
SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

B

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

32

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

2

1982

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



KAPLAMA LEVHALARININ KURUTULMASI

Doç. Dr. Ramazan KANTAY¹

GİRİŞ

Bilindiği gibi ağaç malzeme boyut ve şekil bakımından çok büyük farklılıklar göstermektedir. İşlenme durumuna göre işlenmemiş (Örneğin; tomruk, direk, sırkık, sanayi odunu), yarı işlenmiş (Örneğin; kereste, travers, kaplama levhası) ve işlenmiş (Örneğin; kontrplak, kontrtabla, diğer tabakalı malzeme, yonga levha) olmak üzere çeşitli hallerde bulunmaktadır. Boyutları ve kullanım amaçları değişik olan bu çeşitli ağaç malzeme için bazı fiziksel esasların dışında genel bir kurutma tekniğinin verilmesi mümkün değildir. Söz konusu malzemelerin kurutulmasında, özellikle teknik kurutulmasında önemli farklılıklar vardır. Ülkemizde bu güne kadar bazı kaynaklarda kerestenin kurutulması konusu işlenmiş ve ayrıca önemli bazı eserler yazılmıştır (BERKEL 1978; KANTAY 1978). Ancak, Kaplama levhalarının kurutulması ile kerestenin kurutulması arasında fiziksel bakımdan önemli, kurutma tekniği ve mekanik işlemler bakımından büyük farklılıklar vardır.

Kalınlıkları sınırlı ve hacimlerine göre buharlaşma yüzeyleri çok büyük olan kaplama levhalarının kurutma süresi çok kısadır. Modern kurutma makinelerinde kurutma ortamı olarak saf veya hava katılımı olan kızgın buhar kullanılmaktadır. Isıtıcı yüzeylerden kaplama levhası yüzeylerine ısı transferi (ısı geçişi), kaplama yüzeylerinde biriken subuharı moleküllerinin alınması (rutubet transferi) mümkün olduğu kadar çabuk olmalıdır. Ayrıca, kaplama levhaları şekil değiştirmeye meyilli olup, şekil değişmelerinden kaçınmak için kurutma sırasında serbest vaziyette bulundurulmamaları gerekmektedir. Genel olarak biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında uygulanan denkleştirme periyodu kaplama levhalarının kurutulmasında uygulanmamaktadır. Bu nedenle sonuç rutubeti ve bu rutubetin levha içerisindeki dağılışı kurutma kusurlarının oluşumu bakımından ayrıca önem arz etmektedir.

Bu yazıda önce kullanım yerleri ve tutkallarla ilgili olarak kaplama levhalarında bulunması gereken rutubet dereceleri hakkında bilgi verilmiştir. Sonra kurutma fiziği ve teknolojisi üzerinde kısaca durulmuş ve kurutma metodlarına geçilmiştir. Kurutma metodları bölümünde daha çok pratikte uygulanan metodlar ve özellikle kurutma makinelerinde kurutma teknikleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Yazının sonuna konu ile ilgili kavramların açıklandığı bir kısım

¹ İ. Ü. Orman Fakültesi Orman Ürünlerinden Faydalanma Bilim Dalı, Bahçeköy - Büyükdere - İstanbul.

² Kaplama levhaları ağaç gövde veya gövde kısımlarından biçme, kesme veya soyma suretiyle elde edilen yeknesak kalınlıktaki ince levhalardır. DIN 68330 ve TS 1250 (1974) de levha kalınlıklarının 8 mm ye kadar olabileceği belirtilmektedir.

eklenmiştir. Bu eser F. Almanya¹ ve Türkiye'de² bazı laboratuvar ve fabrikalarda tarafından yapılan deneme, inceleme ve gözlem sonuçları ile bu konuda yazılmış bulunan kaynaklardan faydalanılarak hazırlanmıştır.

1. KAPLAMA LEVHALARININ RUTUBET MİKTARLARI

Kaplama levhaları tarihi gelişimi içerisinde, önceleri yarma ve biçme suretiyle elde edilmiştir. 19. cu yüzyılın ortalarına doğru kaplama levhası kesme makinesi icad edilmiş ve biçme kaplama levhalarının yanında kesme kaplama levhaları da üretilmeye başlamıştır. Daha sonra soyma kaplama levhalarının elde edilmesinde kullanılan makine bulunmuştur. Böylece kesme ve soyma endüstrisi hızlı bir şekilde gelişerek bugünkü seviyesine ulaşmıştır. Bugün endüstriyel olarak hemen yalnız kesme ve soyma kaplama levhaları üretilmektedir. Bu levhaların rutubet miktarları kesme ve soyma işleminden hemen sonra çok yüksektir. Bu miktar ağaç türüne, öz veya diri odun oluşuna, sıcak su yada subuharı ile işlem görmesine göre değişmekle beraber genellikle lif doyunluğu rutubet derecesinin üstünde bulunmaktadır. Kaplama levhalarını bu durumda değerlendirebilecek kullanım yeri (yaş sistemle kontrplak yapımı hariç) mevcut değildir. Bu nedenle vakit geçirilmeden kurutulup rutubet miktarları kullanım yerlerinin gerektirdiği derecelere indirilmelidir. Böylece aynı zamanda mantar enfeksiyonları, istenmeyen renk değişimleri önlenmekte, taşınmada kolaylık ve ekonomiklik sağlanmaktadır.

1.1. Kullanım yeri bakımından en uygun rutubet miktarları

Genel olarak ağaç malzemenin kurutulmasında olduğu gibi kaplama levhalarının kurutulmasında da ulaşılmak istenen sonuç rutubeti kullanım yeri ile doğrudan ilgili bulunmaktadır. Örneğin, ambalaj malzemesi olarak kullanılacak kaplama levhaları için % 12-14'lük sonuç rutubeti yeterli iken, kesme kaplama levhalarının ve kontrplak yapımında kullanılacak soyma kaplama levhalarının rutubeti bu değerlerin altındadır. İncelenen kaynaklarda soyma ve kesme kaplama levhalarının sonuç rutubeti hakkında farklı değerlerin verildiği görülmektedir. Örneğin, KOLLMANN (1962 s, 202) de kesme kaplama levhalarının % 8-12, kontrplak yapımında kullanılacak soyma kaplama levhalarının % 6-8 rutubet derecelerine kadar kurutulmasının gerektiği belirtilmektedir. KEYLWERTH (1955 s, 269) kaplama levhalarının sonuç rutubetinin ortalama % 7 olmasını ve yapışma kusurlarına meydan vermemek için bu rutubetin % 9 u aşmamasını dilemektedir. FECHT (1966 s, 8) soyma kaplama levhalarının % 7 sonuç rutubetine kadar kurutulduğunu kaydetmektedir. OPEL (1976 s, 561) de meşe kesme kaplama levhaları için sonuç rutubeti % 10 olarak verilmektedir. TGL 8537 de kaplama levhalarının sonuç rutubeti özgül ağırlık ve levha kalınlığına bağlı olarak daha ayrıntılı bir şekilde verilmektedir. Buna göre soyma kaplama levhalarının sonuç rutubeti özgül ağırlığın $r_0 \leq 500 \text{ kg/m}^3$ olması halinde % 9 ± 3 , $r_0 > 500 \text{ kg/m}^3$ olması halinde de % 11 ± 3 olmalıdır. Kesme kaplama levhalarının sonuç rutubeti ise, kalınlığın $d \leq 0,7 \text{ mm}$ olması halinde % 12 ± 2 , $d > 0,7 \text{ mm}$ olması halinde de % 9 ± 3

¹ R. Hildebrand Maschinenbau GmbH 7446, Oberboilingen; BSH AG 6430 Bad Hersfeld; Armbruster, Furnierwerk 7613 Hausach; Holzwerk Kuser 8395 Hausenberg; Bartels - Ibus GmbH 4831 Langenberg.

