

SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES	B	VOLUME	27	NUMBER	2	1977
SERIE		BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



KERESTE KURUTMADA BAZI TEMEL KOŞULLAR, KURUTMA KUSURLARI VE ÖNLEME ÇARELERİ

Dr. Ramazan KANTAY¹

Giriş

Kurutma, kereste endüstrisinde kerestenin kullanım yerine ulaşmadan evvelki son ve en önemli teknik aşamayı teşkil etmektedir. Kurutma adı altında, ağaç malzeme içerisinde bulunan ve kullanım amacı için uygun olmayan fazla suyun atılması anlaşılmaktadır. Ağaç malzemede ideal bir kurutmanın amacı, kurutma sırasında kaltesinin düşmesine ve değer kaybetmesine sebebiyet vermeden koruyucu bir tarzda en kısa sürede ve en ekonomik şekilde pratikte çeşitli kullanım yerlerinin gerektirdiği kuruluk derecelerine kadar kurutmaktır. Bilindiği gibi kurutma işi ile uğraşan teknik elemanların kerestenin kurutulmasında karşılaştıkları en önemli sorun kurutma sırasında ortaya çıkan kurutma kusurları ve meydana gelen değer kaybıdır.

Kurutma kusuru kavramı ile kurutma sırasında ortaya çıkan ve kerestenin kalitesinin düşmesine ve böylece değer kaybetmesine sebebiyet veren, örneğin çatlama, çarpılma, doğal rengin değişmesi gibi herhangi bir oluşum ifade edilmektedir. Kurutma kusurları çoğunlukla ağaç malzemenin doğal yapısı ve özelliklerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Örneğin, odunun liflere paralel, radyal ve yıllık halkalara teğet olmak üzere üç değişik yönde farklı çalışması birçok kurutma kusurunun asıl sebebini teşkil etmektedir. Bu bakımdan bazı kusurlar belli sınırlara kadar normal görülmekte ve kusur olarak telâkki edilmemektedir. Fakat, kusurların caiz görülen sınırların altında tutulması iyi bir kurutmanın amacını teşkil etmektedir. Bu amaca ulaşmak için bazı temel koşulların yerine getirilmesi önemli ve gereklidir. Örneğin, teknik kurutmada kurutma tesis ve teçhizatının hatasız bir şekilde kurulması, kereste istifinin tekniğine uygun yapılması ve fırın içerisine uygun bir şekilde yerleştirilmesi,

1) İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Ünitelerinden Faydalanma Kürsüsü, İstanbul.

doğal kurutmada kurutma yerinin iyi seçilmesi, kurutma alanının iyi düzenlenmesi, istif temelinin uygun şekilde ve ölçülerde hazırlanması bu temel koşulların en önemlileridir. Ancak, kurutma esnasında meydana gelen kurutma kusurları ve değer kaybının caiz görülen ölçülere indirilmesinde yalnız bu temel koşulların yerine getirilmesi de yeterli değildir. Kurutma işi ile meşgul olan teknik elemanların ağaç malzemenin yapı ve özelliklerini genel, daha iyisi kurutmaya konu olan ağaç türünün önemli kurutma özelliklerini ve kurallarını ayrıntılı bir şekilde bilmesi, kurutma sırasında ortaya çıkabilecek kurutma kusurlarının neler olduğu, nasıl meydana geldiği, hangi testlerle muayene edilebileceği ve bunlara karşı pratik ve teknik ne gibi önlemlerin alınabileceği konularında yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir.

Bu yazıda, ihtiyaç duyabileceklere bir ölçüde yararlı olabilmek düşüncesiyle kerestenin gerek doğal ve gerekse teknik olarak kurutulmasına meydana gelebilecek kurutma kusurlarının neler olduğu, nasıl meydana geldiği, hangi testlerle muayene edilebileceği ve bunlara engel olmak için ne gibi tedbirlerin alınabileceği konusu işlenmiştir. Bununla beraber bu esas konuya girmeden önce, kurutmanın caiz görülen en az kusur ve değer kaybı ile en kısa sürede ve en ekonomik şekilde başarıya ulaştırılabilmesi için, yerine getirilmesi gerekli olan bazı temel koşullar ve önemli hususlar üzerinde de kısaca durulmuştur. Yazının hazırlanmasında kürsü kurutma lâboratuvarı ve kereste fabrikalarında tarafımdan yapılan deneme, inceleme ve gözlem sonuçları ile bu konuda yayınlanmış çeşitli kaynaklardan faydalanılmıştır.

Kurutma metodları

Kereste endüstrisinde imalât aşamasından geçen kereste, kullanım alanına ulaşmadan önce kurutulmak üzere ya doğrudan doğruya açıkta veya sundurmalar altında istif edilerek doğal kurutmaya, ya da bu maksat için inşa edilmiş kurutma fırını ve kanallarında teknik (sun'î) kurutmaya sevk edilmektedir. Aralarında kesin bir sınır çekilemeyen her iki kurutma şeklinde de kuruma, civarındaki havanın sıcaklığı, bağıl nemi ve hareketi gibi önemli dış faktörlerin etkisi altında vuku bulmaktadır. Doğal kurutmada kurumayı etkileyen bu dış faktörler hiçbir teknik müdahaleye maruz kalmaksızın doğal olarak cereyan etmektedir. Ağaç malzeme içerisindeki kuruluk derecesi, yani malzeme ile hava arasında meydana gelen higroskopik denge, havanın sıcaklığını ve bağıl nemini etkileyen coğrafi mevki, yükseklik, rutubetli veya kuru rüzgârlar, güneşli veya yağışlı gün-

ler, gece gündüz, mevsimler gibi birçok faktörün etkisi altında meydana gelmektedir. Teknik kurutmada ise, kurutma tesis ve teçhizatı kullanmak suretiyle, dış kurutma faktörleri kontrol altına alınıp ayarlanabilmekte ve böylece ağaç malzemenin özellikleri, kurutmanın amacı ve kurutmada kalite istekleri dikkate alınarak gerekli şiddette ve istenilen sonuç rutubetine kadar kurutma yapmak mümkün olmaktadır. Ancak, bu iki kurutma şekli arasında sınır çekmek mümkün değildir. Zira, kurutmanın gidişini hızlandırmak amacı ile kurutma faktörlerinden havanın hareket hızı teknik müdahalelerle değiştirilebilmekte ve böylece kurutma hızlandırılabilir. Hızlandırılmış doğal kurutma olarak adlandırılan bu kurutma şekli gerçek doğal kurutma ile gerçek teknik kurutma arasında bir geçiş teşkil etmektedir.

I. KERESTE KURUTMADA BAZI TEMEL KOŞULLAR

1.1 — Doğal kurutmanın temel koşulları

Bugün memleketimizde kereste büyük bir çoğunlukla doğal olarak kurutulmaktadır. Daha evvel belirtildiği gibi gerçek doğal kurutmada dış kurutma faktörlerine insanın etkisi söz konusu değildir. Kuruma kereste istifinin bulunduğu mahallin iklim koşulları altında doğal olarak cereyan etmektedir. Bu nedenle doğal kurutmada kuruma süresi uzun olmaktadır. Bu süre zarfında açıkta bulunan kereste beklenmedik hava hallerinin, mantarların ve böceklerin zararlı etkisi altındadır. Bu zararlı etkileri azaltarak meydana gelecek kusurlar ve değer kaybını azaltmak, dış kurutma faktörlerini daha etkili hale getirerek kurutmada bir çabuklaşma sağlamak mümkündür. Bu, bazı temel koşulları yerine getirmek ve önemli kurutma kurallarını eksiksiz uygulamak suretiyle sağlanabilmektedir.

Doğal kurutmada, kurutmanın en az kusur ve değer kaybı ile en kısa sürede ve en ekonomik şekilde amacına ulaşması için yerine getirilmesi gereken önemli koşulları ve hususları :

1. Kereste deposu yeri (istif yeri) nin seçilmesi düzenlenmesi ve istif, temellerinin kurulması,
2. Kerestenin istiflenmesi,
3. İstifin ve istif alanının kurutma süresince bakımı ve korunması ile ilgili koşullar ve hususlar olmak üzere üç ayrı başlık altında açıklamak konunun kolay anlaşılması bakımından uygun bulunmuştur.

1.1.1. — Kereste deposu yeri (istif yeri) nin seçilmesi, düzenlenmesi ve istif temellerinin kurulması

Kereste deposu mahallinin seçilmesinde ekstrem iklim koşullarının hüküm sürdüğü yerlerden, örneğin devamlı sis basan, su basan yerlerden, don çukurlarından, bataklıklardan kaçınmalıdır. Yangın sırasında su ihtiyacı düşünülerek suyun yeterli olduğu yerler seçilmelidir. Deponun kurulacağı mahalde ana ve ara yolları ile birlikte yeterli büyüklükte bir depo kuruluşuna elverişli alan bulunmalıdır. Depo yerinin kuruluşunda ulaşım olanakları düşünülmelidir.

Kurutma alanı, yani kereste deposu yeri serbest bir durumda olmalı, hakim rüzgârlar civardaki ağaçlar, binalar, bahçe duvarları ve çitler tarafından tutulmalıdır. Böylece, dış kurutma faktörlerinden olan hava hareketinden en iyi şekilde yararlanarak kurutmada bir çabuklaşma sağlanabilmektedir. Göl ve akarsulara yakın yerlerde iyi bir hava akımı bulunmaktadır.

Kereste deposu yerinin arazi yüzeyi düzgün olmalı, ancak yağmur ve kar sularının birikmesini engellemek ve kolayca akışını sağlamak için hafif meyilli olması uygundur. İstif alanı kuru bir zemin teşkil etmeli, rutubetli veya seyrekte olsa su basan yerlerden kaçınmalıdır. Zemin sağlam olmalı, basınç ve yüklemeye karşı yeterli ölçüde taşıma yeteneğine, örneğin EICHLER (1970, s. 269)'e göre 2 kg/cm^2 lik bir taşıma yeteneğine sahip bulunmalıdır. Zemin üzerinde kuru veya canlı otlar, kereste ve çıta artıkları, yonga parçaları ve talaş bulunmamalıdır. Bunlar toprak yüzündeki hava hareketini engelleyici, yangın tehlikesini arttırıcı rol oynamakta, mantar ve böceklerin üreyip gelişmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır. İstif yeri zemini mikroorganizmalar için kötü bir beslenme ortamı teşkil etmeli, örneğin toprakla karışmamış çakıl, kırmataş, curuf, asfalt veya en iyisi betonla kaplanmış olmalıdır.

İstif alanı düzenlenirken, alanın her yerinde iyi bir hava hareketi sağlamak amacı güdülmeli ve alan şekil bakımından uzun ekseni hakim rüzgârlara dik gelen dikdörtgen şeklinde olmalıdır. İstif yeri esas yollarla ve bunlara dik yönde olan tali yollarla istif alanlarına ayrılmalıdır. Yolların yapıları ve genişlikleri taşıma işlerinde kullanılan araçlara uygun olmalıdır. Ana ve tali yolların genişlikleri hakkında çeşitli kaynaklarda farklı değerler verilmekle beraber TS 1350 (1974)'e göre ana yollar 6,0 m. den, tali yollar 2,0 m. den ve ara yollarda 1,0 m. den dar olmamalıdır.

Yangın tehlikesine karşı kereste deposu ile fabrika binaları ve han-

garlar arasında 5 - 20 m. genişlikte, istif bölmeleri bulunan büyük depolarda ise, bölmeler arasında 30 metre genişlikte yangın emniyet şeritleri bırakılmalıdır (EICHLER 1970, s. 279).

Uzun süren doğal kurutma süresince istifin temelini teşkil eden ve yükünü taşıyan istif ayakları ve kirişleri istife stabil ve dayanıklı bir zemin teşkil etmekte, alt tarafta uygun ölçüde bir boşluk meydana getirerek hava akımı sağlamaktadır. Uzun süre zarfında bitkisel zararlılar ve mekanik etkilere açık bulunan istif temeli dayanıklı malzemeden yapılmalıdır. Bu bakımdan, istif ayakları için en uygun malzeme beton veya taş, istif kirişleri için ise, dekovil raylarıdır. Ancak, kereste doğrudan doğruya bu raylarla temas ettirilmemeli ve istifle raylar arasında ağaç kadronlar konmalıdır. Kiriş olarak ağaç malzeme kullanılacaksa bunlar Kreozotla emprenye edilmelidir.

İstif ayakları TS 1350 (1974)'e göre dikdörtgen veya kesik pramit şeklinde olabilmektedir. Dikdörtgen prizma şeklinde olan ayak taban boyutları 30×30 cm. veya 30×40 cm., yükseklik 20 cm.; kesik pramit şeklinde olan ayaklarda taban boyutları 30×30 cm. veya 30×40 cm., yükseklik 20 cm. veya 30 cm. olmalıdır. Kereste istifi altında iyi bir hava hareketi meydana getirmek için alt tarafta 40 cm. den az olmamak üzere 60 cm. ye kadar yükseklikte bir boşluk sağlamak gereklidir. Bunun için istif ayakları üzerine yükseltici beton, taş veya ağaç prizmalar konabileceği gibi enine yönde kadronlar da konabilmektedir. İstif ayakları arasındaki açıklığın istif boyunca 1,0 ... 1,25 m., genişliğince 1,0 m. olması uygundur. İstif kirişlerinin döşenmesi sırasında, istife giren yağmur sularının akmasını temin etmek bakımından istif boyunca % 2'lik bir meyil sağlanmalıdır (MÜLLER 1949, s. 34, EICHLER 1970, s. 263-64).

1.1.2 Kerestenin istiflenmesi

Doğal kurutmada başarı büyük ölçüde kerestenin tekniğe uygun olarak istiflenmesine bağlı bulunmaktadır. MÜLLER (1949), kerestenin tekniğine uygun şekilde istiflenmesi ile kurutma sırasında meydana gelen kusurların 2/3 sinin önlenmesinin mümkün olduğunu belirtmektedir.

