurutma süresince çatlama meydana

gelmediği gözlenmiştir. Ayrıca kurutma boyunca herhangi bir şekil değişmesi kusuruna rastlanmamıştır.

Hazırlanan kurutma programında da görüleceği gibi sonuç rutubeti bakımından değerlendirmede hedef sonuç rutubeti %12 kabul edilmiştir. Bu noktadan hareketle yapılan istatistik değerlendirmede elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir:

$$n = 10$$

$$X = 14,454$$

$$S_x = 0,0166$$

$$t_{n-1} = 2,262$$

Bu değerler yardımıyla bulunan,

$$EKGD = 14,416$$

$$EBGD = 14,49 \text{ 'dir.}$$

%12 hedef sonuç rutubetine göre, S kurutma kalitesi sınıfı için arzu edilen maksimum değer %15, minimum değer %9 olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, her iki değer de limitler arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre 40 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonucunda, ortalama sonuç rutubeti bakımından S kalite sınıfına ulaşılmıştır.

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

$$n = 5$$

$$X = 3,8204$$

$$S_x = 0,025$$

$$t_{n-1} = 2,776$$

Bu değerler yardımı ile bulunan,

$$EKGD = 3,751$$

$$EBGD = 3,889 \text{ 'dir.}$$

%12 hedef sonuç rutubetine göre, S sınıfı için arzu edilen maksimum değer %18, minimum değer sınırsız olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, her iki değerinde limitler arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre 40 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonunda, rutubet meylili bakımından S kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

3 adet örnek keresteden alınan toplam 3 adet test örneğinden, kereste kalınlığı 40 mm 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 çatal parmakların içe doğru çok az eğildiği 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 40 mm kalınlık için uygulanan kurutma programı ile dış sertleşme oluşumu bakımından da E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

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 değişimleri, kalite sınıfları içerisine doğrudan dahil edilmemiş ise de sonuç kalite kontrol örnek keresteleri şekil değişimleri bakımından da değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan gözle muayene neticesinde herhangi bir şekil değişmesine rastlanılmamıştır.



Şekil 3.1. 40 mm kalınlıktaki kerestelerden alınan çatal örnekler.

3.2. 50 MM KALINLIKTAKİ KAYIN KERESTESİNİN KURUTULMASI İLE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Kurutmaya %50 kereste rutubeti ile başlanmış, 10 saat uygulanan ısıtma periyodunda sıcaklık 30°C 'den 50°C 'ye yükseltilmiş ve bu durumda %90 bağıl nem uygulanmıştır.

Esas kurutma periyodunun birinci basamağı olan lif doygunluğu rutubet derecesine kadar devam eden periyodda %27 rutubete 88 saatte ulaşılmıştır. Bu periyod sonunda %80 bağıl nem derecesine inilirken, sıcaklık 55°C 'ye yükseltilmiştir.

Esas kurutma periyodunun ikinci basamağında yavaş bir kuruma meydana gelmiş, 55°C sabit sıcaklık uygulanmış, bağıl nem periyod sonunda %60'a kadar düşürülmüş, kereste rutubeti %27'den %9'a 264 saatte ulaşmıştır.

Son aşamada ise esas kurutma periyodu sonunda ulaşılan %9 rutubetten %12 sonuç rutubetine kadar 16 saat süreyle denkleştirme uygulanmıştır.

Kurutma süresince 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.

Yapılan kontroller sonucunda bir numaralı örnek için, 24 saatte %13,2, 96 saatte %10,0, 192 saatte %4,4, 300 saatte 2,3 ve denkleştirme periyodu sonunda ise %1 rutubet meyli değeri tespit edilmiştir.

Aynı örnekte yapılan çatal örnek testinde 96 saatten itibaren ve denkleştirme periyodu sonunda çatal parmakların içe doğru çok az eğildiği görülmüştür.

Yapılan kontrollerde kurutma boyunca örnek kerestede herhangi bir çatlama ve oluklaşmaya rastlanmamıştır.

İki numaralı örnek kereste üzerinde yapılan kontroller sonucunda; 24 saatte %12,7, 96 saatte %9,1, 192 saatte %3,5, 300 saatte 1,2 ve denkleştirme periyodu sonunda ise %1,0 rutubet meyli değeri tespit edilmiştir.