² Bolu Devlet Orman Kereste Fabrikası, Anadolu Hisarı Ağaç Kaplama Fab. A.Ş.; Özyiğit Kaplama ve Ağaç Mamulleri A.Ş. Gebze; Akyıl Orman Ürünleri San. ve Tic. A.Ş. Bakırköy.

olmalıdır. Ağaç kaplama levhaları ile ilgili Türk standardı TS 1250 (1974) de de sonuç rutubeti % 10 ± 2 olarak verilmiştir. Von BREMEN (1977 s, 2) de kaplama levhalarının rutubetinin çeşitli kullanım yerleri için % 2-20 arasında değiştiği, genel olarak kesme kaplama levhaları için % 10-12 soyma kaplama levhaları için ise % 6-8 olduğu belirtilmektedir.

1.2. Tutkallama ve yapıştırma bakımından en uygun rutubet miktarları

Bilindiği gibi kaplama levhalarının kullanılmasında ambalaj sanayi gibi küçük bir kullanım alanı dışında muhakkak bir yapıştırma işlemi vardır. Bu işlemden iyi bir yapıştırma, yapıştırıcı maddeye bağlı olduğu gibi aynı zamanda ve büyük ölçüde levhaların içerdiği rutubet miktarına bağlı bulunmaktadır. Çeşitli tutkallar için yapıştırmada en uygun ağaç malzeme rutubet dereceleri hakkında incelenen kaynaklarda farklı değerler verilmektedir. Örneğin, HUŞ (1977 s, 18) de Kazein tutkalı için ağaç malzeme rutubetinin % 5-8 arasında olması ve % 15'i aşmaması gereği belirtilmektedir. NOACK ve FRÜHWALD (1972) de Resorsin-Formaldehit reçinesinin % 20'ye kadar varan ağaç malzeme rutubetinde iyi yapışma sağladığı belirtilmektedir. AYL A (1980 s, 199) Kızılçamdan elde ettiği tannen tutkalı ile yaptığı araştırmasında yapışma direncinin pres sıcaklığı, pres süresi ve odun rutubetine bağlı olarak değiştiğini ve odun rutubeti bakımından en iyi yapışmanın % 12'de elde edildiğini belirtmektedir.

BAUMANN (1967 s, 128, 140, 224, 242) de; Glutin tutkalı için odun rutubetinin % 12-15 olması gerektiği, Kazein ile yapıştırmada pres süresinin odun rutubetine bağlı olduğu ve % 16'dan daha yüksek rutubette tutkallama yapılmamasının lazım geldiği, Üre-formaldehit tutkalı için % 7'den daha yüksek rutubetteki ağaç malzemenin sakınca yarattığı ve Fenol-formaldehit için de odun rutubeti alt sınırının % 5-6, üst sınırının % 10 olmasının uygun bulunduğu nedenleri ile açıklanmaktadır.

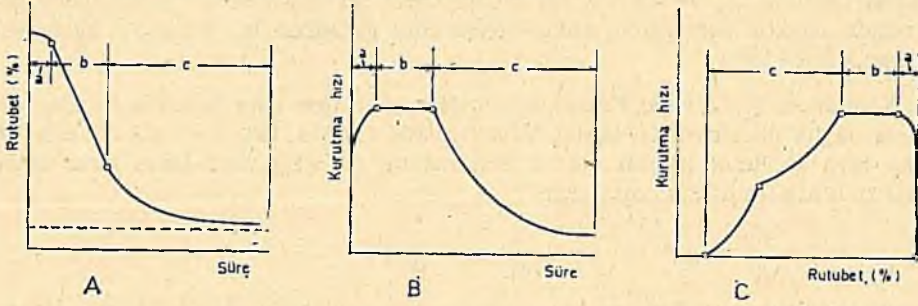
LAILAWAND ve PAXTON (1974) bilinen çeşitli tutkallarla yaptıkları deneylerde tutkallarla ağaç malzeme rutubeti arasındaki ilişkileri saptamışlardır. Bu çalışmada Resorsin-Formaldehit ve Fenol-Formaldehit karışımı tutkalın % 28 ağaç malzeme rutubetinde yüksek kalitede yapışma sağladığı, Üre-Formaldehit tutkalı ile Melamin-Formaldehit ve Üre-Formaldehit karışımı tutkalın aynı rutubette yeterli yapışma sağladığı, fakat Fenol-Formaldehit, Kazein, Polivinilasetat ve Epoksinin yetersiz kaldığı saptanmıştır. Ancak, aynı çalışmada söz konusu bu tutkalların tamamı ile rutubeti % 20 olan ibrelili ağaç odunlarının yapıştırılmasında yüksek kalitede yapışma sağlandığı belirtilmektedir. Diğer bazı kaynaklarda aynı tutkallarla ilgili olarak şu değerler verilmektedir (E. PLATH ve L. PLATH 1963)¹: Polivinilasetat Dispersiyonu % 8-10, Fenol-Resorsin-Formaldehit % 12-16, Üre-Formaldehit % 6-10, Fenol-Formaldehit % 4-10, Melamin-Formaldehit masif ağaç malzeme için % 5-4, Kontrplak yapımı için % 6-10, çeşitli termoplastik reçineler için % 8-10'dur.

2. FİZİKSEL VE TEKNOLOJİK ESASLAR

Genel olarak higroskopik maddelerin sabit kurutma koşulları altında kurutulmasında kurutmanın gidişi Resim 1 de görüldüğü gibidir. Resimde (A) rutu-

¹ BASF - Technische Druckschriften, BASF - Ratgeber für die Holzverleimung ISAR - RAKOLL - CHEMIE GmbH Technische Merkblätter - Holzklebstoffe (C. AYL A 1980 özel mektup).