Günümüzde kerestenin istiflenmesi ya otomatik olarak makinalarla ya da el ile yapılmaktadır. Memleketimizde ise hemen hemen daima el ile yapıldığı görülmektedir. Bilindiği gibi kerestenin doğal olarak kurutulmasında birçok istifleme metodu mevcuttur (TS 1350). Bunların birçoğunda, örneğin sandık şeklinde istifleme, blok istifleme metodlarında yardım-

cı material olarak çıta kullanılmaktadır. Çıtalar bu gibi çıtalı istifleme metodlarında çok önemli bir fonksiyona sahip olup, uygun ölçülerde ve özelliklerde çıta kullanılmak suretiyle şekil değişimleri, bazı çatlamlar, renk değişimleri gibi kusurların oluşması önlenabilmektedir. Bu nedenle burada önce istif çıtalarının boyutları ve özellikleri hakkında kısa bilgi verilmiş bulunmaktadır.

İstif çıtaları her tarafta aynı kalınlıkta, düzgün lifli, budaksız veya az budaklı, dayanıklı ve sağlam olmalı tekrar tekrar kullanılabilir. Renk değişimi, çürüklük bulunmamalıdır. Doğal kurutmada kullanılacak istif çıtaları hava kurusu halde bulunmalıdır. Yüzeyleri temizlenmiş, düzgün daha iyisi rendelenmiş olmalıdır. Şekil bakımından enine kesitleri dikdörtken veya kare olabilmektedir. Yapraklı ağaç kerestelerinin kurutulmasında mevsimlere göre farklı kalınlıkta çıta kullanılmaktadır. Kurutmanın yavaş olduğu kış aylarında daha kalın çıtalar, örneğin 25 mm. kurutmanın hızlı olduğu yaz aylarında ise çatlamları önlemek amacı ile daha ince, örneğin 15 mm. kalınlıkta çıtalardan faydalanmak mümkündür. İğne yapraklı ağaç kerestelerinin kurutulmasında yılın her mevsiminde aynı kalınlıkta, örneğin 25 mm. kalınlıkta çıtaların kullanılması uygundur (BERKEL 1956, s. 15, TS 1350 (1974)). Kereste ile temas ettiği yüzeylerde kurumayı önleyici etkileri nedeniyle çıtalar fazla geniş olmamalıdır. Ancak delikli çıtalar kullanmak suretiyle bu etkiyi azaltmak mümkündür. Pratikte en fazla 25 - 30 mm. genişlikte çıtalar kullanılmaktadır. Çıta imalinde ağaç türü olarak göknar veya çam öz odunu en uygun bulunmaktadır. KOLLMANN (1973) de Amerika'da sert ağaçların kurutulmasında meşe ve kayın çıtalarının kullanıldığı belirtilmekte ise de, tanen bakımından zengin olan meşenin kerestede lekeler meydana getirmesi sakıncasından dolayı çıta olarak kullanılması uygun değildir.

Kerestenin istiflenmesinde kullanılacak çıtaların özelliklerini böylece açıklanıldıktan sonra, istifleme işleminde dikkat edilecek hususları da aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

— Çeşitli ağaç türlerinde ve kalınlıklarda kuruma süreleri farklı olduğundan, istifler ağaç türlerine ve kalınlık sınıflarına göre ayrılmalıdır. Diğer taraftan aynı ağaç türünün kerestesi çeşitli boylara ve hatta mümkün ise çeşitli genişliklere göre ayrı istiflenmelidir. Çeşitli boylardaki kerestelerin karışık olarak istiflenmesi istif enine kesitlerine yakın kısımlarda çarpılmalara sebebiyet vermektedir.

— İmalât aşamasından geçen kereste çitasız üst üste konmamalı ve mümkün olduğu kadar çabuk istiflenmelidir. İstifleme işleminden önce

yüzeyleri talaş yonga gibi artıklardan temizlenmelidir. Yüzeylerde kalan bu gibi artıklar rutubeti tutarak kurumayı önlemekte ve böylece renk kusurlarına sebebiyet vermektendir.

— Çıtalı istifleme şekillerinde, çıtaların istifteki durumu ve birbirinden uzaklıkları kuruma sırasında şekil değişimleri biçiminde meydana gelen kusurların önlenmesi bakımından çok önemlidir. Çıtalar arasındaki mesafe kereste kalınlığına ve ağaç türüne bağlı olarak değişik bulunmaktadır. Şekil değişmelerine karşı hassas olan yapraklı ağaç kerestesi ve ince iğne yapraklı ağaç kerestesinin istiflenmesinde bu aralık dar olmalıdır. Birçok kaynakta farklı değerler verilmekle beraber TS 1350 (1974) ye göre bu aralık, 50 mm. den kalın iğne yapraklı ağaçlarda 1,0 m., daha ince kerestede 0.60 m., yapraklı ağaçlarda ise her kalınlıkta 0,60 m. olmalıdır. Çıtalar istif enine kesitine paralel ve istifin tabanını teşkil eden yatay düzleme dik düzlemler içerisinde kalacak şekilde yukarıda belirtilen aralıklarla konmalıdır. Çıtaları bu şekilde düzenli koyabilmek için istif çıtalama kılavuzları kullanılmaktadır (PECK 1956). Güneş ile direk teması olmayan kapalı yerlerde istif enine kesitindeki çıtalar kereste ile aynı hizada silme, güneş ile direk teması olabilecek açık yerlerde ise daha geniş çıtalar kullanılarak bunlar kereste başlarından dışarıya doğru 5-8 mm. (EICHLER 1970, s. 266) taşacak şekilde yerleştirilmelidir.

— İstifleme işleminde aynı istif katına konan çıtaların ve kerestenin aynı kalınlıkta olmasına dikkat edilmelidir. İstif içerisindeki kereste uçları çıtalarla desteklenmelidir.

— El ile yapılan geniş istiflerde iyi bir hava hareketi sağlamak için istif ortasında aşağıdan yukarıya doğru daralan bir bacanın bırakılması uygundur. KOLLMANN (1973)'e göre genel olarak baca genişliği istif genişliğinin 1/5'i kadar olmalıdır.

— İstifin genişlik ve yüksekliği istifin el ile veya makine ile yapılmasına, paket istiflerde istifi taşıyan aracın taşıma ve kaldırma kabiliyetine, istif yerinin durumuna ve istif temelinin taşıma gücüne bağlı olarak değişmektedir. İstif yükseklik ve genişliği uzun süren kuruma sırasında istifin stabil bir şekilde durabilmesini sağlayacak oranda olmalıdır. Çok geniş istiflerde kuruma, iç kısımlarda yavaş ilerlemektedir. Yüksek istiflerin devrilme tehlikesi vardır. MÜLLER (1949'e göre istif genişliği 4 m.'yi, istif yüksekliği ise, genişliğin 3 katını aşmamalıdır.

— Uzun süren doğal kurutma sırasında istifte en fazla zarar gören alt ve üst istif katlarını teşkil eden kerestedir. Bu nedenle bu istif katlarına daha düşük değerdeki kerestenin konması uygundur.

— Kereste biçilmeyi müteakip kısa bir süre dahi olsa üst üste konmalı ve ince çıtalar yardımı ile birbirleriyle olan teması kesilmelidir. Mümkün mertebe kısa bir zaman içinde istife alınmalıdır. Bu süre özellikle kurumanın hızlı olduğu yaz aylarında mümkün olduğu kadar kısa tutulmalıdır. TGL 4945 (1967) de Almanya şartlarına göre Nisan ayından Ekim ayına kadar olan yaz periyodunda 3 gün içinde, Kasım ayından Mart ayına kadar olan kış periyodunda ise 6 gün içinde istife alınması uygun görülmektedir. Memleketimiz iklim koşulları için bu sürelerin daha kısa tutulması ve özellikle sıcak yaz aylarının hüküm sürdüğü bölgelerde bir gün içinde istife alınması uygundur.

— İstif tamamlandıktan sonra üst kısımlardaki istif katlarını teşkil eden kerestede kuruma sırasında meydana gelebilecek şekil değişmelerini önlemek amacı ile istif sıkıştırılmalıdır. Bu maksat için sıkıştırma tertibatları, örneğin yaylı sıkıştırma tertibatı kullanılır (Resim 7).

1.1.3 — *İstifin ve istif alanının kurutma süresince bakımı ve korunması*

Doğal kurutmada en az değer kaybı ile kurutmanın amacına ulaşması yukarıda açıklandığı şekilde özenle yapılan istiflerin kurutma süresince yağmura, kara, direkt gelen güneş ışınlarına, yangına, bitkisel ve hayvansal zararlılara ve mekanik etkilere karşı korunmasına bağlı bulunmaktadır. İstifleri yağmura, kara ve direkt gelen güneş ışınlarına karşı korunmuş en uygun kurutma, üstü kapalı yanları açık kurutma yerlerinde yapılmaktadır. Böyle tesislerin bulunmadığı yerlerde ise, adı geçen faktörlerin zararlı etkilerinden korunmak için istifin devamlı bir dam ile örtülmesi gerekmektedir. İstif damlarının yapılmasında, istifin en üst kısmı ile dam arasında iyi bir hava hareketi için yeterli bir boşluğun bırakılmasına, yağmur ve kar sularının kolay akışını sağlamak için uygun bir meylin verilmesine, yeterli bir koruyucu etki sağlayabilmek için ön, arka ve yanlarda uygun ölçülerde çıkıntıların bulunmasına dikkat edilmeli ve istif damı rüzgâr ve fırtınaya karşı güven altına alınmalıdır. İstif enine kesiti direkt gelen güneş ışınlarına ve hızlı kurumaya karşı bazı tedbirler almak, örneğin kâğıt yapıştırmak, ince ağaç malzeme veya metal çakmak, bazı maddeler, örneğin alüminyum boyaları, zift - asfalt karışımı sürmek suretiyle korunmalı ve böylece meydana gelen enine kesit çatlakları önlenmelidir.

İstif alanı uzun süren kurutma süresince temiz tutulmalı, zemin üzerindeki otlar, talaş, yonga gibi artıklar sık sık temizlenmelidir.

(Resim 1) de kereste deposu yeri, zemini ve istif temelleri ile ilgili önemli koşulları yerine getirilmiş bir istif yeri ve burada tekniğine uygun şekilde yapılmış kereste istifi ile bu koşulların yerine getirilmediği diğer bir istif alanı ve bu alan üzerinde düzensiz ve hatalı yapılmış kereste istifleri görülmektedir.

1.2 — Teknik kurutmanın temel koşulları

Doğal kurutmada olduğu gibi teknik (sun'i) kurutmada da başarı, bazı koşulların yerine getirilmesi ve kurutma kurallarının iyi bir şekilde uygulanması ile mümkündür. Teknik kurutmada başarı için yerine getirilmesi gereken önemli koşulları ve hususları :

1. Kurutma tesis ve teçizatı,
2. Kerestenin istiflenmesi ve fırına yerleştirilmesi,
3. Kurutmanın yönetilmesi,

ile ilgili koşullar ve hususlar olmak üzere gene üç ayrı başlık altında açıklamak konunun kolay anlaşılması bakımından faydalı bulunmuştur.

1.2.1. — Kurutma tesis ve teçizatı

Kurutma tesisinin yapısı dikkate alınarak kurutmanın mümkün olan en kısa sürede en az kusur ve değer kaybı ile amacına ulaşması kurutma tesisinin kusursuz bir şekilde kurulması ve eksiksiz bir şekilde teçiz edilmesi koşuluna bağlıdır. Kerestenin teknik ve ekonomik bakımdan uygun bir şekilde kurutulabilmesi için, kurutma tesisinin (Kurutma fırınları, kurutma kanalları) bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Kerestede yaklaşık olarak eşit ve yeknesak kuruma sağlanmasında, dış kurutma faktörlerinin (hava sıcaklığı, havanın bağıl nemi, hava hareketi hızı ve yönü) örneğin, kurutma fırını için, fırın uzunluğu, genişliği ve yüksekliği boyunca her tarafta yaklaşık olarak aynı değerlerde bulunması önemlidir. Kurutma tesisinin, dış kurutma faktörlerinin istenildiği gibi yönetilmesini sağlayacak şekilde teçiz edilmiş olması, kurutmanın kurutmaya konu olan ağaç türlerinin özelliklerini dikkate alarak yönetilebilmesi bakımından önemlidir. Zira, aksi hallerde, kurutulan kerestenin çeşitli kısımlarında büyük rutubet farkları meydana gelmekte ve böylece kerestede çatlama ve çarpılmaları oluşturan gerilmeler ortaya çıkmaktadır.



Resim 1 — Doğal kurutmada, (üstte) istif depo yeri, zemini ve istif temelleri ile ilgili önemli koşulları yerine getirilmiş bir istif yeri ve burada tekniğine uygun şekilde yapılmış bir kereste istifi, (altta) bu koşulların yerine getirilmediği diğer bir istif alanı ve bu alan üzerinde hatalı ve düzensiz yapılmış kereste istifleri.

Bilindiği gibi çok çeşitli olan kurutma metodlarının uygulandığı çeşitli kurutma tesisleri mevcuttur. Bu tesislerin, kurutma metodunun başarı ile uygulanması için kendine has özellikleri ve çalışma prensipleri vardır (EICHLER 1970, s. 282; KRÖLL 1965; KNEULE 1975). Ancak, yazımızda pratikte en çok uygulanan klasik kurutma metodunun yani, 100°C ve bunun altında bulunan sıcaklıklardaki hava ve su buharı karışımı ile kurutma metodunun uygulandığı kurutma fırınlarında bulunması gereken bazı özellikler açıklanmıştır. Ancak bu fırınlarında yapı tarzları, boyutları, ısıtma, rutubetlendirme, hava hareketi sağlama düzenleri, ölçme, ayarlama ve yönetim sistemleri birbirinden çok farklı olabilmektedir. Buna rağmen bu fırınların asgari müşterek bağlayıcı ortak özellikleri vardır. TGL 21 499 (1966) da detaylı bir şekilde belirtilmiş olan bu özelliklerin en önemlileri şunlardır.