Aynı örnekte yapılan diğer kontroller sonucunda, kurutma süresince çatlama meydana gelmediği gözlenmiştir. Ayrıca kurutma boyunca herhangi bir şekil değişmesi kusuruna rastlanmamıştır.

Hazırlanan kurutma programında da görüleceği gibi sonuç rutubeti bakımından değerlendirmede hedef sonuç rutubeti %12 kabul edilmiştir. Bu noktadan hareketle yapılan istatistik değerlendirmede elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

$$n= 10$$

$$X= 14,0796$$

$$S_x= 0,0166$$

$$t_{n-1} = 2,262$$

Bu değerler yardımı ile bulunan,

$$EKGD= 14,0419$$

$$EBGD= 14,1173 \text{ 'dir.}$$

%12 hedef sonuç rutubetine göre, S kurutma kalitesi sınıfı için arzu edilen maksimum değer %15 minimum değer %9 olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, her iki değer de limitler arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre 50 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonucunda, ortalama sonuç rutubeti bakımından S kalite sınıfına ulaşılmıştır.

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

n= 5

X= 1,6531

S_x= 0,025

t_{n-1} = 2,776

Bu değerler yardımı ile bulunan,

EKGD= 1,5837

EBGD= 1,7225'dir.

%12 hedef sonuç rutubetine göre, S sınıfı için arzu edilen maksimum değer %16, minimum değer sınırsız olduğu görülmektedir. Bulduğumuz EKGD ve EBGD'leri bu limitlerle karşılaştırdığımızda, her iki değerinde limitler arasında kaldığı görülmektedir. Buna göre 50 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonunda, rutubet meylî bakımından S kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

3 adet örnek keresteden alınan toplam 3 adet test örneğinden, kereste kalınlığı 50 mm 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 çatal parmakların içe doğru çok az eğildiği 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 50 mm kalınlık için uygulanan kurutma programı ile dış sertleşme oluşumu bakımından da E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

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 değişimleri, kalite sınıfları içerisine doğrudan dahil edilmemiş ise de sonuç kalite kontrol örnek keresteleri şekil değişimleri bakımından da değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yapılan gözle muayene neticesinde herhangi bir şekil değişmesine rastlanılmamıştır.



Şekil 3.2. 50 mm kalınlıktaki kerestelerden alınan atal rnekler.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknik kurutmanın özel sektörde uygulanmasında ideal kurutma şartlarına ulaşmak için kurutma kalite kontrollerinin yapılarak istenilen rutubet kademelerinde kurutmanın sağlanabilmesini amaçlayan bu çalışmada; 40 mm ve 50 mm olmak üzere iki farklı kalınlıktaki Doğu kayını kerestesinin klasik kurutma fırınlarında kurutulması gerçekleştirilmiştir. Amaç özel sektör tarafından gerçekleştirilen teknik kurutmayı kalite standartlarına göre değerlendirmenin önemini vurgulamak olduğundan, her iki kalınlık sınıfı içinde piyasada kullanılan koruyucu kurutma şartları uygulanmıştır.

Çizelge 2.2’de görülen kurutma programı incelendiğinde 40 mm kalınlık için, kurutma periyodunda 50⁰C sabit sıcaklık ve yaklaşık 2,0 kurutma meyli uygulandığı görülmektedir. Isıtma periyodu süresi 8 saat, esas kurutma periyodu süresi 288 saat ve denkleştirme periyodu süresi 9 saat olmak üzere toplam kurutma süresi 305 saat olarak gerçekleşmiştir.

40 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonucunda, ortalama sonuç rutubeti ve rutubet meyli bakımından S kalite sınıfına, dış sertleşme oluşumu bakımından E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır. Sonuç kalite kontrol örnek keresteleri üzerinde çatlaklar bakımından yapılan kontrollerde yüzey çatlakları, iç çatlakları ve uç çatlaklarından herhangi birine, kollaps oluşumuna ve herhangi bir şekil değişmesine rastlanılmamıştır.

Çizelge 2.1’de görülen kurutma programı incelendiğinde 50 mm kalınlık için, kurutma periyodunda 55⁰C sabit sıcaklık ve yaklaşık 2,0 kurutma meyli uygulandığı görülmektedir. Isıtma periyodu süresi 10 saat, esas kurutma periyodu süresi 352 saat ve denkleştirme periyodu süresi 16 saat olmak üzere toplam kurutma süresi 378 saat olarak gerçekleşmiştir.