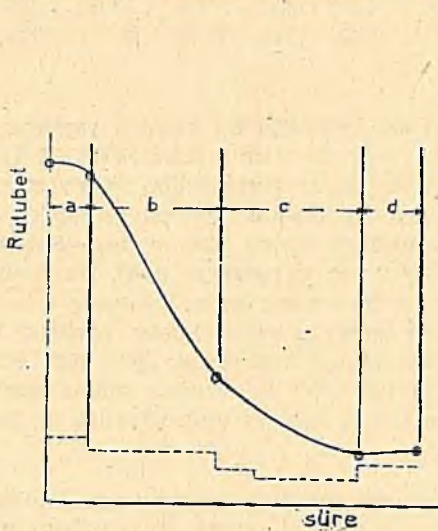
betin süreye bağlı olarak değişimini, (B) kurutma hızının süreye bağlı olarak değişimini ve (C) kurutma hızının rutubete bağlı olarak değişimini şematik olarak göstermektedir (KNEULE 1975; MALTRY 1975)



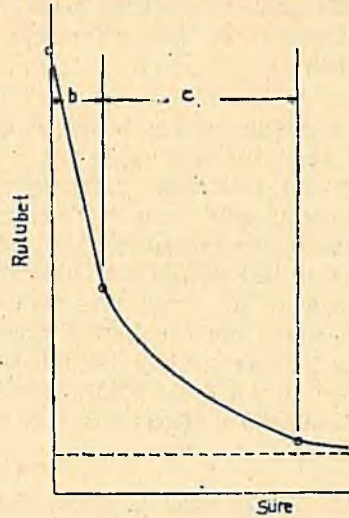
Resim 1. Higroskopik maddelerin sabit kurutma koşulları altında kurutulmasında kurutmanın gidişi. (A) Rutubet miktarının süreye bağlı olarak değişimi, (B) süreye bağlı olarak kurutma hızının değişimi, (C) rutubete bağlı olarak kurutma hızının değişimi (Şematik).

Resimdeki eğriler yakından incelenecek olursa üç farklı kısımdan oluştuğunu görülecektir. Bu eğrilerde (a) ile gösterilen kısım kurutmaya başlama (yol verme) veya alışılmış adı ile ısıtma periyodunu, (b) kurutma hızının değişmediği kurutma periyodunu (sabit kurutma periyodu veya I. kurutma periyodu), (c) kurutma hızının gittikçe azaldığı kurutma periyodunu (azalan kurutma periyodu veya II. kurutma periyodu) göstermektedir.

Higroskopik bir malzeme olan odunun kurutulmasında da genel olarak yukarıdaki genel esaslar geçerlidir. Örneğin, kereste kurutma uygulamalarında bu esaslar dikkate alınarak kurutma üç periyotta uygulanmaktadır (Resim 2). Bun-



Resim 2. Kerestenin kurutulmasında kurutmanın gidişi (şematik).



Resim 3. Kaplama levhasının kurutulmasında kurutmanın gidişi (şematik).

lar (a) Isıtma Periyodu, (b ve c) Kurutma Periyodu ve (d) Denkleştirme Periyodu dur. Isıtma periyodu Ön Isıtma, Yüzeysel Isıtma ve Derinlere Kadar Isıtma olmak üzere üç basamakta, kurutma periyodu Lif doyunluğu rutubet derecesinin üstünde (b) ve altında (c) olmak üzere iki basamakta, Denkleştirme periyodunda sıcaklık derecesinin yüksekliğine göre genellikle bir bazen iki basamakta uygulanmaktadır.

Konumuzu teşkil eden Kaplama levhaları, keresteye göre buharlaşma yüzeyleri çok büyük olan malzemelerdir. VORREITER (1958 s. 152) de 1 m³ odunun kereste veya kaplama levhası olarak buharlaşma yüzeyi (Odun-Hava Sınır tabakası) miktarlarının bulunması için

$$O=2 \frac{1}{d} + 4 = \frac{2}{d} + 4$$

eşitliği verilmektedir. Burada (d) metre olarak kalınlıktır. Bir örnek olmak üzere 1 numaralı tabloda bazı kalınlıklardaki tahta ve kaplama levhalarının yüzey miktarları verilmiştir.

Buharlaşma yüzeyleri çok büyük olduğu için kaplama levhalarının kurutulması kolay ve çabuktur. Bu bakımdan modern kurutma makinelerinde ısıtma ve dekleştirme periyodu önemini yitirmekte ve dikkate alınmamaktadır (Resim 3).

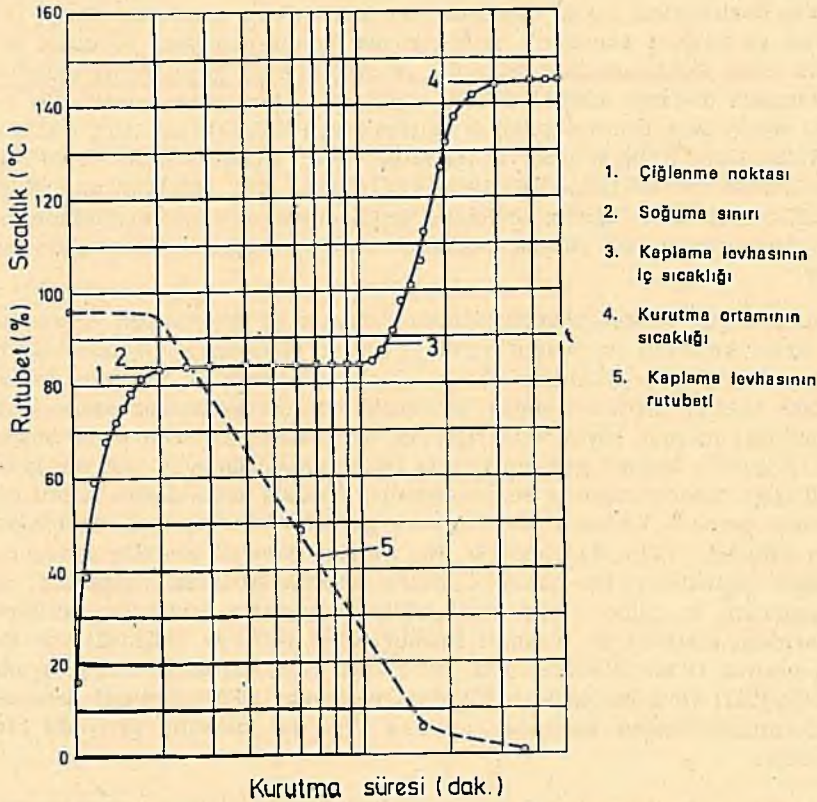
Tablo 1: Bazı kalınlıklardaki tahta ve kaplama levhaları için 1 m³ odunun yüzey miktarları

Tahta için	Kalınlık (mm)	30	26	24	22	18	16	12
	Yüzey (m ² /m ³)	71	81	88	95	115	129	171
Kaplama Levhası için	Kalınlık (mm)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	
	Yüzey (m ² /m ³)	671	804	1004	1333	2004	4004	

Kurutulmalarının kolay ve çabuk olması nedeniyle bu konuda yapılmış temel araştırmaların sayısı pek azdır. İlk önemli araştırma KEYLWERTH (1952, s. 87-91) tarafından yapılmıştır. Keylwerth bu araştırmasında ısı ve rutubet transferini esas almış ve kurutmanın gidişi ile kaplama levhasının sıcaklığının değişimini incelemiştir. Sabit kurutma koşulları altında Kızgın Hava-Subuharı karışımı içerisinde (Kuru termometre 145°C, yaş termometre 84°C, Hava şirkülasyonu levha yüzeylerine paralel) yapılan bu denemelerde başlangıç rutubeti % 96 olan 2 mm kalınlıktaki kayın kaplama levhaları kullanılmıştır. Levhalar üzerinde yapılan sıcaklık (İç tabakalarda) ve rutubet ölçmelerine göre elde edilen eğriler Resim 4 de görülmektedir. Resim yakından incelenecek olursa sıcaklık ve rutubetin gidişinde yukarıda açıklanan teorik esaslara uygun şekilde üç farklı kısım görülecektir.