1. Kurutma fırınının sıcaklığı en çok 3 saat içerisinde 20°C den 90°C'a yükselmelidir. Fırın boyunca meydana gelen sıcaklık farkları 5°C'u aşmamalıdır.

2. Kurutma fırını içerisinde en az % 90 bağıl nem sağlanabilmeli ve fırın boyunca meydana gelen bağıl nem farkları % 5'i aşmamalıdır.

3. Kurutma fırını içerisinde bulunan kereste istifinin çevresinde ve istif katları arasında hava hareket hızı en az 2 metre/saniye olmalı ve her tarafta yeknesak bir hız dağılışı meydana gelmelidir.

4. Fırın ısı kaybına karşı iyi tecrit edilmiş olmalı ve ısı geçirgenliği kat sayısı 3,5 Kcal/m² saat °C'yi aşmamalıdır.

5. Kapı, temiz hava giriş ve rutubetli hava çıkış yerleri sıkı bir şekilde kapanmalı, böylece su buharı ve ısı kaybı önlenmelidir.

6. Buhar üretme sistemi her istenildiği zaman yeterli miktarda su buharı üretebilecek kapasitede bulunmalıdır.

Başkaca, yoğunlaşmış suların fırın içerisinde birikmeden kolayca dışarı atılması sağlanabilmeli, ölçme aletleri fırın dışından kolayca görülüp takip edilebilmelidir. Kurutma fırınının yapı elemanları, içinde bulunan ölçme aletleri ve istif arabası fırın içerisinde oluşan, ağaç malzeme içerisinde mevcut çeşitli asitlerin buharlaşmış karıştığı su buharı ve yoğunlaşmış sulardan etkilenmemelidir (FESSEL 1949, JANİK 1960, EICHLER 1970).

1.2.2. Kerestenin istiflenmesi ve fırına yerleştirilmesi

Teknik kurutmanın başarıya ulaşması için kurutma tesis ve teçhizatının kusursuz olması ilk koşuldur. Ancak, kurutma tesis ve teçhizatı ne kadar mükemmel olursa olsun kerestenin istiflenmesinde yapılan hatalar ve istifin fırına yerleştirilmesindeki dikkatsizlikler kurutmanın başarısını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu bakımdan kerestenin istiflenmesinde gerekli özen gösterilmeli ve tekniğine uygun şekilde yapılmalıdır.

Teknik kurutmada kereste çıtalı sandık şeklinde istiflenmektedir. İstifleme kuralları çoğunlukla doğal kurutma bahsinde açıklandığı gibidir (bkz. s. 89). Ancak farklı olan önemli bazı hususlarda vardır. Örneğin, istif çıtaları teknik kurutulmuş ve rutubetleri % 8'e düşürülmüş olmalıdır. İstif katlarını teşkil eden keresteler arasında, hava hareketini aksatacak derecede aralık bulunmamalı, en iyisi kereste biribirine temas edecek şekilde konmalıdır (TGL 21 500). İstifin yan yüzlerini teşkil eden kerestelerin yanları alınmış olmalıdır. Kurutma fırını tam olarak doldurulmalı ve hava akış yönünü ve hızını değiştirecek boşluklardan kaçınılmalıdır.

Kerestenin tekniğine uygun şekilde istiflenmesinden sonra kurutma fırınındaki ölçme, ayarlama ve kontrol aletleri gözden geçirilmeli ve görevlerini yeterli duyarlılıkta yapıp yapmadıkları kontrol edilmelidir. Özellikle yaş termometre fitilinin haznesine yeterli ölçüde suyun gelmesine ve fitilin iyi ıslanmasına dikkat edilmelidir. Bundan sonra istif fırına yerleştirilmeli ve fırın içerisinde düzenli bir hava dolanımını aksatacak boşluklar kapatılmalıdır. Hava hareketinin istifin çevresinde ve istif katları arasında eşit dağılımı cereyan edebilmesi için istifin fırını tam olarak doldurması önemli bir koşuldur. Bu nedenle istif içerisinde üst tarafında ve ön ve arkasında boşluk bulunmamalıdır. Buna karşılık hava sirkülasyonu için istif ile kurutma fırını yan duvarları arasında teknik ölçüler dahilinde bırakılmış olan boşluklar serbest vaziyette bulundurulmalı, buralara kereste ve başka maddeler konmamalıdır. Fırın içerisinde bulunan ölçme aletlerinin hatasız bir şekilde çalışmasını sağlamak için, bunlara gelen hava hareketini önleyici veya yönünü saptırıcı etki yapan istif çıkıntıları giderilmelidir.

1.2.3 — Kurutmanın yönetilmesi

Kurutmayı mümkün olan en kısa sürede en az kusur ve değer kaybı ile amacına ulaştırmak için, kurutma fırını ikliminin kurutmaya konu

olan ağaç türünün isteklerine uygun şekilde ayarlanması gerekmektedir. Kerestenin başlangıç rutubetinden sonuç rutubetine kadar çeşitli rutubet basamaklarında kurutma fırını ikliminin ne şekilde ayarlanacağı, yani kurutmanın nasıl yönetileceği kurutma programlarında belirtilmektedir. Başarılı bir kurutma için kurutmaya konu olan ağaç türünün özellikleri ve kurutulan kerestenin kalınlığı dikkate alınarak denemelerle hazırlanmış uygun bir kurutma programına ihtiyaç vardır. Aksi halde, kurutma fırını ve çeşitli teçizatı ne kadar modern olursa olsun, kereste istifi ne kadar tekniğine uygun yapılırsa yapılsın, teknik bakımdan kusursuz ekonomik bakımdan uygun ölçüler içerisinde kalan bir kurutma yapmaya imkân yoktur.

Kurutma esnasında kurutmada meydana gelen kurutma kusurları, kerestenin ihtiva ettiği rutubet ve bu rutubetin kereste içerisindeki dağılışı ile sıkı sıkıya bağlı olduğundan kurutma programları rutubet esasına göre hazırlanmaktadır. Ancak, kurutma esnasında kerestenin rutubet miktarı zamana bağlı olarak azaldığından kurutma programları zaman esasına göre de hazırlanabilmektedir.

Kurutma programlarının hazırlanması, kerestenin rutubeti ile kurutma fırını içerisindeki havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişen ve kereste içerisinde belli bir rutubet derecesinin oluşmasını sağlayan higroskopik denge rutubeti arasındaki ilişkilerin düzenlenmesinden ibarettir. Bu düzenlemeler en iyi şekilde «kurutma meyli»¹ esasına göre yapılabilmektedir (KEYLWERTH 1950, KEYLWERTH und NOACK 1964, STEİMLE 1965). Kurutma programları genel olarak kereste rutubetine veya kurutma süresine bağlı olarak kuru ve yaş termometre sıcaklık derecelerini vermektedir. Bununla beraber, özellikle denge rutubeti, bağıl nem, yağ ve kuru termometre sıcaklık dereceleri arasındaki fark (psikro-

1) Kurutma meyli (TG), kurutulan kerestenin kurutma esnasında her hangi bir andaki ortalama rutubeti (% Um) in, o anda fırında mevcut sıcaklık ve bağıl nemin kerestede meydana getirebileceği ortalama denge rutubeti (% Ugl) ne oranıdır. Yani fırın içerisinde mevcut sıcaklık ve bağıl nem sabit tutulduğu takdirde, kuruma bu şartların sağladığı belli bir denge rutubetine ulaşmaya doğru yönelmektedir. Böylece, kurutma meyli şu eşitlikle ifade edilmektedir.

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

Kurutma programlarının hazırlanmasında kurutmanın herhangi bir rutubet basamağında uygulanacak denge rutubeti bu eşitlik yardımıyla bulunmaktadır. Örneğin, herhangi bir ağaç türü uygun kurutma meyli değeri 2 ise, ortalama kereste rutubetinin % 18 olduğu rutubet basamağında denge rutubeti % 9 olmaktadır.

metrik fark) gibi esasında yaş ve kuru termometre sıcaklık dereceleri yardımı ile saptanabilen diğer faktörleri de içermektedir.

Kurutmaya konu olan ağaç türü ve kereste kalınlığına uygun bir kurutma programı elde mevcut ise, kurutmanın bu program dahilinde yönetilmesinde güçlük çekilmez. Böyle bir program olmadığı takdirde, benzer ağaç türleri için çeşitli kaynaklarda verilen veya kurutma fırını imal eden firmaların vermiş oldukları programlardan çıkış noktası olarak yararlanmak suretiyle denemeler yaparak söz konusu ağaç türlerimize uygun yeni programlar geliştirmek mümkündür. Memleketimizde önemli bazı ağaç türlerimiz keresteleri üzerinde bu yönde yapılmış çalışmalar vardır. Örneğin, KANTAY (1976) tarafından önemli ağaç türlerimizden kayın, meşe, çam, göknar ve sedir kerestelerinin teknik kurutma özellikleri ve kurutma programları araştırılmıştır. Kurutmadaki kalite istekleri dikkate alınarak yüksek kaliteli, kaliteli ve şiddetli olmak üzere çeşitli şiddetlerde kurutma yapılmasını sağlayan çeşitli kurutma programlarının önerildiği bu çalışmada, koruyucu bir kurutma için pratikteki ilk uygulamalarda güvenle uygulanabilecek ve uygulayıcı tarafından kalite isteklerine göre yeni programların düzenlenmesinde çıkış noktası olarak ele alınabilecek programlar da verilmiştir. Bu programlar ana hatları ile aşağıdaki tabloda özetlenmiş bulunmaktadır.

Ağaç türü ve kereste özelliği	Kalınlık mm.	Lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde kurutma şartları				Lif doygunluğu rutubet derecesinin altında kurutma şartları		
		Kuru Termo. Denge		Bağlı rutub. %	nem %	Kuru termometre		Kurutma meyli
		C°	F°			C°	F°	
Toros karaçamı	24	75	167	10,1	73,0	90	194	3,50
	48	65	149	11,8	76,5	80	176	3,25
Uludağ göknarı	24	80	176	9,9	74,0	90	194	3,85
	48	70	158	10,7	74,5	80	176	3,50
Toros sediri	24	75	167	10,1	73,0	90	194	3,50
	48	70	158	11,1	76,0	80	176	3,25
Çoruh meşesi	tazehalde 25	40	104	19,1	90	65	149	1,80
	ön kurutma yapılmış 25	45	113	18,2	89	65	149	1,80
Doğu kayını	25	60	140	13,8	82	80	176	2,25

II. KURUTMA ESNASINDA MEYDANA GELEN EN ÖNEMLİ KURUTMA KUSURLARI VE BUNLARI ÖNLEYİCİ BAZI TEDBİRLER

Kerestenin kurutulması sırasında meydana gelen en önemli kurutma kusurları renk değişimleri, çatlama, dış sertleşme (kabuklaşma), şekil değişimleri, hücre çökmeleri (kollaps) ve reçine sızmasıdır. Adı geçen bu kusurların tanımları, oluşum nedenleri ve bunların oluşumunu önleyici önemli pratik ve teknik tedbirler yazının bundan sonraki kısmında ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1 — Renk değişimleri

Renk değişimleri adı altında, kurutma sırasında herhangi bir renk maddesi ile muamele edilmeksizin odunun doğal renginin değişmesi anlaşılmaktadır. Odunun doğal renginde meydana gelen değişimler lekeler, şeritler halinde olabileceği gibi yeknesak ve doymuş bir halde de olabilir. Bunlar yüzeysel oldukları takdirde önemsizdir ve kullanılmadan önce kerestenin rendelenmesi suretiyle bertaraf edilebilmektedir. Derine giden renk değişimleri özellikle lekeler veya şeritler halinde buldukları takdirde önemli bir kurutma kusuru olarak dikkate alınmaktadır.

Renk değişimleri belli başlı aşağıdaki şekillerde meydana gelmektedir.

Kurutma sırasında ağaç malzemenin doğal renginde meydana gelen esas renk değişimleri odunun esas bileşiklerinden olan lignin ve odun pol-yoslarında (hemiselülozlarda) husule gelen bazı kimyasal değişimler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Odunda oluşan bu kimyasal değişimler teknik kurutmada söz konusu olup, sıcaklık ve rutubet faktörlerinin etkisi ile olmaktadır. Burada rutubet faktörü denince hem odun hemde havanın rutubeti söz konusu olmakla beraber, havanın rutubeti odunun rutubetini etkisi altında bulundurması nedeniyle dolaylı, ağaç malzeme rutubeti ise doğrudan etkilidir. H. KÜBLER (1951) in denemelerine göre odun rutubeti % 9'dan itibaren etkili olmakta ve rutubetin artması ile odunun rengindeki koyulaşma artarak lif doymunluğu rutubet derecesinde, buharlaşma suretiyle elde edilen koyuluk derecesine ulaşılmaktadır. Diğer taraftan renk değişimleri üzerine sıcaklık faktörünün etkisi rutubet faktörünün etkisinden daha kuvvetlidir. Ancak, en entansiv renk değişimleri, yüksek rutubet dereceleri ihtiva eden ağaç malzemeye yüksek sıcaklık ve

yüksek bağıl nem derecelerinin birlikte etkisi ile elde edilmektedir. Örneğin, taze haldeki yapraklı ağaçlar sıcaklığı 60°C'den yüksek, bağıl nemi % 65'den fazla olan ortamda kurutulacak olursa, odunun doğal renginde göze çarpıcı bir renk değişmesi meydana gelir (KOLLMANN - KEYLWERTH ve KÜBLER 1951, s. 382-390; KOLLMANN 1955, s. 321; EICHLER 1970, s. 303).

Renk değişimleri üzerine sıcaklık ve rutubet faktörlerinin uygulama sürelerinin de etkisi bulunmaktadır (HILDEBRAND 1962).