50 mm kalınlık için uyguladığımız kurutma programı sonucunda, ortalama sonuç rutubeti ve rutubet meyli bakımından S kalite sınıfına, dış sertleşme oluşumu bakımından E kurutma kalitesi sınıfına ulaşılmıştır.

Sonuç kalite kontrol örnek keresteleri üzerinde çatlaklar bakımından yapılan

kontrollerde yüzey çatlakları, iç çatlakları ve uç çatlaklarından herhangi birine, kollaps oluşumuna ve herhangi bir şekil değişmesine rastlanılmamıştır.

Bu veriler ışığında firmanın yapmış olduğu teknik kurutmanın kalitesinin ilgili standarda göre genel bir değerlendirmesi yapıldığında; kurutma kalitesinin standart (S) kalite sınıfında olduğu görülmüştür. Bu da kurutulmuş kereste fiyatına etki etmektedir. Kurutma kalitesinin tespiti neticesinde artık firma daha kaliteli kurutma yapabileceğinin farkına varmıştır. Aynı zamanda ideal kurutma şartlarında istenilen sonuç rutubetine en yüksek kalite sınıfında ulaşılması müşteri memnuniyeti açısından da büyük önem taşımaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında gelişmiş ülkelerde yapılan teknik kurutmalarda kurutma kalitesi ilgili standarda göre yapılmaktadır. Ülkemizde ise maalesef sadece akademik çalışma olarak yapılan kurutmada kalite kontrolleri yapılmaktadır. Ümidimiz bundan sonra ülkemiz orman ürünleri sektörünün yaptığı teknik kurutmalarda da kurutma kalitesinin ilgili standarda göre yapılmasıdır.

Yüksek Lisans çalışması bağlamında; ülkemizde ve dünyada kerestenin kurutma özellikleri ile ilgili yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Heräjärvi [21] kavak (*Populus tremula* L. ve *Populus tremulaxtremuloides*) kerestesinin özellikleri üzerine üç farklı kurutma teknolojisini etkisini incelediği çalışmada; kurutma kalitesinin değerlendirilmesi neticesinde ağaç türüne uygun kurutma metodunun tespit edileceğini bildirmiştir.

Tari ve Madhoushi [22] yaptıkları çalışmalarında; 5 cm kalınlığındaki pavlonya (*Paulownia fortunei*) kerestesini Amerikan Orman Ürünleri Laboratuvarının önerdiği üç farklı teknik kurutma programı ile 1 m³'lük yarı otomatik klasik kurutma fırınında %8 sonuç rutubetine kadar kurutmuşlar ve kurutma kalitesini literatürde geçen çeşitli kriterlere göre değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda; yapılan kurutmanın kalitesinin değerlendirilmesi neticesinde kurutma kalite kontrollerinin yapılmasıyla ağaç türüne en uygun kurutma programlarının belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Ratanawilat ve diğerleri [23]; sıcak hava ve mikrodalga ısıtma etkisiyle 2,5 cm kalınlığındaki kauçuk kerestesini kuruttukları çalışmalarını görsel olarak değerlendirmeleri neticesinde; kurutma kalite değerlendirmelerinin minimum kurutma sürelerinin belirlenmesi ve enerji tüketiminin azaltılması dolayısıyla kurutma maliyetinin azaltılmasına olanak sağladığını saptamışlardır.

He ve Wang [24] tarafından yapılan bir diğerk çalışmada ise; 2,5 cm kalınlığındaki *E. urophylla* ve *E. terecticornis* kerestelerini mikrodalga kurutma fırınında kurutma işlemi süresince ve kurutma sonunda kalite kontroller yaparak değerlendirmiş, yapılan kalite kontrol işlemleri ile mikrodalga kurutma metodunun avantajlı olacağını ispatlamışlardır.

Korkut ve Güller [25] gürgen yapraklı kayacık kerestesinin klasik kurutma fırınında iki farklı kurutma programı kullanarak yaptıkları kurutma işleminde; kurutma süresince ve kurutma bitiminde yaptıkları kalite kontrol testleri ile her bir kurutma programını kurutma süresi, kurutma kalitesi ve enerji maliyetleri açısından değerlendirmenin söz konusu olabileceğini ifade etmişlerdir.