a. Düşük sıcaklık derecelerindeki kaplama levhaları kurutma fırını içerisine konduktan hemen sonra ısınmaya başlamakta ve kısa sürede sıcaklıkları Çiğlenme noktası sıcaklığına ulaşmaktadır. Bu ısınma sırasında levhalar içerisinde bulunan serbest suyun buhar gerilimi kurutma ortamının kısmi buhar basıncından

düşüktür. Bu nedenle kaplama levhalarında kuruma ve böylece rutubetin gidisinde değişme olmamaktadır. Fakat bu sırada soğuk olan kaplama levhalarının yüzeyleri ile temas eden su buharı yoğunlaşmaktadır (Kondensasyon). Böylece bu periyotta kaplama levhalarının rutubet kaybetmesi değil, kurutma ortamından rutubet alması da sözkonusu olabilmektedir. **Istıtma Periyodu** olarak adlandırılan bu periyodun süresi dış kurutma faktörlerinden başka kaplama levhasının özgül ağırlığına, kalınlığına, ilk sıcaklığı ile kurutma ortamının sıcaklığı arasındaki farka ve odunun ısı iletme yeteneğine bağlı olarak değişmektedir. Özgül ağırlık ve kalınlık arttıkça, levha sıcaklığı ile ortamın sıcaklığı arasındaki fark büyüdükçe periyodun süresi artmakta, kurutma sıcaklığı ve hava hareket hızı yükseldikçe azalmaktadır (JANIK 1960, s. 181).



Resim 4. Sabit kurutma koşulları altında kaplama levhalarında rutubetin ve iç sıcaklığın süreye bağlı olarak değişimi (Keylwerth 1952'e göre).

b. Kaplama levhası sıcaklığı çiğlenme noktası sıcaklığına ulaştıktan sonra ilk olarak buharlaşma için gerekli olan ısı transferi başlamaktadır. Levha sıcaklığının devamlı olarak artması ile serbest suyun buhar gerilimi ve buna bağlı olarak da buharlaşması artmaktadır. Fakat buna karşılık levha sıcaklığı yeterli dereçeye yükseldiğinden levhanın ısınması için sevk edilen ısı miktarı azalmaktadır. Bu durum levha sıcaklığı soğuma sınırına ulaşınca kadar devam etmek-

tedir. Soğuma sınırına ulaştıktan sonra transfer edilen ısı yalnız serbest suyun buharlaşması için buharlaşma ısı olarak kullanılmakta ve böylece kaplama levhası sıcaklığı değişmemektedir. Bu değişmez durum kaplama levhası serbest suya sahip olduğu sürece devam etmektedir. Bu sırada kaplama levhasının sıcaklığı yaş termometre sıcaklık derecesine eşittir ve bir çeşit yaş termometre görevi yapmaktadır. Kurumanın gidişi ile ilgili olarak bu periyot sıcaklığın gidişindeki değişmez durum dikkate alınarak Keylwerth tarafından sabit periyot olarak adlandırılmaktadır. Fakat rutubetin gidişi dikkate alınırca serbest suyun buharlaştığı ve kurutma hızının değişmediği bu periyoda bazı kaynaklarda sabit hızlı kurutma periyodu da denilmektedir (FESSEL 1964, s. 129-139). Fakat yazılarımızda sabit kurutma periyodu veya I. kurutma periyodu olarak anılacaktır.

Sabit kurutma periyodunda kurutma hızı iyi havalandırma koşullarına bağlıdır. Kaplama levhalarına ısının taşınması, bu levhalardan rutubetin alınıp götürülmesi (ısı ve rutubet transferi) havalandırma koşullarına yani kurutma ortamını teşkil eden akışkanın hareket şekli ve özelliklerine göre değişmektedir. Kaplama levhaları üzerinde KEYLWERTH (1952, 1953) tarafından araştırılan ve saptanan bu sonuç daha sonra yapılan araştırmaların (FLEISCHER 1953; FECHT 1955; STERLIN 1955; KÖRLL 1959; SCHRADER 1961; KORGER 1962; FESSEL 1964; SCHLÜNDER und GNIELINSKI 1967; KRÖTSZCH 1968; MARTIN und SCHLÜNDER 1973; LEE 1974) ağırlık noktasını teşkil etmiş ve böylece günümüzün düşey hava püskürtmeli çok yüksek kapasiteli modern kurutma makineleri geliştirilmiştir.

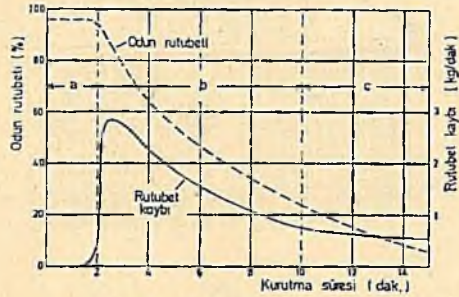
c. Serbest suyun tamamen buharlaşması suretiyle lif doyunluğu noktasına ulaştıktan sonra kaplama levhasının sıcaklığı tekrar yükselmeye başlamaktadır. Grafığe göre bu yükselme yaklaşık olarak onuncu dakikada ve kaplama levhasının rutubeti % 22'ye ulaştıktan sonra başlamaktadır. Bu noktadan sonra sevki edilen ısı miktarı mevcut suyun buharlaşması için gerekli olandan daha büyük olmaktadır. Kaplama levhası psikrometrenin iyi rutubet alamayan yer yer kuru bezle örtülü ıslak termometresine benzemektedir. Kuruma geniş ölçüde kısmi basınç farklarına dayanan difüzyon ile meydana gelmektedir. Onbeşinci dakikadan sonra odun rutubeti % 6'ya düşmektedir. Bu rutubet derecesi pratikte sonuç rutubetini teşkil etmektedir. Bu noktadan sonra sıcaklık eğrisinin yükselmesi oldukça dikleşmekte ve nihayet otuzuncu dakikada kaplama levhasının rutubeti sifira yaklaşırken sıcaklığı da ortamın sıcaklığı olan 145°C'ye ulaşmaktadır. Bu kısma, son periyot (KEYLWERTH 1952, 1953) veya subuhari difüzyonu periyodu (KOLLMANN 1962) veya azalan hızlı kurutma periyodu (FESSEL 1964) denmektedir. Yazılarımızda azalan kurutma periyodu veya II. kurutma periyodu olarak anılacaktır.

Kurutma işlemi kaplama levhasının yalnız rutubetinin gidişi ve rutubet kaybı bakımından da incelenmiş ve Resim 5 de gösterilmiştir. Isıtma periyodunda rutubet değişmemektedir. Çiğlenme noktası geçildikten sonra soğuma sınırına girince kaplama levhasının rutubeti çok çabuk düşmekte ve sabit kurutma periyodunun başında rutubet kaybı en yüksek değere ulaşmaktadır. Son periyotta rutubet kaybı gittikçe azalmaktadır.