Odunun bazı bileşiklerinin örneğin tanen ve renkli maddeler gibi bazı yan bileşiklerinin oksidasyonu ile meydana gelen renk değişimleri, kurutma sırasında ortaya çıkan renk değişimlerinin diğer önemli bir gurubunu teşkil etmektedir. Bu şekilde ortaya çıkan renk değişimleri özellikle yapraklı ağaçlarda hakimdir. KOLLMANN - KEYLWERTH ve KÜBLER (1951, s. 388)'e göre normal sıcaklıklarda (100°C'un altındaki sıcaklıklarda) teknik kurutmada sıcaklık ve rutubet faktörlerinin etkisi ile meydana gelen renk değişimleri esas rolü oynamakta ise de, bu sırada oksidasyon yolu ile ortaya çıkan renk değişimleri bunları şiddetlendirmektedir. Yüksek sıcaklık dereceli su buharı ile kurutmada yalnız sıcaklık ve rutubet faktörlerinin etkisi ile meydana gelen renk değişimleri, 50°C'un altındaki sıcaklıklarda kurutmada ise, esasen oksidasyon yolu ile ortaya çıkan renk değişimleri önemlidir.

Oksidasyon yolu ile meydana gelen renk değişimleri doğal kurutmada da söz konusudur. Örneğin, doğal rengi beyaz olan kızılâğaç odunu kesimden sonra koyulaşmakta ve kırmızı bir renk almaktadır.

Yukarıda açıklanan şekilde ağaç malzemedeki buharlama yolu ile ulaşılmak istenen renk değişimlerine ulaşmak çoğunlukla mümkün bulunmaktadır. Doygun ve yeknesak bir renk tonu ile meydana gelen renk değişimleri bazı kullanım yerleri için kusur olarak telâkki edilmemektedir. Örneğin kayında yeknesak kırmızimsı kahverengi (roza kırmızısı) bir renk tonu tercih edilmektedir.

Daha evvel belirtildiği gibi, odunda şeritler veya lekeler halinde ortaya çıkan renk değişimleri, özellikle derine giden renklenmeler estetik bakımdan önemli bir kusurdur. Bunlar, içerisinde renkli maddeler (veya sonradan renklenen maddeler) bulunan suların yüzeylerden buharlaşması ile; veya kereste yüzeylerinde biriken suların oralardan buharlaşmaları esnasında odundaki renkli maddelerin çözünmesi suretiyle meydana gelebilmektedir. Söz konusu olan sular doğal kurutmada yağmur suları, teknik

kurutmada su buharının yoğunlaşması ile meydana gelen sular, ayrıca taze haldeki ağaç malzemenin kurutulmasında odunun iç tabakalarından yüzeylerine çıkan sulardır. (Resim 2 a) da meşe kerestesinde teknik kurutma esnasında bu şekilde meydana gelen renk değişimleri görülmektedir.

Reçine ihtiva eden ağaç türlerinin teknik kurutulması sırasında kereste yüzeylerine sızan reçine oralarda koyu renkli reçine lekeleri oluşturmaktadır. (Resim 2 b) de sedir kerestesinin teknik kurutulması esnasında meynana gelen reçine lekeleri görülmektedir.

Odunun metallerle temas etmesi sonunda meydana gelen lekeler kurutma sırasında azda olsa rastlanmaktadır. Tanence zengin olan ağaç türleri, örneğin meşe, kestane, akasya bu şekilde oluşan renk değişmelerine çok meyillidir. Örneğin meşe, demir ile temas ettiği zaman mavimsi siyah bir renk almaktadır. Metallerle temas sonucu meydana gelen renk değişimleri için odunun rutubeti önemli olup, en düşük rutubet derecesi lif doygunluğu rutubet derecesinde bulunmalıdır.

Çıtalı istifleme şekillerinde çıta izleri, çitasız istifleme şekillerinde ise üst üste gelen odun kısımlarında lekeler meydana gelmektedir. Başkaca, yüzeylerinde talaş ve yongaların bulunduğu kereste de kuruma esnasında veya kurumadan sonra bunların uzaklaşması ile ortaya çıkan lekeler de sık rastlanmaktadır.

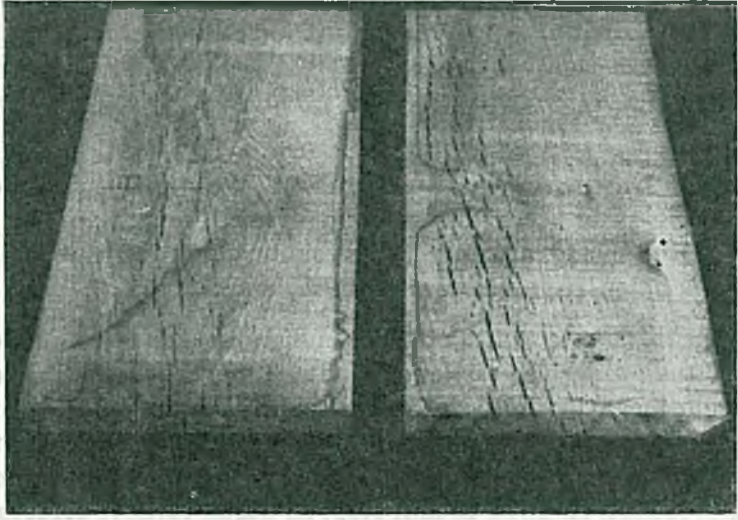
Yukarıda açıklanan şekillerde meydana gelen ve arzu edilmeyen renk değişmelerine engel olmak için alınabilecek bazı tenbirler şunlardır.

1. Teknik kurutmada, özellikle yapraklı ağaçların kurutulmasında dikkatli davranılmalı, ağaç malzemenin rutubeti lif doygunluğu rutubet derecesine ulaşıncaya kadar düşük sıcaklık ve yüksek olmayan bağıl nem dereceleri uygulanmalıdır.

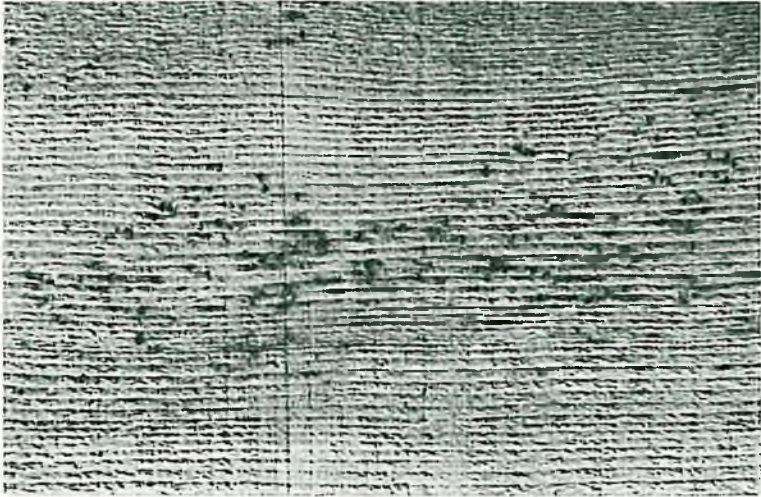
2. Kereste yüzeylerinde biriken suların oralardan buharlaşması sonucu ortaya çıkan renk değişmelerini önlemek için, örneğin doğal kurutmada yağmur sularına engel olmalı, teknik kurutmada uzun süreli buhar püskürtmekten kaçınılmalıdır.

3. Kereste istife alınmadan evvel yüzeylerindeki talaş ve yongalar temizlenmeli, istiflemeye iyice kurutulmuş sağlam ve temiz çitalar kullanılmalıdır.

4. Kurutma sırasında, özellikle rutubeti lif doygunluğu rutubet derecesinin üstünde bulunan kereste renk değişmelerine sebebiyet veren



a)



b)

Resim 2 — Teknik kurutma sırasında meydana gelen renk değişmeleri: (a) Çoruh meğesinde yüzeylerde biriken suların buharlaşması nedeniyle meydana gelen renk değişmeleri, ayrıca yüzey çatlakları, (b) Toros sedirinde patolojik kanallardan reçine sızması sonucu oluşan reçine lekeleri.

metallerle, örneğin demirle temas ettirilmemelidir. KOLLMANN - KEYL-WERTH ve KÜBLER (1951, s. 330) de odunun metallerle temas etmesi nedeniyle meydana gelen lekelerin % 10'luk oksalik asit ile bertaraf edilebileceği bildirilmektedir.

Mantarların etkisi ile meydana gelen renk değişimleri

Ağaç malzemenin uygun olmayan koşullar altında kurutulmasında küf, mavi renk mantarlarının ve ardaklanmanın etkisi ile renk değişimleri meydana gelmektedir. Bilindiği gibi mantarların yaşayıp gelişmeleri için rutubet, sıcaklık, oksijen ve besin maddeleri bakımından uygun bir ortama ihtiyaçları vardır.

Doğal kurutmada mavi renk mantarlarının yapmış olduğu renk değişimleri önemlidir. Mavileşmenin odunun mekanik özellikleri üzerine etkisi (dinamik eğilme direnci hariç) pek az olmakla beraber (KOLLMANN 1973, s. 1958; THUNELL 1952, s. 362-364), dış görünüşü bozan bir renk kusuru olarak kerestenin değerinin düşmesine sebebiyet verdiği bilinmektedir. Mavi renk mantarları iğne yapraklı ağaçlardan özellikle çam ve melez, daha az olmak üzere ladin ve göknara yapraklı ağaçlardan nadir olmakla beraber akçağaç, ıhlamur ve sığılaya arız olmaktadır. Bu mantarların sporları havada daima mevcuttur. Yayılmaları hava hareketleri, böcekler, kereste fabrikalarında biçme ve işleme makinaları, transport tesisleri yardımı ile olabilmektedir. Yaşayıp gelişmeleri için en düşük rutubet derecesi % 18 - 20, en yüksek rutubet derecesi % 140 ve optimal rutubet derecesi de % 70 - 135 dir (BERKEL 1970, s. 240). Optimal ısı dereceleri 20 - 28°C olup, -3° ile +40°C sıcaklık dereceleri arasında gelişebilmektedirler (PECHMANN - GRAESSLER ve WURZ 1964, s. 257-320). Mavi renk mantarları diri oduna arız olmaktadır. Sıcak ve rutubetli havalar, örneğin yazın yağmurlu havalar ve yağmurlardan sonra büyük tehlike teşkil etmektedirler.

Mavileşmenin oluşumu ve önlenmesi hakkında bu güne kadar birçok araştırma ve deneme yapılmış olup, doğal ve kimyasal olarak uygulanabilecek koruyucu tedbirler açıklanmıştır. Örneğin, memleketimizde çam kerestesinde BERKEL ve çalışma arkadaşları (1965, s. 1-19), çam ve göknar kerestesinde İLHAN ve çalışma arkadaşları (1976) tarafından denemeler yapılmıştır.

Kerestenin kurutulmasında mavileşmeyi önleme bakımından alınabilecek koruyucu tedbirler BERKEL (1954, 1970, 1972); BERKEL - BOZ-

KURT - GÖKER (1965) de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Burada doğal koruyucu tedbir olarak tekrarı gereken en önemli husus, istif alanının temiz tutulması ve kurumayı hızlandırıcı tedbirlerin alınmasıdır. Doğal kurutmada kurumayı hızlandırıcı tedbirler daha evvel açıklanmıştır. Diğer taraftan küf ve mavi renk mantarlarına karşı kimyasal mücadelede Pentaklorfenolat ve boraks standart kimyasal maddeler olarak kabul edilmiş bulunmaktadır (BERKEL 1972, s. 196).

Küf ve mavi renk mantarları bulaşmış olan odun, çoğunlukla daha sonra diğer mantarlar tarafından da istilâ edilirler. Uzun süre devam eden doğal kurutmada bu olay yavaş cereyan etmektedir. Bu arada kerestenin böcekler tarafından istilâ edilmesi söz konusudur. Kereste depolarında böcekler, talaş, yongalar, çita ve kereste artıklarının bulunduğu kısımlarda en iyi şekilde üreyebilmektedir.

2.2 — Çatlaklar

Kerestede kuruma esnasında meydana gelen çatlaklar, yüzey çatlakları, enine kesit çatlakları (uç çatlakları veya baş çatlakları), öz çatlakları ve iç çatlaklarıdır. Adı geçen çatlaklar çoğunlukla öz ışınları doğrultusunda oluşmaktadır. Ayrıca yıllık halkalar doğrultusunda oluşan halka çatlakları ve halka ayrılmasına azda olsa rastlanmaktadır.

Kuruma nedeniyle meydana gelen çatlamları oluşturan sebeplerin en önemlileri, kurutma sırasında kerestenin iç ve dış tabakaları arasında ortaya çıkan rutubet farkları ve odunun liflere paralel, radyal ve yıllık halkalara teğet olmak üzere üç değişik yönde farklı çalışmasıdır. Odunun doğal dokusal yapısındaki farklılıklar, kerestenin ihtiva ettiği doğal kusurlar, ayrıca biçme kusurları çatlakları meydana getiren sebeplerin etkinliğini artırıcı faktörlerdir. Çoğunlukla çatlaklar, dokusal yapı nedeniyle gerilmelere karşı koyma direnci farklı bulunan odun kısımları arasında, örneğin enine kesit çatlakları, öz çatlakları ve iç çatlakları boyuna uzanan odun dokusu ile öz ışını paransim dokusu arasında; halka çatlakları ve halka ayrılması (gevşek liflilik) bir evvelki halkanın yaz odunu ile sonraki halkanın ilkbahar odunu arasında meydana gelmektedir.

Yüzey ve enine kesit çatlakları

Yüzey ve enine kesit çatlakları, kurutmanın ilk basamaklarında kereste çevresindeki hava bağıl neminin yeterli derecede yüksek olmama-

sı halinde dış tabakaların iç tabakalara nazaran hızlı bir şekilde kuruması sebebiyle olmaktadır. Kurutma esnasında ilk olarak kerestenin dış tabakaları kurumaya başlamakta ve bu tabakalar iç tabakalardan çok daha evvel odunda çalışmanın başlangıç rutubeti olan lif doygunluğu rutubet derecesine ulaşmaktadır. Böylece, dış tabakalar lif doygunluğu rutubet derecesine erişmiş olmasına ve bu kısımlarda daralma başlamasına rağmen, henüz yaş vaziyette bulunan ve hacmini değiştirmeyen iç kısımlar dış tabakaların bu daralmasına karşı koymaktadır. Bu karşı koyma nedeni ile yüzeylerde liflere dik yönde çekme gerilmeleri hasıl olmakta ve iç kısımlar ise, basınç altında bulunmaktadır. Tahtanın dış tabakalarında oluşan liflere dik yöndeki çekme gerilmeleri odunun liflere dik yöndeki çekme direncini aştığı takdirde enine kesit ve yüzey çatlakları meydana gelmektedir.