Korkut ve diğerleri [26] 50 mm kalınlığındaki kayın gövdeli akçaaağa (*Acer trautvetteri* Medv.) kerestesinin kurutma özelliklerini saptadıkları çalışmalarında; kurutma kalitesinin ilgili standartlara göre yapılması ile daha iyi kurutma kalitesine ulaşılabileceğini belirlemişlerdir.

Korkut ve diğerleri [27] yaptığı bir başka çalışmada; dişbudak yapraklı üvez (*Sorbus aucuparia* L.) kerestesini iki farklı program ile klasik kurutma metodu ile kurutmuşlar ve ilgili standartta göre yaptıkları kurutma kalite kontrol çalışması neticesinde bu ağa (*Sorbus aucuparia* L.) kerestesi için en yüksek kalitede kurutma programını saptamışlardır.

Korkut ve diğerleri [28] tarafından yapılan çalışmada; 50 mm kalınlığındaki yabani kiraz kerestesi klasik kurutma fırınlarında kurutulmasında kurutma kalitesinin değerlendirmesini EDG tarafından hazırlanan 1992 tarihli standart dikkate alınarak yapmışlardır. Çalışma sonunda ise; yabani kiraz kerestesi için en yüksek kurutma kalitesi veren kurutma programını belirlemişlerdir.

Yukarıda verilen literatürlerden de anlaşılacağı üzere kurutma süresince ve kurutma sonunda kalite kontrollerinin yapılması; kurutma metotlarının değerlendirilmesi, ideal kurutma için en uygun kurutma programlarının belirlenmesi, kurutma süresi ve kurutma maliyetlerinin azaltılmasına olanak vermesi, mevcut kurutma metotlarının hangi özellikteki ağa (*Sorbus aucuparia* L.) türü ve kereste kalınlığına göre en uygun olduğunun tespit edilmesi, kaliteli kurutma yaparak keresteyi en yüksek fiyattan satabilme imkânına kavuşulması, ülke ekonomisine katkı ve rekabet şansını arttırması gibi birçok fayda sağlamaktadır. Bu nedenle sadece bilimsel çalışmalarda değil özel sektör tarafından yapılan tüm kurutma işlemlerinde kalite kontrollerinin yapılması mutlaka tavsiye edilmektedir.

Ülkemizde kereste ticareti ile uğraşan tüm firmaların yurt içinde yapacakları kurutma

işlemlerinde kurutma kalitesini TS EN 14298 (2006) [29] standardına göre değerlendirmeleri kesinlikle tavsiye edilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] R. Kantay, *Kereste Kurutma ve Buharlama El Kitabı*, Yayın no: 6, İstanbul, Türkiye: Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı, 1993.
- [2] Ö. Ünsal, “Ceviz kerestesinin teknik kurutma özellikleri üzerine araştırmalar,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1994.
- [3] F. Fessel. (1965). *Trocknung in dampf- luftgemischen* [Online]. Available: <https://public.ptb.de./files/...>
- [4] W. Jank. (1960). *Handbuch der Holz Trocknung Fachbuchverlag* [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [5] F. Kollmann. (1955). *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe* [Online]. Available: <https://www.springer.com/de/book/9783642529481>
- [6] R. Keylwerth. (1951). *Die Kammertrocknung Von Schnittholz* [Online]. Available: <https://books.google.com.tr>
- [7] G.H. Kaumann. (1964). *Zellkollaps in Holz, Holz-als Roh-und Werkstoff* [Online]. Available: <https://www.researchgate.net>
- [8] F. Yaltırık, *Dendoroji Ders Kitabı II. Angiospermae (Kapalı Tohumlar)*, Yayın no: 390, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1988.
- [9] A. Rahim ve Z.C. Özkan, *Tohumlu Bitkiler (Spermatopyt) Odunsu Taksonlar*, Yayın No: 167/19, Trabzon, Türkiye: KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, 1993.
- [10] F. Saatçioğlu, *Silvikültür I*, Yayın No: 22, İstanbul, Türkiye: İ.Ü. Yayınları, 1976.
- [11] A.Y. Bozkurt. (1982). *Doğu Kayını* [Online]. Available: <https://icanadolu.ogm.gov.tr>
- [12] I. Şanlı, “Doğu kayını (F. Orientalis Lipsky)’nin Türkiye’de çeşitli yörelerde oluşan odunları üzerine anatomik araştırmalar,” Doktora Tezi, Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1978.
- [13] T. Tank. (1978). *Türkiye Kayın ve Gürgeç Türlerinin Nötral Sülfid Yarı Kimyasal Metodu ile Değerlendirme İmkanları* [Online]. Available: <https://dergipark.ulakbim.gov.tr>
- [14] *EDG Recommendation on Assessment of Drying Quality of Timber*, European Drying Group, 1992.
- [15] E.F. Rasmussen. (1961). *Dry kiln operator’s manual USDA Agr. Handbook* [Online]. Available: <https://www.esf.edu/documents/DryKilnOperatorsManual.pdf>
- [16] J. Lempelius (1969). *Die Schnittholztrocknung* [Online]. Available:

https://www.brunner-hildebrand.de/buch_schnittholztrockner

- [17] R. Schluter and F. Fessel. (1939). *Neue praktische Erfahrungen bei der Kunstlichen Holztrocknung* [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02617338>
- [18] R. Kantay, 'Türkiye'nin Önemli Bazı Orman Ağaç Türleri Kerestelerinin Teknik Kurutma Özellikleri Üzerine Araştırmalar,' Yayın No: 2491, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1978.
- [19] *Technische Trocknung von Schnittholz, Güte und Prüfung des Getrockneten Holzes (DDR-Standard)*, 1969.
- [20] A. Kalıpsız, 'İstatistik Yöntemler', İ.Ü. Yayın No:3855, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1994.
- [21] H. Heräjärvi. (2009). *Effect of drying technology on aspen wood properties, Silva Fennica* [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/...>
- [22] S.M.M. Tari and M. Madhoushi. (2013). *Establishing a kiln drying Schedule for Paulownia fortunei lumber with thickness of 5 cm* [Online]. Available: https://www.researchgate.net/.../wood_drying_schedules
- [23] T. Ratanawilai, C. Nuntadusit and N. Promtong. (2015). *Drying characteristics of rubber wood by impinging hot air and micro wave heating* [Online]. Available: <https://www.centrumdp.sk/wr/201501/06.pdf>
- [24] Q. He and X. Wang. (2015). *Drying stres relaxation of wood subjected to microwave radiation* [Online] Available: https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_10_03%20.html
- [25] S. Korkut and B. Güller (2007). *Comparison of two drying schedules for European Hophornbeam (Ostrya carpinifolia Scop.) lumber* [Online]. Available: https://www.researchgate.net/.../232993926_comparison_of_Two_Drying_schedules
- [26] S. Korkut, B. Güller and M. Budakçı. (2007). *Kiln drying properties of red-bud maple (Acer trautvetteri Medv.) lumber, Proceedings 10th International IUFRO Division 5 Wood Drying Conference, Understanding and Modeling the Theoretical and Practical Aspects of Drying Solid wood and Wood-based Materials* [Online]. Available: <https://www.iufro.org/science/divisions/divisions-5>
- [27] S. Korkut, H.Keskin, Ö. Ünsal and A. Bajraktari. (2010). *Kiln drying properties of rowan (Sorbus aucuparia L.) lumber, 11th International IUFRO Wood Drying Conference, Recent Advances in the Field of Wood Drying* [Online]. Available: <https://www.scielo.cl/pdf/maderas/aop2213.pdf>
- [28] S. Korkut, Ö. Ünsal, D. Kocaefe, A. Aytin and A. Gökyar. (2012). *Evaluation of kiln-drying schedules for wild cherry wood (Cerasus avium (L.) Monench)* [Online]. Available: https://www.scielo.cl/scielo.php=S0718_script=arttext
- [29] *Biçilmiş yapacak odun (kereste)- kurutma kalitesinin değerlendirilmesi*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 14298, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : ASLI GÖKYAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.04.1990 DÜZCE
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : asligokyar@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Endüstrisi Müh.	Düzce Üniversitesi	2017
Lisans	Orman Endüstrisi Müh.	Düzce Üniversitesi	2012
Lise		Düzce Lisesi	2008