Azalan kurutma periyodu kurutma hızı bakımından yeniden incelenecek olursa sıcaklık yükselmesine rağmen kurutma hızının % 6 sonuç rutubetine kadar pratik olarak değişmediği görülecektir. KOLLMANN (1962, s. 233) a göre bu

durum kaplama levhalarının kurutulmasında (Levha kalınlığı dikkate alınarak) difüzyon kanunlarının geçerli olmadığını açık olarak göstermektedir. Kaplama levhalarının kurutulmasında kurutmanın gidişi üzerine iç difüzyon direncinin etkisi kerestenin kurutulmasında olduğundan çok daha düşük olup önemsizdir. Nı tekim FLEISCHER (1953) de de aynı doğrultuda sonuçların elde edildiği belirtilmektedir. Fleischer genel olarak 3mm den daha ince levhaların kurutulmasında rutubet difüzyonunun ana faktör olmadığını; fakat bu genel duruma karşın çok yüksek sıcaklık derecelerinde 6mm'ye kadar kalınlıktaki levhaların kurutulmasında önemsiz olduğu halde, düşük sıcaklık derecelerinde 3mm den daha ince levhaların kurutulmasında dikkate değer derecede etkiye sahip olduğunu belirtmektedir.

Rosim 5. Sabit kurutma koşulları altında kaplama levhalarının rutubetinin ve rutubet kaybının süreye bağlı olarak değişimi (Keylwerth 1952'ö göre).



Azalan kurutma periyodu sıcaklığın gidişi bakımından yeniden incelenirse, kaplama levhası içerisinde rutubet olduğu sürece sıcaklığın hiçbir zaman kurutma ortamının sıcaklığına ulaşamayacağı görülecektir. Bu durum Kaplama levhalarının tam kuru haldeki odunun tutuşma sıcaklığı olan 190-220°C (ağaç türü ve etki süresine göre değişmektedir TIEFENBACH (1965) sıcaklık derecelerinin üstündeki sıcaklıklarda kurutulmasında, yangın tehlikesini önlemek bakımından sonuç rutubetinin çok düşük tutulmamasının gerekli olduğunu göstermektedir.

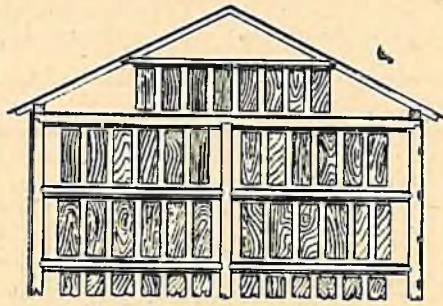
3. DOĞAL KURUTMA

Genel olarak ağaç malzemenin kurutulmasında uygulanan metodları üç ana grup altında toplamak mümkündür. Bunlar Kimyasal Kurutma, Mekanik Kurutma ve Termik Kurutmadır (EICHLER 1978; KANTAY ve BOZKURT 1980). Ağaç kaplama levhalarının kurutulmasında hemen hemen yalnız termik kurutma metodları uygulanmaktadır. Termik kurutma uygulayan metodları da Doğal Kurutma ve Teknik Kurutma olmak üzere iki ayrı grup altında incelemek uygun bulunmaktadır.

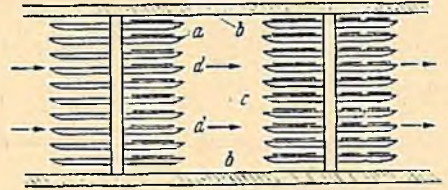
Doğal kurutma değerli ağaçlardan elde edilmiş olan (ekzotik türler), doğal renginin ve görüntüsünün değişmesi istenmeyen yüksek sıcaklık derecelerine karşı duyarlı, özellikle kesme kaplama levhalarının kurutulmasında uygulanmaktadır. Bu levhalar mümkün olduğu kadar buharla veya sıcak su ile işlem görmemiş taze haldeki tomruklardan kesilmektedir. Fakat bazen düşük sıcaklık derecelerinde (örneğin; VORREITER 1958 s, 151 e göre en yüksek 60°C) hafif buharlanmış tomruklardan da elde edilebilmektedir.

Doğal kurutma uygun hava koşulları altında açıkta yapılabilir. Ancak, üstü kapalı yanları kısmen açık yerlerde veya sıcaklık, bağıl nem ve hava hareketi gibi dış kurutma faktörlerinden biri veya birkaçının belirli sınırlar içerisinde değiştirilebildiği oda, baraka, hangar gibi yerlerde yapılması daha iyidir.

Kaplama levhaları doğal olarak çeşitli şekillerde kurutulmaktadır. En basit şekil levhaların asılarak kurutulmasıdır. Levhalar kapalı yerlerde taşıyıcı kirişlere paralel çekilmiş tel, çıta veya özel olarak yapılmış asma tertibatlarına liflere paralel yönde asılmaktadır. Asma işleminde ağaç mandallar kullanılmaktadır (Resim 6 A).

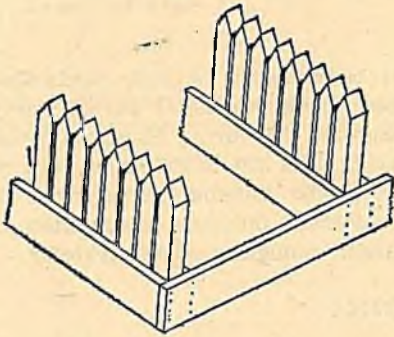


A

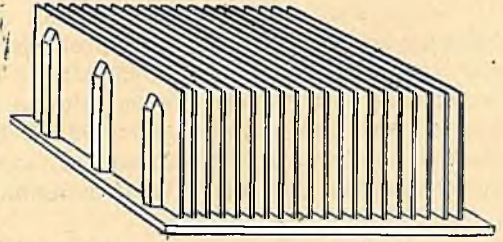


B

- a. Raf
- b. Tavan ve taban
- c. Kaplama levhası
- d. Hava hareketi



C

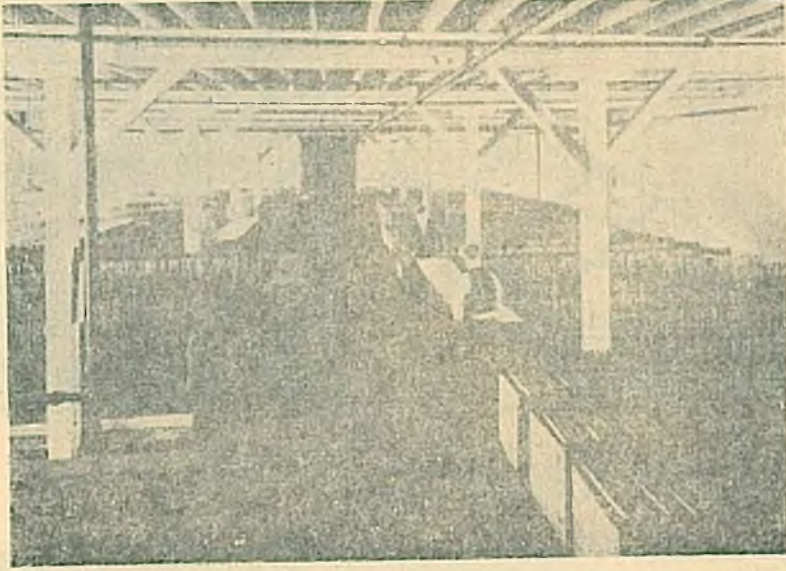


D

Resim 6. Doğal kurutma şekilleri. (A) levhaların asılarak kurutulması, (B) levhaların serilerek kurutulması, (C) parmaklı (kellu) kurutma tezgahı, (D) parmaklı kurutma tezgahında kurutma (Wulpi - Wegner; Vorreiter; Kollmann'dan).