Başlangıçta yüzeysel küçük kılcal çatlaklar halinde bulunan bu çatlaklar, uygun kuruma şartları uygulandığı takdirde kerestenin iç tabakaları ile dış tabakaları arasında uygun bir rutubet meyllinin oluşmasıyla kapanmaktadır. Aksi takdirde, örneğin doğal kurutmada kerestenin direk gelen güneş ışınları etkisi altında bulunması veya yaz periyodunda kalın istif çıtaları kullanılması, teknik kurutmada kurutma fırını içerisindeki havanın sıcaklığının yükseltilmesi ve bağıl neminin düşürülmesi halinde kolayca daha büyük çatlaklar ve hatta yarıklar haline dönüşmektedir. Ancak, kurutmanın daha ileri basamaklarında iç tabakaların rutubetinin lif doygunluğu rutubet derecesine ulaşarak daralmaya başlaması ile bu derin çatlaklar dahi kapanmaktadır.

Kapanmış yüzey çatlaklarını havi ağaç malzemede yüzey işlemleri yapılması sakıncalıdır. Zira, yıl boyunca meydana gelen higroskopik denge rutubeti değişimleri nedeniyle ağaç malzeme çalışmakta ve bu esnada çatlaklar açılıp kapanmak suretiyle yüzeye sürülen maddeleri çatlatmaktadır.

Sertleşme hali (Kabuklaşma)

Kerestenin kurutulması sırasında sık rastlanan ve aşağıda açıklandığı gibi meydana gelen kurutma kusuru kerestenin «sertleşme hali» veya «kabuklaşma» olarak ifade enilmektedir.

Yüksek başlangıç rutubeti ihtiva eden ve güç kuruyan kereste şiddetli kurutma şartları altında kurutulacak olursa, evvela yüzeye yakın dış odun tabakaları hızlı bir şekilde kuruyarak lif doygunluğu rutubet derecesine

ulaşmakta ve daralmaya çalışmaktadır. Daralmaya çalışan dış tabakalar iç tabakalar üzerine basınç etkisi yaparak bu kısımları da daralmaya zorlamaktadır. Ancak, henüz lif doygunluğu rutubet derecesine ulaşmamış olan ve hacmini değiştirmeyen bu kısımlar dış tabakaların basınç etkisine karşı koymaktadır. Böylece, kereste yüzeylerinde liflere dik yönde çekme gerilmeleri hasıl olmaktadır. Kerestenin yüzeylerinde meydana gelen bu çekme gerilmeleri yüzeylerde bir uzama etkisi yapmaktadır. Çekme gerilmeleri nedeniyle meydana gelen uzama odunun elastiklik sınırını aşmadığı sürece kerestede hiçbir kusur ortaya çıkmamaktadır. Bununla beraber eğer uzama elastiklik sınırını aşmış ise ve yüzeylerdeki kuruma hızlı bir şekilde devam ediyorsa dış tabakalar sertleşmektedir. Bu hale KOLLMANN (1955, s. 331) de dış sertleşme hali olarak işaret edilmektedir. Dış kısımları sertleşmiş ağaç malzemedeki dış tabakalar adeta bir kabuk şeklinde henüz yaş vaziyette bulunan iç kısımları kuşattığından bu kısımlardan kereste yüzeylerine doğru olan su akışı çok yavaşlamaktadır. Bu haldeki kerestenin örnek alınıp enine kesitten asıl yüzeylere paralel iki eşit kesime kesilecek olursa her iki kısım dışa doğru bükülmektedir.

Dış tabakaların sertleşmesi, yüksek başlangıç rutubeti ihtiva eden ve doğrudan gelen güneş ışınlarına maruz kalan kerestenin sıcak yaz aylarında doğal olarak kurutulması esnasında da meydana gelebilmektedir.

Yüzeylerinde şiddetli çekme gerilmeleri oluşmuş ve sertleşmiş ağaç malzeme kurutulmaya devam edilecek olursa ,çok uzun bir süre sonra iç tabakaların rutubeti de lif doygunluğu rutubet derecesinin altına inmekte ve daralmaya çalışmaktadır. Böylece, dış tabakalardaki çekme gerilmeleri tedricen azalmakta ve nihayet denkleşerek odun gerilmelerden arı bir duruma ulaşmaktadır. Bu durumda kurutmaya devam edilirse kerestede iç ve dış kısımların birlikte daralması beklenmektedir. Ancak, daha evvel açıklandığı gibi sertleşen ve işlenmesi güç bir duruma gelen dış tabakaların daralması artık bundan sonra serbest ve normal olmamaktadır. Dış tabakalar iç tabakalarda meydana gelen müteakip normal daralmalara uyum gösterememektedir. Böylece, iç tabakalar dış tabakalar üzerine kuvvetli çekme etkisi yapmakta ve buna bağlı olarak dış tabakalar basınç etkisi altına girmektedir. Bu haldeki bir ağaç malzemedeki başlangıçta görülen halin tersine bir durum, yani yüzeylerde basınç, iç kısımlarda çekme gerilmeleri ortaya çıkmaktadır. Bu hale ulaşan kerestenin daha evvel sertleşmiş ve işlenmesi güç bir durum almış dış tabakalarından başka, iç kısımlarında da sertleşme meydana gelmekte ve kereste bütünüyle sert ve işlenmesi güç bir durum almaktadır. İşte kerestenin bu haline hakiki sertleşme (kabuklaşma) olarak işaret edilmektedir (LEMPELIUS 1969,

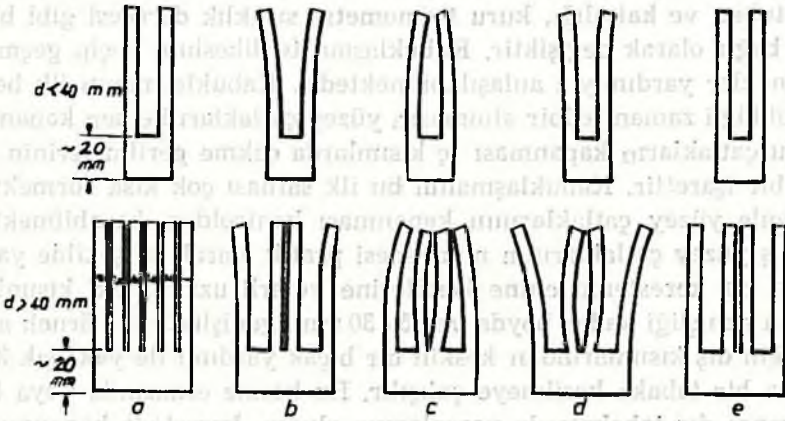
s. 82). O halde kabuklaşma, daha evvel açıklandığı gibi dış tabakalarda meydana gelen sertleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Sertleşme hali kerestenin uygun olmayan şartlar altında kurutulmasında meydana gelen önemli bir kusur olup, sonradan bertaraf edilmesi güçtür. Bu halde bulunan ağaç malzeme kuvvetli kuruma gerilmeleri ihtiva etmektedir. İşlenme ve kullanma esnasında çatlamakta veya şeklini değiştirmektedir. Bu bakımdan kurutmanın başlangıcında daha ilk belirtileri görüldüğü zaman havanın bağıl nemini yükseltici tedbirler alınmalıdır. Sertleşmenin ilk belirtileri yüzey çatlaklarıdır. Kerestede çok sayıda kılcal yüzey çatlakları ortaya çıktığı an kurutma fırını bacaları açıksa kapatılmalı ve buhar püskürtülmelidir. Buhar püskürtme süresi ağaç türü, kereste rutubeti ve kalınlığı, kuru termometre sıcaklık derecesi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiktir. Kabuklaşma tehlikesinin geçip geçmediği çatal örnekler yardımıyla anlaşılabilir. Kabuklaşmanın ilk belirtileri görüldüğü zaman tedbir alınmazsa yüzey çatlakları hemen kapanmaktadır. Bu çatlakların kapanması iç kısımlarda çekme gerilmelerinin oluşmasına bir işarettir. Kabuklaşmanın bu ilk safhası çok kısa sürmektedir. Bu nedenle yüzey çatlaklarının kapanması kontrolden kaçabilmektedir. Kapanmış yüzey çatlaklarının muayenesi pratik olarak şu şekilde yapılır. Herhangi bir kerestenin enine kesitlerine yeterli uzaklıktaki kısımlarından tahta genişliği kadar boyda ve 25 - 30 mm. genişlikte bir örnek alınır. Bu örneğin dış kısımlarından keskin bir bıçak yardımı ile yaklaşık 3 mm. kalınlıkta bir tabaka kesilmeye çalışılır. Bu kesme esnasında veya kesildikten sonra dış tabakalarda parçalanma olursa, kerestede kapanmış yüzey çatlakları mevcuttur.

Güç kuruyan yapraklı ağaçlar ve kalın kereste sertleşme tehlikesine karşı daha hassastır. Bu bakımdan yüksek başlangıç rutubeti ihtiva eden bu tür kerestenin lif doygunluğu rutubet derecesine kadar koruyucu kurutma şartları altında kurutulmasına dikkat edilmelidir.

Gerilmeler (çekme ve basınç gerilmeleri) ve sertleşme hali (kabuklaşma) ve bunların şiddeti kurutma esnasında keresteden alınıp kesilen çatal örnekler yardımı ile kolayca anlaşılabilir. (Resim 3) de kurutma sürecinin çeşitli kademelerinde çatal örneklerin almış olduğu durumlar görülmektedir. (Resim 3) de a, kurutmaya başlamadan evvel yaş halde olan bir tahtada gerilmelerin bulunmamasını ve çatal örneğin parmaklarının birbirine paralel oluşunu b, kurumunun başlangıcında dış tabakalarda liflere dik yönde çekme gerilmelerinin oluşmasını ve dış taraftaki parmakların, bu çekme gerilmelerine uyarak dış tarafa doğru bükülmesini gös-

termektedir. Dış taraftaki parmakların dışa doğru bükülme derecesi kontrol edilerek dış tabakalarda sertleşme belirtileri görülür görülmez gerekli tedbirler alınabilir. (Resim 3) de c, şiddetli kurutma şartları uygulanmak suretiyle kurutmaya devam edilmesi halinde, tahtanın iç kısımlarında liflere dik yönde çekme gerilmelerinin ve dış kısımlarda basınç gerilmelerinin meydana gelmesi sonucu bütün dışların içe doğru bükülmesi (hakiki sertleşme), d ise, bu haldeki kerestede buharlama işlemi ile yüzeylerdeki gerilmelerin giderilmesini göstermektedir. Kurutma süresinin sonunda kuru ve gerilmelerden arı keresteden alınmış bir çatal örneğinin durumunu da (Resim 3) de e, şematik olarak göstermektedir.



Resim 3 — Kurutma gerilmelerinin saptanmasında kullanılan çatal örnekleri (F. KOLLMANN 1955 ve Mc MILLEN 1958 den değiştirilerek alınmıştır.)

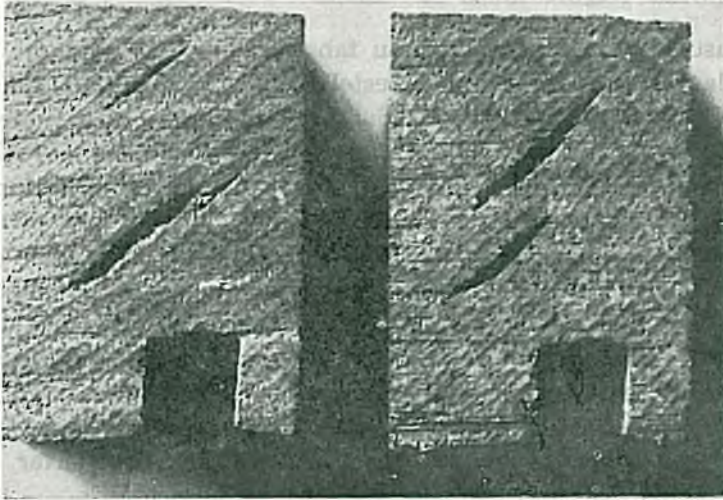
İç çatlakları

İç çatlakları şiddetli sertleşmenin bir sonucudur. Sertleşme halı bahsinde de açıklandığı gibi, kurutmanın ileri basamaklarında kerestenin iç tabakalarında hasıl olan liflere dik yöndeki çekme gerilmeleri, odunun liflere dik yöndeki çekme direncini aştığı takdirde iç çatlakları meydana gelmektedir. İç çatlakları dışardan bakıldığı takdirde görülememekte ve ancak kereste liflere dik yönde kesildiği takdirde enine kesitler üzerinde görülmektedir (Resim 4). Bu çatlaklar bazen çok sayıda boşluklar teşkil ederek bal peteği görünüşünü andırırlar. Bu nedenle bu tür çatlaklar için (honeycombing) petekleşme deyimi kullanılır. Fazla miktarda iç çatlak-

larını havi ağaç malzeme büyük ölçüde değer kaybetmektedir. Özgül ağırlığı yüksek yapraklı ağaç odunlarının, örneğin meşe, okaliptus kerestesinin kurutulmasında, yüksek başlangıç rutubeti ihtiva eden keresteye şiddetli iklim koşulları uygulamak, iç çatlakların teşekkülü bakımından büyük tehlike arz etmektedir. İç çatlakların oluşumu üzerinde sıcaklık büyük rol oynamaktadır. KOLLMANN (1950) e göre meşe odununun liflere dik yöndeki çekme direnci sıcaklığın yükselmesi ile doğru halinde düşmektedir. Örneğin, 90°C sıcaklık derecesinde liflere dik yöndeki çekme direnci 10°C sıcaklık derecesindeki çekme direncinin % 25'i kadardır.