Diğer bir şekil kaplama levhalarının sahpa, tezgah, ranza gibi ızgara şeklinde rafları olan ağaç yapılar üzerine serilerek kurutulmasıdır. Levhalar birer birer veya ikiye ikiye bu yapıların yere paralel uzanan ızgara şeklindeki rafları üzerine serilmektedir (Resim 6 B). Raflar arasında iyi havalanmayı sağlayabilecek aralıkların bulunması önemlidir. Bu kurutma şekillerinde kurutma sırasında kıvrılma, potlaşma ve ondüleli hal alma kusurları meydana gelmektedir. Levhaların asılıp alınması, serilip-kaldırılması işlemlerinde genellikle liflere paralel yönde çatlama tehlikesi bulunmaktadır. Bu kusurlardan ve tehlikelerden kaçınmak için kaplama levhalarının özel tezgahlarda kurutulması daha uygundur. (Resim 6 C ve D). Parmaklı kurutma tezgahı şeklinde adlandırabileceğimiz bu tezgahlar, arala-

rına kaplama levhaları konabilecek tezgah tabakına dik ve birbirine paralel parmaklardan (kollardan) ibarettir. Birbirini takip eden parmaklar arasında kaplama kalınlığına uygun aralıklar vardır. Kaplama levhaları, özellikle kesme kaplama levhaları bu kolları arasına düşey olarak prizmadan kesiliş sırasına göre yerleştirilmektedir. Böylece aynı zamanda levhalar prizmadan kesiliş sırasına göre dizilmiş olmakta ve kuruduktan sonra orijinal durumuna uygun olarak daha kolay paketlenmektedir. Resim 7 de böyle bir kurutma hangarı görülmektedir.

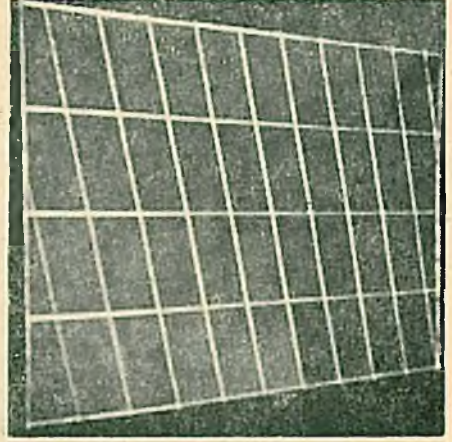
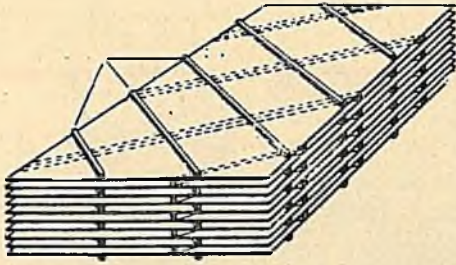


Resim 7. Bir kurutma hangarı ve parmaklı kurutma tezgahlarında doğal kurutma (Wulpi - Wegner'den).

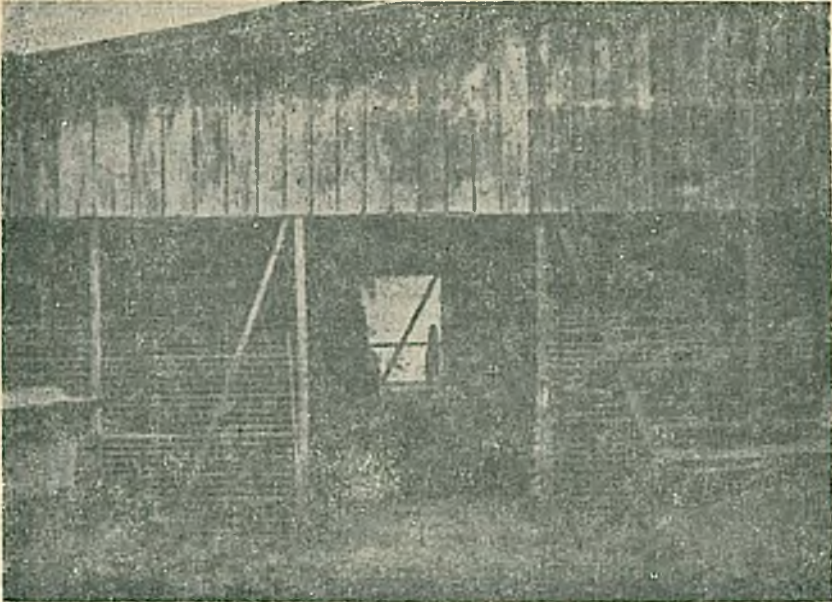
Ondüleli hal almaya meyilli büyük yüzeyli soyma kaplama levhaları çıtalı geniş istifleme yapmak suretiyle kurutulmaktadır. Böylece potlaşma ve kenar kıvrılmalarından kaçınmak mümkündür. Bu istifleme şeklinde çıtalar kaplama levhası liflerine çapraz ve fakat istif katında dar aralıklarla birbirlerine paralel olarak konmaktadır. Birbirini takip eden istif katlarındaki çıtalar ise dike yakın ve eşit açılarla yerleştirilmektedir (Resim 8 a). İstiflemede kolaylık sağlamak için her istif katına konacak çıtalar (özellikle kurutma fırınlarında ve tünellerinde kurutulacak kaplama levhalarının istiflenmesinde kullanılan ince çıtalar) çerçeve şeklinde birleştirilmektedir. Böylece Çıta Çerçeveler veya Çıtalı İstif Çerçeveleri yapılmaktadır (Resim 8 b). Bunlar üst üste konurken ara çıtaları (bölme çıtaları) birbirine dik gelecek şekilde konmalıdır. Bu şekilde yapılan istiflemeye ağaç veya alüminyum çıtalar kullanılmaktadır.

Üstü kapalı kurutma yerlerinde kafes şeklinde yapılmış duvarlar vasıtasıyla canlı ve sürekli bir hava hareketleri hakimdir (Resim 9). Bununla beraber bu gibi yerler tamamen kapalı da yapılabilir. Bu taktirde kolay açılıp kapanacak pencere klapeleri, panjur veya jaluzi sistemi yapılmakta ve her oda veya faydalanma alanı için 1 ... 4 hava çıkış bacası bırakılmaktadır. Bacaların dam üzerinde yukarıya doğru biraz çıkıntılı olması ve hava çıkışının baca yan duvarı üzerindeki siperli

düsey yarık şeklindeki açıklıklardan sağlanması iyi bir hava çıkışı için daha uygundur (Resim 10). Doğal kurutmada güneşten en iyi şekilde yararlanma, özellikle bağıl nemin yüksek olduğu aylarda çok önemlidir. Bu bakımdan doğal kurutmanın yapıldığı oda, baraka, hangar gibi yerlerde güneş ışınlarının yansımalarını önlemek ve ısının olanak ölçüsünde daha iyi absorbe edilmesini sağlamak için bu tesislerin dış kısımları siyah boyalarla boyanmaktadır.