İç çatlakları şiddetli sertleşmenin bir sonucu olduğu için, sertleşmenin daha ilk belirtileri görüldüğü zaman bunların oluşumuna mani olunmalıdır. Meydana gelmiş olan iç çatlakları bertaraf edilememektedir. İç çatlaklarını havi ağaç malzeme çeşitli kullanış amaçları için uygun değildir.

İç çatlakları bakımından en hassas yapraklı ağaçlar: Meşe, Okaliptus, Akasya ve Kayındır.



Resim 4 — Çoruh meşesinin 60°C'un üstündeki sıcaklıklarda kurutulması sırasında meydana gelen iç çatlakları.

Halka çatlakları

Kurutma sırasında az da olsa rastlanan diğer bir çatlak gurubu da halka çatlaklarıdır. Bu çatlaklar halka şeklinde olup yıllık odun halkasına

paralel yönde uzanmaktadırlar. Daha çok aralarındaki bağların zayıf bulunduğu dar yıllık halkalarla geniş yıllık halkaların birleşme yerlerinde görülmektedir. Gökmar ve meşede dikili halde bulunan ağaçlarda rüzgârın döndürücü etkisi nedeniyle meydana gelen halka çatlaklarına sık rastlanmaktadır. Bunlar kurutma sırasında belirgin bir şekilde ortaya çıkarlar. Halka çatlakları çam süngeri (*Trametes pini*) mantarının yıllık halkanın ilkbahar odunu kısmını tahrip etmesi ile de meydana gelebilmektedir.

Halka ayrılması (Gevşek liflilik)

Teğet biçilmiş kerestenin veya lifleri kerestenin uzunluk eksenine ile açılı teşkil eden verev (diyagonal) kerestenin (TS 697) teğet yüzeylerinde teşekkül eden bir kusur olup, yaz odunu ile bitişindeki halkanın ilkbahar odunu arasında meydana gelmektedir. Kerestenin teğet yüzeylerinde yıllık halkanın en geniş ve en ince bulunduğu uç kısımlarda bir yıllık halkanın yaz odunu kısmının, bitişindeki halkanın ilkbahar odunu kısmından ayrılması şeklinde oluşmaktadır.

Bu kusur çoğunlukla yaz odunu tabakası ilkbahar odununa nazaran çok sert olan iğne yapraklı ağaç kerestelerinde görülmektedir. Bu ağaçlarda aynı yıllık halka içerisinde yaz odununun daralması, bitişindeki yıllık halkanın ilkbahar odununa nazaran daha fazla olmaktadır (BRAMHALL ve WELLWOOD 1976, s. 28). Öte yandan ilkbahar odunu yaz odununa nazaran enine yönde daha az, boyuna yönde ise daha fazla daralmaya meyillidir. Kuruma sırasında farklı daralma nedeniyle meydana gelen gerilmeler yaz odunu ile bitişindeki halkanın ilkbahar odunu arasında toplanmıştır ve bunlar iki tabaka arasında makaslama etkisi yapmaktadır. İlkbahar ve yaz odununun en geniş ve en yeknesak olduğu yıllık halkaların uç kısımlarında en büyük farklılıkta daralma gerilmeleri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ayrılma evvela yaz odunu bandlarının ucunda vuku bulmakta ve daha sonra da yaz odununun yüzeye çıktığı kenarlar boyunca meydana gelmektedir.

Yıllık halkaların ayrılması teğet yüzeylerde öze bakan taraflarda kabuğa bakan taraftan daha belirgindir. Bunun nedenleri FOR. PROD. LAB. Report No. 2044 (1955, s. 5) de şöyle açıklanmaktadır: Teğet biçilmiş kerestenin öz tarafında yıllık halka tabakalarının uçları dışa doğru bakmaktadır. Öz tarafındaki yaz odununun uçları ve kenarları alttaki ilkbahar odunundan sertlik itibarıyla daha ani bir geçişe sahiptir. İlkbahar odununun daha büyük olan boyuna yöndeki daralması aynı yıllık halkanın yaz

odununu çekmeye zorlar. İlaveten yıllık halkanın kıvrıklığı öz tarafındaki yüzeyden bir yıllık halka tabakasının daha kolay ayrılmasına neden olmaktadır.

Bu kusur uygun olmayan kurutma şartlarının etkisi ile meynana gelmektedir. Aynı zamanda rende ile işleme esnasında özellikle körleşmiş bıcaqları havi rendelerle işlemede ve ayrıca zımparalama işleminde mekanik etkilerle hasıl olmaktadır.

Halka ayrılmasını havi kereste elle taşıma esnasında ve kullanmada sakıncalar yaratmaktadır. Döşeme malzemesi olarak kullanılırsa, yürüme ve silme sırasında, yüzey işlemlerinde güçlükler yaratır. Bu tür kereste, kabuk tarafında yüzeyde kullanmayı engelleyici kusur yoksa kabuk tarafı yüze gelecek şekilde döşenmelidir.

Daha evvel de belirtildiği gibi gerçek doğal kurutmada dış kurutma faktörlerini etkilemek mümkün değildir. Ancak istiflemeye alınabilecek tedbirlerle kerestede enine kesit ve yüzey çatlaklarını azaltmak imkanı vardır. Örneğin, istif ön ve arka yüzeylerinde geniş istif çıtaları kullanarak kereste enine kesitlerini direkt güneş ışınlarından, yağmurdan korumak, atmosferik şartlar dikkate alınarak istif katları arasındaki boşlukları mevsimlere göre farklı kalınlıkta çıtalar kullanmak suretiyle ayarlamak bu tedbirlerdendir.

Doğal kurutmada enine kesitlerde çatlamayı önleme veya azaltma bakımından alınabilecek bazı tedbirler de mevcuttur. Bu tedbirlerin esasını, enine kesitlerde öteki kısımlara nazaran daha hızlı olan rutubet kaybını önlemek teşkil etmektedir. Örneğin, istif enine kesitlerine kağıt veya bez yapıştırmak, ince ağaç malzeme veya levhalar çakmak, enine kesitlere sıcak veya soğuk halde kullanılabilen koruyucu maddeler sürmek bu çeşit tedbirlerdendir. Ancak, istif enine kesitlerine yapıştırılan kağıt, bez gibi maddeler veya çakılan ağaç veya metal levhaların koruyucu etkisi sınırlıdır. Buna karşılık enine kesitlere sürülen veya püskürtülen maddeler daha iyi koruyucu etki yapmaktadır. Günümüzde teknik gelişmelere paralel olarak daha kullanışlı, daha ucuz ve daha koruyucu etki yapan maddelerin bulunması yönünde araştırmalara devam edilmektedir.

Çatlamaya karşı enine kesitlere sürülen koruyucu bazı maddeler aşağıda açıklanmıştır.

— Zift - asfalt karışımı : Ağırlık bakımından % 85 maden kömürü zifti ve % 15 petrol asfaltının ısıtılarak karıştırılması suretiyle elde edilen karışım sıcak halde enine kesitlere sürülmektedir.

— Aluminium boyaları : Hazırlanmasında 900-1150 gram toz halde aluminium alınarak 3,8 litre sıvı haldeki fenolformaldehit ile karıştırılır. Yüksek etki için hazırlandıktan hemen sonra iki üç kat sürülmesi uygundur.

— 0,5 kg deri tutkalı, 5 litre su, 1,5 litre sönmüş kireç bulamacı karışımı.

— 1 litre sodyum silikat (cam suyu), 10 litre sönmüş kireç bulamacı ve su ile hazırlanan karışım.

— Üreformaldehit sentetik recinesi.

— Mum, parafin eriyikleri ve yağlı boyalar.

Memleketimizde BERKEL ve çalışma arkadaşları (1968) kabuklu kayın tomruklarında ardaklanma ve çatlamanın önlenmesi üzerinde yaptıkları bir denemede, kesimden hemen sonra enine kesitlere evvela % 4 lük Immutul «B» maddesi ve bunun üzerine Zift - Asfalt karışımı sürülmesinin ardaklanma ve çatlamaı çok iyi önlediğini belirtmektedir.

Öte yandan doğal kurutmada çatlamaı önleme bakımından kurutmaya başlama zamanının uygun seçilmesi de göz önünde tutulması gereken önemli bir tedbirdir. Çatlamaı meyilli ağaç türlerinin taze haldeki kerestelerinin kurutulmasına sıcak yaz aylarında başlanması uygun değildir.

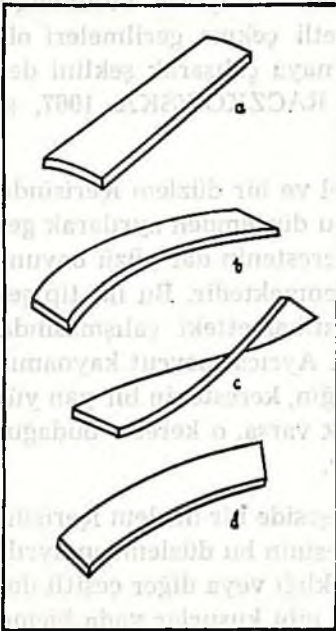
Memleketimiz iklim koşullarında kurutmaya başlama bakımından kritik zaman periyodunun yılın hangi aylarına rastladığı konusunda bu güne kadar geniş kapsamlı bir araştırma yapılmamış olmasına rağmen, bu periyodun Haziran Temmuz ve Ağustos aylarını içerdiği tahmin edilebilir. Zira, kuzey Anadolu'daki bazı fabrikalarda yapılan deneme ve gözlemlerde bu periyod içerisinde çatlamaı karşı hassas olmadığı bilinen göknar, çam gibi ağaç türlerinin taze haldeki kerestelerinin kurutulmasında, bir günden çok az bir süre içerisinde derin yüzey ve enine kesit çatlaklarının meydana geldiği görülmüştür. Genel olarak taze haldeki kerestenin kurutulmasında doğal kurutmaya başlama zamanı, en etkin kurutma periyodundan yararlanmak bakımından, bağıl nemin % 70 in altına düşmediği kış sonları ile ilkbahar aylarıdır. Ortalama bir zaman periyodu kurutmanın yapıldığı yerin uzun süreli meteorolojik kayıtlarının bağıl nem bakımından tetkik edilmesi suretiyle saptanabilir.

Teknik kurutmada dış kurutma faktörleri, ağaç malzemenin özellikleri kurutmanın amacı ve kurutmada kalite istekleri dikkate alınarak is-

tenildiği gibi ayarlanabilmektedir. Bu nedenle kurutma sırasında iç ve dış tabakalar arasında çatlamalara meydan vermeyecek derecede rutubet farklarının oluşturulması mümkündür. KOLLMAN (1955, s. 322) e göre iç ve dış tabakalar arasındaki bu rutubet farkı % 5 i aşmamalıdır. Bu durum belirli kalınlık ve Ağaç türleri için denemelerle saptanmış olan kurutma programlarının (kurutma tabloları) uygulanması ile sağlanabilir. Teknik kurutmanın, ağaç türlerine ve kereste kalınlıklarına uygun kurutma programları ile yapılması kurutmanın en az değer kaybı ile en kısa sürede amacına ulaştırılması bakımından çok önemlidir.

2.3 — Şekil değişimleri (Deformasyon kusurları)

Şekil değişimleri kuruma sonucu kerestenin muhtelif düzlemlerinde meydana gelen farklılaşmalardır. TS 697 (1969) a göre «Çarpılmalar» adı altında toplanan şekil değişimleri, oluklaşma eğilme, kılıcına eğilme ve burulma şeklinde isimlendirilmiştir (Resim 5). Ayrıca, özellikle kare kesitli ve enine kesitte yıllık halkaları ile 45 derecelik açı yapan ağaç malzeme- de görülen şekil değişmesi vardır ki buna «mainleşme» yada «kristalleşme» adı verilmektedir (BOZKURT 1967, s. 26). «Mainleşme» kare şeklin- de olan enine kesitin eş kenar dörtgen halini almasıdır.



Resim 5 — Kuruma esnasında meydana gelen şekil değişimleri (arpılmalar) a. Oluklaşma, b. Eğilme, c. Burulma, d. Kılıcına eğilme (TS 697'den)

Oluklaşma, kerestenin enine olarak konkav bir hal alması yani oluk şeklinde kıvrılmasıdır. Teğet olarak biçilmiş ve kurutma sırasında serbest vaziyette bulunan kereste normal olarak az veya çok miktarda oluklaşmaktadır. Çeşitli kaynaklarda (PERKİTNY ve NOWICKİ 1967, s. 217 - 225; PERKİTNY ve ZALEJSKİ 1970) bu kusuru oluşturan birçok sebep sayılmakla beraber en önemlileri odunun yıllık odun halkalarına teğet ve radyal yönlerde farklı çalışması ve kurutma sırasında kerestenin alt ve üst geniş yüzeyleri arasında meydana gelen rutubet farklarıdır. Esasen bir gövdenin dış kısmından teğet olarak biçilip elde edilmiş kerestenin öze yakın kısımları ile çevreye yakın kısımları arasında farklar vardır. Bunların en önemlileri yıllık halkaların yüzeylere çıkış açısı farkları ve rutubet dereceleri arasındaki farklardır. Bilindiği gibi yaşayan bir ağaç gövdesinde çoğunlukla diri odun öz oduna nazaran daha fazla su ihtiva etmektedir. Odun içerisindeki su hareketi öz ışınları doğrultusunda yani radyal yönde teğet yöne nazaran daha fazladır. Bu gibi nedenlerle kurutma esnasında uygulanan dış kurutma faktörleri ne kadar eşit olursa olsun teğet olarak biçilmiş kerestenin iki geniş yüzü arasında her zaman rutubet farkları bulunmakta ve böylece oluklaşma kusuru meydana gelebilmektedir. Yüzeyleri arasında şiddetli kuruma farkları olduğu takdirde radyal biçilmiş kerestede de bu kusuru görmek mümkündür. Daha evvel çatlaklar bahsinde açıklandığı gibi fazla kuruyan yüzeylerde liflere dik yönde şiddetli çekme gerilmeleri meydana gelmektedir. Kereste serbest vaziyette bulunduğu takdirde ve bir yüzde diğer yüze nazaran şiddetli çekme gerilmeleri olduğu takdirde boyuna veya enine yönde kıvrılmaya çalışarak şeklini değiştirmektedir (PERKİTNY ve HELİNSKA - RACZKOWSKA 1967, s. 225 - 230).