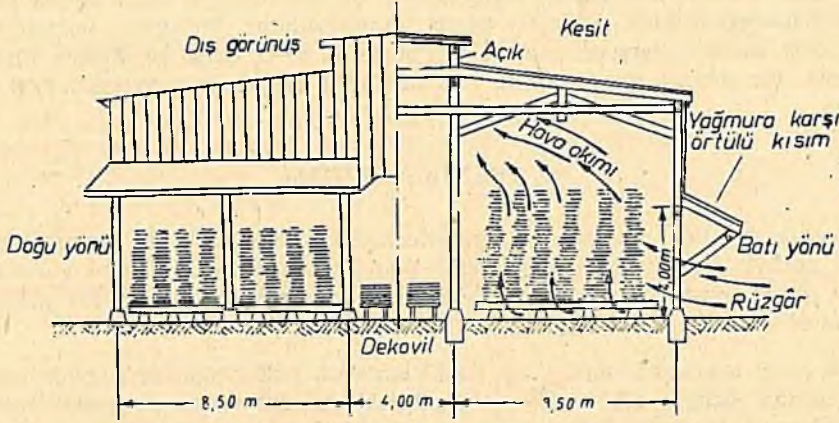


Resim 8. (a) büyük boyutlu soyma kaplama levhalarının kurutulmasında çitallı geniş istif, (b) çitallı istif çerçevesi (Wulpi - Wegner; Vorreiter'den).



Resim 9. Kaplama levhalarının doğal kurutulması için üstü kapalı ve yanları kafes şeklinde yapılan kurutma hangarı (Berkel - Bozkurt - Göker'den).

Isıtılmayan bu gibi kurutma tesislerinde ulaşılabilecek sonuç rutubetini doğal hava koşulları belirlemektedir. Ancak, bu koşullar mevsimlere göre çok farklıdır. Kaplama levhaları hacimlerine göre yüzeyleri çok geniş olan ince malzemelerdir. Bu nedenle bunlar çevrenin bütün hava değişmelerine çabuk uyabilmektedir.



Resim 10. Kurutma hangarı (DGFH ye göre Berkel'den).

Kaplama levhalarının doğal kurutulmasında kurutmanın hızı dış kurutma faktörlerine bağlı olarak değişmektedir. Sıcaklığın yükselmesi bağıl nemin veya higroskopik denge rutubetinin azalması kuruma hızını yükseltmektedir. Artan hava hareketi kurumayı çabuklaştırmaktadır. Kaplama levhalarının buharlaşma yüzeyi çok büyük olduğundan Hava-Odun sınır tabakasındaki su moleküllerinin zamanında uzaklaştırılamaması, yani hava hareketinin yetersiz olması durumunda, küf mantarları oluşmakta ve üreyerek kaplama levhası üzerinde yeşil renkte bir küf tabakası meydana getirmektedir. Bu nedenle doğal hava hareketi yetersiz olan kurutma yerlerinde hava hareketini artırıcı teknikler ve hatta rutubetli mevsimlerde ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Sıcak mevsimlerde özellikle sıcak yaz günlerinde sıcaklığın çok yükselmesi nedeniyle kurutma yerinin bağıl nemi kuvvetli derecede düşerse bazı ağaç türlerinden elde edilen çok ince kaplama levhalarının düzgünlüğü bozulmakta, potlar, kıvrılmalar, ondülelilik ortaya çıkmaktadır. Bu kusurları önlemek için kurutma ortamı havasının bağıl nemini yükseltmek mümkündür. Bağıl nemin yükseltilmesi kurutma yerine doygun buhar püskürtmek suretiyle sağlanabilir. Daha basit olarak kurutma tesisinin içerisine geniş buharlaşma yüzeyi olan içi su dolu kaplar koymak ya da bir ucu su dolu kap içerisinde bulunan pamuktan dokunmuş bezler asmak da nemi yükseltebilmektedir. Kurutma hızını azaltmak için rüzgârın geliş yönündeki açıklıklar kapatılır. Diğer bir önlemede ince kaplamaların kurutma yerinin kuzey ya da doğu kısmına ve en alt tarafına konmasıdır (KOLLMANN 1962 s, 202).

Açıkta, atmosferik koşullar altında yapılan doğal kurutma ile elde olunan en düşük rutubet derecesi en uygun durumlarda bile % 12-13 kadardır. (LEMPELIUS 1969 s, 51-52). Meşe kaplama levhaları üzerinde İstanbul'da yapılan bir araştırmada (BERKEL, BOZKURT ve GÖKER 1969 s, 12) doğal kurutmayı müteakip yapılan ölçmelerde rutubet miktarının % 11-15 arasında değiştiği ve orta-

lama % 13 olduğu saptanmıştır. Aynı kaplamaların kuru bir depo içerisinde 2 yıl bekletildikten sonra ki rutubet derecelerinin % 11,3-12,0 arasında değiştiği görülmüştür.

Yüksek ısıya karşı duyarlı olan değerli ağaç türleri kaplama levhalarının doğal olarak kurutulduğu kapalı yerlerin % 8-10 civarında bir higroskopik denge- nin sağlanacağı şekilde ısıtılması uygun bulunmaktadır. Bu amaçla çıkılabilecek en yüksek sıcaklık derecesi çok duyarlı türlerde 30°C, daha az duyarlı türlerde kademeli bir şekilde 40 ... 50°C dir (KOLLMANN 1962 s, 202; VORREITER 1958 s, 154).

4. TEKNİK KURUTMA

Teknik kurutma, dış kurutma faktörlerinden birinin veya bir kaçının birlikte belirli sınırlar içerisinde ayarlanabildiği oda, baraka, hangar gibi en basit tesislerden düzeyli havalandırmalı tam otomatik kurutma makinelerine kadar çok çeşitli tesislerde ve şekillerde uygulanmaktadır.

En basit uygulama daha önce doğal kurutma bölümünde açıklandığı şekilde oda, baraka, hangar gibi tesislerde yapılmaktadır. Bu tesislerde gerekli olduğu zaman çeşitli teknikler kullanılarak sıcaklığı yükseltmek, hava hareketi sağlamak, hava hareketini yönlendirmek, bağıl nemi artırmak suretiyle doğal kurutmanın gidişine kısmen müdahale edilmektedir. Esasen bu basit uygulama şekli doğal kurutma ile asıl teknik kurutma arasında geçiş teşkil etmektedir. Asıl teknik kurutma uygulaması, kurutma fırınlarında, kurutma tünellerinde ve kurutma makinelerinde yapılmaktadır.