Eğilme, kerestenin yaş iken birbirine paralel ve bir düzlem içerisinde bulunan geniş yüzeylerinin kurumak suretiyle bu düzlemden ayrılarak geniş yüzeylerinden biri boyunca bükülmesidir. Kerestenin dar yüzü boyunca meydana gelen bükülmeye **kılıcına eğilme** denmektedir. Bu iki tip şekil değişmesi çoğunlukla kerestenin boyuna istikametteki çalışmasında meydana gelen farklılıklardan ileri gelmektedir. Ayrıca mevcut kaynamış budakların da eğilme üzerine etkisi vardır. Örneğin, kerestenin bir yan yüzünden ortalarına doğru uzanan kaynamış budak varsa, o kereste budanın bulunduğu yan yüze doğru kılıcına eğilmektedir.

Burulma (Çarpılma), yaş halde iken dört köşesinde bir düzlem içerisinde bulunan kerestenin kurumak sırasında bir köşesinin bu düzlemden ayrılmasıdır. Burulmanın nedeni, daha ziyade lif kıvrıklığı veya diğer çeşitli doğal kusurlar örneğin budaklar, reaksiyon odunu gibi kusurlar yada biçme

kusurları nedeniyle liflerin gidişinde meydana gelen düzensizliklerdir.

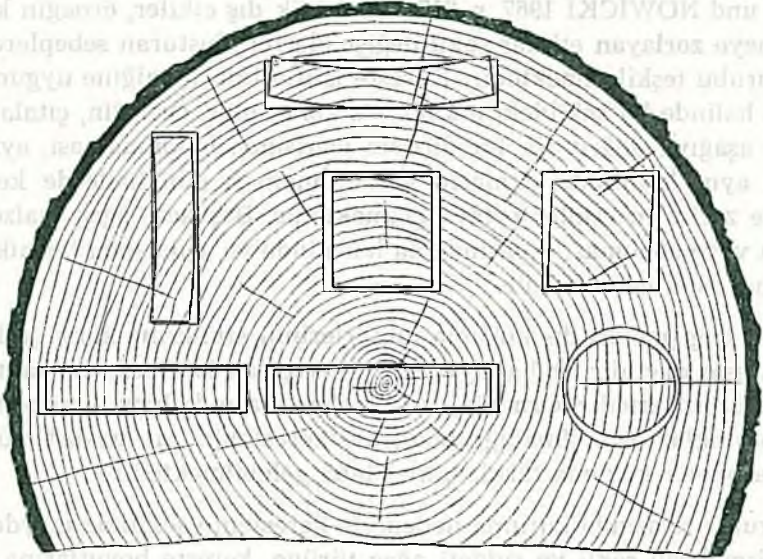
Mainleşme (Kristalleşme), özellikle kare kesitli kerestede görülen bir kusur olup, odunun yıllık halkalara teğet ve radyal yönlerde farklı çalışması sonucu meydana gelen şekil değişmesidir.

Yukarıda ayrı ayrı tarifi yapılan ve kısa kısa en önemli meydana gelmiş sebepleri açıklanan şekil değişmelerinin bunlara ilave edilebilecek daha birçok sebepleri vardır. Ancak, en önemlileri: Odunun yıllık odun halkalarına paralel, radyal ve teğet yönlerde farklı miktarlarda çalışması, aynı kereste içerisinde boyuna yönde ve yüzeyler arasında mevcut rutubet ve dokusal yapı farklılıkları, mekanik dış etkiler ve dış kurutma faktörleridir. Odunun üç muhtelif yönde farklı çalışması doğal özelliği olup, bu esnada boyutlarında ve hacminde değişmeler meydana geldiği gibi işlenmiş ağaç malzemenin açılarında da değişmeler olmaktadır. Böylece, kerestenin açılarında meydana gelen değişmeler, başlangıçta düzgün vaziyette olan kenar, yüzey ve profillerin şeklinde bir takım farklılaşmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kerestenin uzunluğu boyunca ve kalınlığı içerisinde kuruma sırasında meydana gelen rutubet farklılıkları ve başlangıçta mevcut doğal dokusal yapı farklılıkları, ortaya çıkan açısız değişmelerin miktarını ve böylece şekil değişmelerinin şiddetini arttırmaktadır (PERKİTNY und NOWICKİ 1967, s. 217). Mekanik dış etkiler, örneğin keresteyi eğilmeye zorlayan etkiler şekil değişmelerini oluşturan sebeplerden bir diğer gurubu teşkil etmektedir. Kereste istiflerinin tekniğine uygun yapılmaması halinde bu şekildeki etkiler söz konusudur. Örneğin, çıtaların yukarıdan aşağıya doğru dik bir düzlem içerisinde bulunmaması, aynı istif katında aynı kalınlıkta çıtaların kullanılmaması gibi hallerde keresteyi eğilmeye zorlayan etkiler ortaya çıkmaktadır. Başkaca, ağaç malzemenin ısınması veya soğuması esnasında da hacminde ve açılarında termik değişmeler meydana gelmektedir.

Şekil değişmeleri dış kuruma faktörlerinin etkilerine karşı çatlamalar kadar hassas değildir. Daha ziyade hatalı yapılan istiflerde bu faktörlerin etkileri görülmektedir. Örneğin, istif katları arasında hava hareketini sağlayan boşluklar eşit olmadığı takdirde, kerestenin alt ve üst yüzeyleri arasında büyük kuruma farkları meydana gelebilmektedir.

Kuruma sırasında kuruma nedeniyle kerestenin şeklinde meydana gelen değişmelerin şekli ve şiddeti ağaç türüne, kereste boyutlarına, biçme şekli ve gövdenin enine kesiti üzerinde öze ve yıllık halkalara göre alındığı yere, ağaç malzemenin ihtiva ettiği doğal kusurlara, imalat hatalarına, istiflemeye gösterilen özene ve dış kurutma faktörlerine bağlı bulunmakta-

dır (TORGESON 1956, s. 7). Ağaç türlerinin şekil değişmelerine karşı gösterdikleri hassasiyet farklıdır. KOLLMAN (1973, s. 1658) de ağaç türlerinden kayın'ın şekil değişmelerine kuvvetli derecede meyilli olduğu, yapraklı ağaçlardan dişbudak, ıhlamur, karaağaç, akçaağaç ve meşe, iğne yapraklı ağaçlardan servi, göknar ve birçok çam türlerinin orta derecede meyilli bulunduğu belirtilmektedir. Yapraklı ağaçlardan karaağaç, huş, kiraz, ceviz ve kavak, iğne yapraklı ağaçlardan sedir, ladin ve belirli bazı çam türlerinin ise, düşük derecede meyilli olduğu açıklanmaktadır. Kerestenin boyutları, yıllık halkalara göre biçme şekli ve gövde enine kesiti üzerinde alındığı yer şekil değişmelerinin şekli ve şiddeti üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bir gövde enine kesiti üzerinde yıllık odun halkalarının durumuna ve öze göre çeşitli şekillerde biçilen kereste, kuruma sırasında belli şekiller almaya eğilim göstermekte ve kuruma sırasında serbest vaziyette bulunduğu takdirde ise, şeklini değiştirmektedir. (Resim 6) da bir gövdenin enine kesiti üzerinde bu şekilde biçilen malzemelerin kurumadan sonra almış oldukları şekiller görülmektedir.



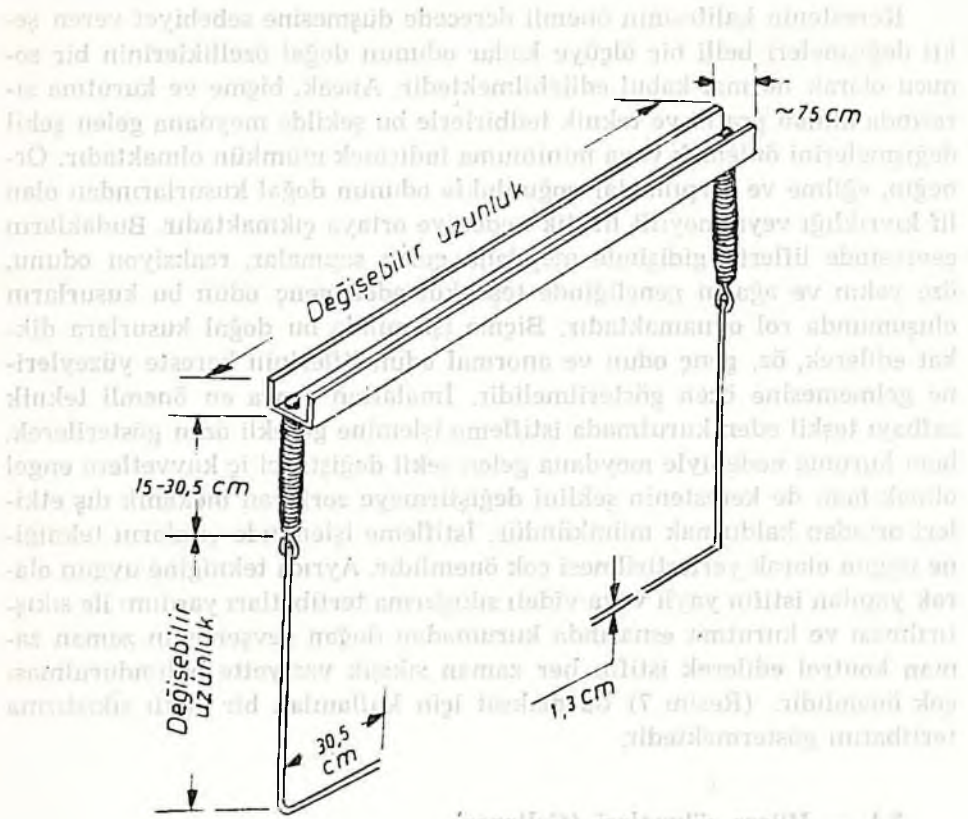
Resim 6 — Ağaç gövdesi enine kesitinin çeşitli kısımlarından alınan değişik şekillerdeki örneklerde kuruma sonunda muhtelif yönlerde farklı daralma ve eğilmeler (U. S. Forest. Prod. Lab.'a göre).

Kerestenin kalitesinin önemli derecede düşmesine sebebiyet veren şekil değişimleri belli bir ölçüye kadar odunun doğal özelliklerinin bir sonucu olarak normal kabul edilebilmektedir. Ancak, biçme ve kurutma sırasında alınan pratik ve teknik tedbirlerle bu şekilde meydana gelen şekil değişimlerini önlemek veya minimuma indirmek mümkün olmaktadır. Örneğin, eğilme ve çarpılmalar çoğunlukla odunun doğal kusurlarından olan lif kıvrıklığı veya meyilli liflilik nedeniye ortaya çıkmaktadır. Budakların çevresinde liflerin gidişinde meydana gelen sapmalar, reaksiyon odunu, öze yakın ve ağacın gençliğinde teşekkül eden genç odun bu kusurların oluşumunda rol oynamaktadır. Biçme işleminde bu doğal kusurlara dikkat edilerek, öz, genç odun ve anormal odun liflerinin kereste yüzeylerine gelmemesine özen gösterilmelidir. İmalattan sonra en önemli teknik safhayı teşkil eden kurutmada istifleme işlemine gerekli özen gösterilerek, hem kuruma nedeniyle meydana gelen şekil değiştirici iç kuvvetlere engel olmak hem de kerestenin şeklini değiştirmeye zorlayan mekanik dış etkileri ortadan kaldırmak mümkündür. İstifleme işleminde çıtaların tekniğine uygun olarak yerleştirilmesi çok önemlidir. Ayrıca tekniğine uygun olarak yapılan istifin yaylı veya vidalı sıkıştırma tertibatları yardımı ile sıkıştırılması ve kurutma esnasında kurumadan doğan gevşemenin zaman zaman kontrol edilerek istifin her zaman sıkışık vaziyette bulundurulması çok önemlidir. (Resim 7) bu maksat için kullanılan bir yaylı sıkıştırma tertibatını göstermektedir.

2.4. — Hücre çökmeleri (Collapse)

Meşe, kayın ve okaliptus gibi bazı ağaç türleri odunları taze halden lif doygunluğu rutubet derecesinin altına kadar şiddetli kurutma şartları altında hızlı bir şekilde kurutulacak olursa, ağaç malzemedede anormal büyüklükte bir daralma meydana gelmektedir. Zira, lümenleri su ile dolu olduğu zaman ve bir ağaç türünün hücre çeperi kapillerleri yeter derecede küçük bulunduğu takdirde, kurutma esnasında bu kapillerlerin «menisk» lerinde (Kapillerlerin uçlarındaki konkav su yüzeylerinde) yüzey gerilmeleri (çekme gerilmeleri) meydana gelmekte ve bu gerilmeler hücre çeperini plastik bir deformasyona uğratmaktadır. Böylece, ekstrem hallerde hücre çökmeleri (Collapse) ve hatta hücre yırtılmaları husule gelmektedir (KELYWERTH, 1951, s. 259).

Hücre çökmeleri ağaç malzemenin boyutlarında meydana gelen ve normal olmayan eksilmelerle kurutma esnasında farkedilebilmektedir. Böyle bir kusura havi ağaç malzemenin daralma yüzdesi, doğal olarak veya



Resim 7 — Kereste istifinin sıkıştırılmasında kullanılan yaylı germe tertibatı
(F. KOLLMANN 1973'den)

normal olarak kurutulmuş malzemeye nazaran her yönde daha fazla bulunmaktadır. Örneğin, KEYLWERTH (1951, s. 259) doğal olarak kurutulmuş kayında, teğet yönde % 11,2, radyal yönde % 4,5 bir daralma, buna karşılık yüksek sıcaklıktaki buhar içerisinde kurutulmuş hücre çökmelerine havi kayın odununda ise, teğet yönde % 23,8, radyal yönde % 7,2 bir daralma yüzdesi tesbit etmiştir.

Literatürde, hücre çökmelerinin oluşumu üzerine çeşitli faktörlerin olumlu ve olumsuz yönde etkisi bulunduğu belirtilmektedir. Bunlar sıcaklık, rutubet, malzeme boyutları, kurutma süresi, ağaç türü ve ağaç türünün anatomik özellikleridir. Kurutma esnasında ağaç malzemenin sıcaklık derecesinin artması ile bu kusurun tehlikesi ve derecesi ölçüde

artmaktadır. Pratikte hücre çökmeleri söz konusu olan ağaç türlerinin odunlarını teknik olarak kuruturken aşırı hücre çökmelerinden kaçınmak için, malzemenin rutubeti lif doygunluğu rutubet derecesine ulaşıncaya kadar uygulanan sıcaklık derecesi ve ağaç malzemenin sıcaklığı 60°C un altında tutulmaktadır (KAUMAN, 1960, s. 122-145, 1964, s. 183-195).

Hücre çökmelerinin en fazla Myrtaceae familyasına dahil ağaç türlerinde meydana geldiği bilinmektedir. Bununla beraber diğer birçok yapraklı ağaç türlerinde örneğin, meşe, kayın, kestane, kavak, akasya da ve ayrıca birkaç iğne yapraklı ağaç türünde, örneğin çamda da görülmektedir. Diğer taraftan bu kusurun ağaç malzemedeki öz odunda diri oduna nazaran daha şiddetli ve ilkbahar odununda yaz odununa nazaran daha çok meydana gelmektedir (KAUMAN 1964, s. 183 - 195, VORREITER 1958, s. 236).

Hücre çökmelerine karşı hassas olan ağaç türlerinde, yüksek rutubeteki ağaç malzemenin evvela bir ön kurutmaya tabi tutulması ve böylece rutubeti lif doygunluğu rutubet derecesinin altına düşürüldükten sonra teknik kurutmaya geçilmesi uygundur.

Hücre çökmeleri meydana gelmiş ağaç malzeme kurutma fırını içerisine buhar sevk etmek suretiyle kısmen normal duruma getirilebilmektedir. Buhar püskürtme işlemi 50° - 70°C sıcaklık derecesinde ve ağaç türü, kereste kalınlığı ve kusurun derecesine göre 4 - 12 saat süre ile yapılmaktadır. Böylece, hücreler hücre çeperinin rutubet alarak şişmesi ve gerilmesi nedeniyle kısmen normal duruma erişmektedir. Buhar verme işlemine başlama bakımından en uygun zaman, ağaç malzeme rutubetinin % 15 - % 20 arasında bulunduğu zamandır. Püskürtülecek en uygun buhar ise, 100°C sıcaklıkta ve tam doygun halde olan su buharıdır (VORREITER 1958, s. 237; KAUMAN 1964, s. 183 - 195).

2.5. — Reçine sızması (Reçine salgılaması)

Odunları reçineli olan ağaç türleri, örneğin çam, ladin kerestelerinin teknik olarak kurutulmasında yüksek sıcaklık uygulamasıyla reçine ağaç malzemenin yüzeyine çıkmaktadır. Böylece, ağaç malzemenin yüzeyi yağlı bir şekilde görünmekte ve bu ince yağ tabakası yüksek sıcaklıklarda yanarak koyulaştığı için ağaç malzeme kahverengi bir renk almaktadır. Bazı hallerde yüzeye çıkan reçine tabakası, reçinenin uçucu kısımlarının ayrılması ile sertleşmekte ve ağaç malzemeyi işlenmesi güç bir hale getirmektedir (RASMUSSEN 1961, s. 152 - 153).

KOLJO (1956, s. 173 - 180) nun çam öz odunu örnekleri üzerinde yaptığı araştırma sonuçlarına göre:

1. Odunun anatomik yapısı esas alındığı takdirde, reçine sızması miktar bakımından çeşitli yönlerde farklı olmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre aksiyal (boyuna) yönde en fazla, teğet yönde en azdır. Teğet yöndeki miktar 1 kabul edilirse, radyal yönde 1,3, aksiyal yönde ise 1,6 dır.

2. Kurutmada uygulanan sıcaklığın yükselmesi ile reçine sızma miktarı da artmaktadır. Ancak, sıcaklığın 60°C'a kadar yükselmesi ile sızan reçine miktarında pratik önemi haiz bir artma görülmemektedir. Buna karşılık 60°C'un üstünde ise, 80°C de % 50, 100°C da iki kat 120°C de ise 2,5 ve hatta 3,5 kat artma görülmektedir.

3. Reçine sızması üzerine ağaç malzemenin başlangıç rutubetinin etkisi bulunmaktadır. Araştırmacıya göre, 40°C dan 60°C a kadar olan düşük sıcaklıklarda daha evvel kurutulmuş odunlarda reçine sızması taze haldeki odunlara nazaran daha düşüktür. Buna karşılık 80°C un üstündeki sıcaklıklarda başlangıç rutubetinin azalması ile reçine sızma miktarı artmaktadır.

Reçine sızması çoğunlukla bir kurutma kusuru olarak görülmektedir. Ancak, ağaç malzeme yüzeyinde ince ve sert bir tabaka halinde bulunacak olursa, rendeleme, yüzey işlemleri ve tutkalamada sakınca yaratmaktadır. Bu nedenle reçine sızması istenmiyen hallerde kurutma esnasında uygulanan sıcaklığın düşük tutulması uygun bir tedbir olarak belirtilmektedir.

KAYNAKLAR

- BERKEL, A., 1954 : «Çam gövdelerini ve kerestesini, mavi renk husule getiren mantarlara karşı nasıl korumalıyız?»
İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri B, cilt IV,, sayı 2, s. 1 - 11
- BERKEL, A., 1956 : «Ağaç malzemenin tabii surette kurutulması.»
İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri B, cilt VI, sayı 1, s. 1 - 26

- BERKEL, A., 1970 : Ağaç Malzeme Teknolojisi (Cilt I), İstanbul: İ. Ü. Orman Fak. Yayınlarından, İ. Ü. Yayın No. 1448 Orman Fak. Yayın No. 147
- BERKEL, A., 1972 : Ağaç Malzeme Teknolojisi (Cilt II), İstanbul: İ. Ü. Orman Fak. Yayınlarından, İ. Ü. Yayın No. 1745, Orman Fak. Yayın No. 183
- BERKEL, A., BOZKURT, Y., GÖKER, Y., 1965 : «Çam kerestesinin mavi renk mantarlarına karşı korunmasına ait bir deneme,» İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri A, cilt XV, sayı 1, s. 1 - 19
- BERKEL, A., BOZKURT, Y., GÖKER, Y., 1968 : «Kayın tomruklarında ardaklanma ve çatlamanın önlenmesine ait bir deneme,» İ. Ü. Orman Fak. Dergisi Seri A, cilt XVIII, sayı 1, s. 55 - 70
- BOZKURT, Y., 1967 : Türkiye'de bazı önemli orman ürünlerinin standardizasyonu üzerine araştırmalar, Ankara: Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü yayınlarından Sıra No. 467, Seri No. 20
- BRAMHALL, G. und WELLWOOD, R. W. 1976 : Kün drying of western Canadian Lumber: Canadian For. Serv. Western For. Prod. Lab. Vancouver, British Columbia.
- EICHLER, H., 1970 : «Holztrocknung» Taschenbuch der Holztechnologie Dresden: Veb Fahbuchverlag Leipzig.
- FESSEL, F., 1949 : «Holz - Trockenkammern» Merkheft 7, DGFH: Holzforschungsverlag, Stuttgart.
- FOREST PROD. LAB. Report No. 2044, 1955 : Raised, Loosened, Torn, Chipped, and Fuzzy Grain in Lamber. USDA, FS, Medison.
- HILDEBRAND, R. 1962 : Die Schnittholztrocknung. Selbstverlag der Firma Robert Hildebrand Maschinenbau GmbH Oberboihingen/Württ.
- İLHAN, R., TAŞKIN, O., ERTEN, P., 1976 : Mavi renk oluşumunu kimyasal yoldan önlemeye ilişkin araştırmalar, Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü yayınları Teknik Bülten Seri No. 83
- JANİK, W., 1960 : Handbuch der Holztrocknung. Fachbuchverlag, Leipzig.
- KANTAY, R., 1976 : Türkiye'nin önemli bazı orman ağaç türleri kerestelerinin teknik kurutma özellikleri üzerine araştırmalar, İstanbul: İ. Ü. Orman Fak. (Yayınlanmamıştır)

- KAUMAN, W. G., 1960 : Contributions to the Theory of Cell Colloppse in Wood: Investigasions With Eucalyptus regnans. Aust. J. Appl. Sci. Bd. 11, s. 122 - 145
- KAUMAN, W. G., 1964 : «Zellkollaps im Holz» Holz als Roh - und Werkstoff Bd. 22, H. 5, s. 183 - 195
- KEYLWERTH, R., 1950 : «Das Trocknungsgefaele» un die Steuerung von Holztrockenanlagen. Holzcentralblatt, Jg. 76, Nr. 36, s. 375
- KEYLWERTH, R., 1951 : «Formaenderungen in Holzquerschnitten.» Holz als Roh - und Werkstoff Bd. 9, 289 - 292
- KEYLWERTH, R., und NOACK, D., 1964 : «Die Kammertrocknung von Schnittholz.» Holz als Roh - und Werkstoff Bd. 22, s. 29 - 36
- KOLJO, B., 1956 : «Untersuchungen über den Harzaustritt bei der Holztrocknung» Holz als Roh - und Werkstoff, Bd. 14, H. S, s. 172 - 181
- KOLLMANN, F., 1950 : Untersuchungen über die Ursachen von Schaeden bei der Trocknun von grünem Eichenholz. Svenska Traeforskningsinstitutet Trae tekniska Aundelningen. Medd. 21, Stockholm.
- KOLLMANN, F., 1955 : Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Zwitter Band. Springer Verlag, Berlin.
- KOLLMANN, F., 1973 : «Freilufttrocknung von Schnittholz» Holz - Zentralblatt, Nr. 110, s. 1657 - 1658 ve Nr. 111 s. 1667 - 1668
- KOLLMANN, F., KEYLWERTH, R., KÜBLER, H., 1951 : «Verfaerbungen des Vollholzes und der Furniere bei der Künstlichen Holztrocknung». Holz als Roh - und Werkstoff, Bd. 9, H. 10, s. 383 - 391
- KNEULE, F., 1975 : Das Trocknen, Verlag Sauerlaender Aarau und Frankfurt am Mein.
- KRÖLL, H., 1965 : Trockner, einteilen, ordnen, benenen, benummern Schilde Schriftenreihe Bd. 6, B. Schilde Maschinenbau - Ag. 643 Bad Hersfeld.
- KÜBLER, H., 1951 : Diplom Arbeit a.d. Üniversitaet Hamburg - Reinberk
- LEMPELIUS, J., 1969 : Die Schnittholztrocknung. Robert Hildebrand Maschinenbau GmbH. 7446 Oberboihingen.
- MC MILLEN, M. J., 1958 : Stresses in wood during drying. USDA, FS, For. Prod. Lab. Report Nr. 1652 Madison 5, Wisconsin.

- MÜLLER, K., 1949 : «Freilufttrocknung» Merkheft 6, DGfH Holz-
forschungsvlag, Stuttgart.
- PECHMANN, H., GRAESSLE, E., und WULZ, A., 1964 : «Untersuchungen über Blauepilze an Kiefern-
holz» Forstw. Cbl., 83, s. 257 - 320
- PECK, E., 1956 : Air Drying of Lumber, USDA, FS, For. Prod.
Lab., Repert Nr. 1657 Madison 5, Wisconsin.
- PERKİTNY, T., NOWICKI, E., 1967 : «Untersuchungen über die Wölbungskraefte
Trocknenden Holzes» Holz als Roh- und Werks-
stoff Bd. 25, H. 6, s. 219 - 224
- PERKİTNY, T., ZALEJSKI, 1970 : «Über den Einfluss verschiedener Trocknungs-
temperatur auf die Verwölbung von Buchenbret-
tern.» Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 28, H.
5, s. 193 - 199
- PERKİTNY, T., und
HELİNSKA-RACZKOWSKA, L., 1967 : «Über den Einfluss der Trocknungstemperatur
auf das Entstehen von Schwindrissen im Holz»
Holztechnologie 8 (1967) 4 s. 225 - 230
- RASMUSSEN, E. F., 1961 : Dry kiln operator's manuel USDA. Agr. Hanbook
No. 188. Madison
- STEIMLE, K., 1965 : «Fahrplaene für Trockenkammern Holztröcknung»
Holzwirtschaftliches Jahrbuch, Nr. 15, s. 231 -
254, DRW - Verlags - GmbH Stuttgart
- TORGESON, O. W., 1956 : Seasoning dimension stock, USDA, FS, For. Prod.
Lab. Report Nr. 1242, Madison 5, Wisconsin.
- VORREİTER, L., 1958 : Holztechnologisches Handbuch, Bd. II. Wien und
München
- TS 697 (1969) : Sert keresteler (terimler, tarifler ve ölçme me-
todları
- TS 1350 (1974) : Yuvarlak odun ve kerestelerinin istiflenmesi ku-
ralları
- TGL 4945 : Stapelordnung für Scittholz (DDR - Standard)
- TGL 21499 (1966) : Technische Trocknung von Holz. Technologiesche
Forderungen an Kammertrockner (DDR - Stan-
dard)
- TGL 21500 (1966) : Technische Trocknung von Holz. Probertrock-
nung in Kammertrocknern (DDR - Standard)