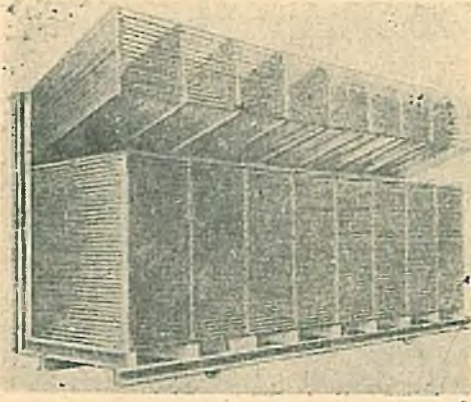
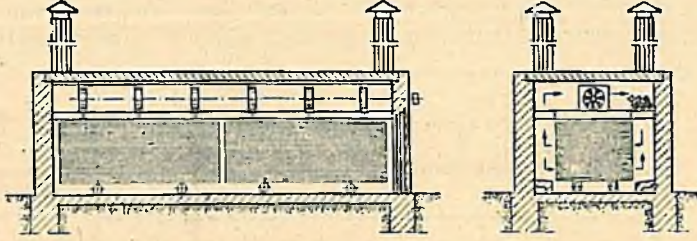
4.1. Kurutma fırınlarında Kurutma

Kurutma fırınları, dış kurutma faktörleri istenildiği gibi ayarlanabilen tamamen kapalı, ısıya karşı iyi yalıtılmış oda veya kompartıman tipi kurutma tesisleridir. Kurutma faktörleri fırının her yerinde yaklaşık olarak aynı değerleri göstermektedir (TGL 21 499). Kurutulacak malzeme istif edilerek fırının içerisinde hareketsiz durumda kurumaya bırakılmaktadır. Kurutma ortamı olarak çoğunlukla hava-subuharı karışımı ve kızgın buhar veya kızgın hava-buhar karışımı kullanılmaktadır (Resim 11 a).

Kaplama levhaları hacimlerine göre yüzeyleri çok geniş olan ve buna bağlı olarak buharlaşma kapasiteleri yüksek bulunan malzemelerdir. Bunların kurutulmasında daha yüksek bir hava hareketi ve daha yüksek bir sıcaklık derecesi uygulamak mümkündür. Bu nedenle kaplama levhası kurutma fırınlarının ısıtma ve havalandırma sistemlerinin kapasiteleri daha büyük olmalı, buna bağlı olarak da hem yapı malzemeleri hem de ısı yalıtım durumları uygun bulunmalıdır. Bu bakımdan kaplama levhalarının kurutulması için klasik kereste kurutma fırınları esasen uygun değildir. Fakat yüksek sıcaklık derecelerinde kurutmanın uygulandığı fırınlar yeterli ve uygundur. Bu fırınların özellikleri hakkında çeşitli kaynaklarda verilen bilgiler KANTAY (1980 s. 136) da özetlenmiştir.

Kaplama levhalarının kurutma fırınlarında kurutulabilmesi için hareket ettirilebilen altlıklar veya arabalar üzerine istif edilmeleri gerekmektedir. Levhalar bunlar üzerine çeşitli şekillerde istif edilmektedir. Büyük boyutlu soyma kap-

lama levhalarının istiflenmesinde çatalı geniş istif yapılmaktadır (Resim 8). Kesme kaplama levhaları ve küçük boyutlu soyma kaplama levhalarının raflı istif sehpaları veya raflı istif arabalarının rafları üzerine istif edilmektedir. Bunların yatay uzanan ızgara şeklindeki rafları veya dar aralıklarla yerleştirilmiş kolları vardır. Bunlar çoğunlukla ağaç malzemeden yapılmaktadır. Fakat bazı hallerde, çok değerli levhaların kurutulmasında paslanmaz çelikten veya alüminyumdan yapılmış raflı istif arabası kullanılmaktadır (Resim 11 b). Kalın kaplama levhaları raflar üzerine teker teker, ince levhalar ise bir kaç bir arada serilmektedir.



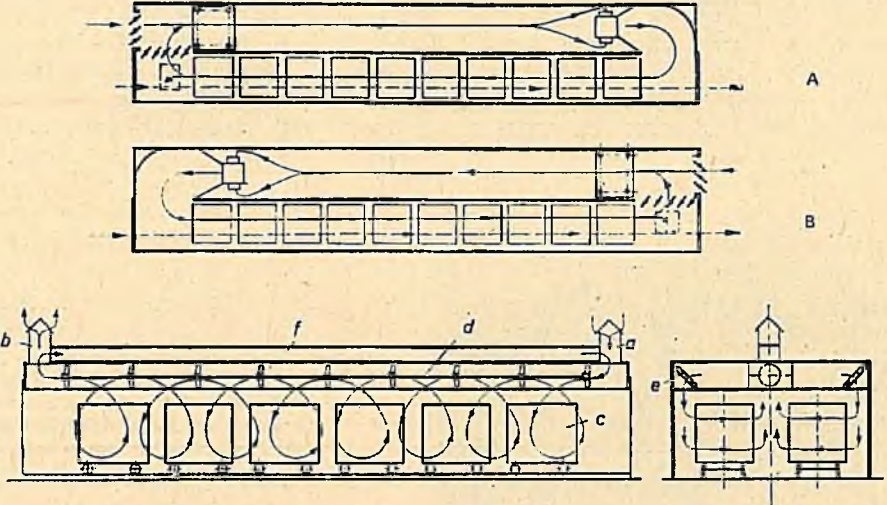
Resim 11. Kaplama levhalarının kurutma fırınlarında kurutulması. (a) Kaplama levha kurutma fırını şeması (Kollmann'dan). (b) özel kaplama levhası istif arabası (Biltner - Klotz'den).

Kaplama levhaları uygun şekilde istif edilerek fırına yerleştirildikten sonra ağaç türü, levha kalınlığı, kullanım amacı dikkate alınarak bir program dahilinde kurutulmalıdır. Kaplama levhaların kurutulmasında uygulanan kurutma programları kereste kurutma programlarına göre çok daha basittir. Kurutma süresi çok kısa olduğu için ısıtma periyodu bir kademede, kurutma periyodu ise en çok iki kademede uygulanabilmektedir. Bilindiği gibi kurutma ortamı olarak kızgın buhar veya kızgın hava -subuharı karışımı kullanıldığı taktirde kurutma sıcaklığı daima 100°C'nin üstünde bulunur. Bu nedenle programda yalnız kuru termometre sıcaklık derecesinin bilinmesi yeterlidir. Kurutmanın gidişi kuru termometre sıcaklık derecesinin yanında ayrıca kaplama levhası sıcaklığının gidişinin takip edilmesi suretiyle kontrol edilebilmektedir.

4.2. Kurutma tünellerinde kurutma

Kurutma tünelleri kanal veya tünel şeklinde uzunca kurutma tesisleridir. Uzunlukları genellikle 30 metre, yer uygun olduğu taktirde daha uzun olabilmek-

tedir. Daha çok tekstil ve kağıt endüstrilerinde kullanılmakta olup, ağaç malzemenin kurutulmasında da bazen kullanılmaktadır. Kurutma tünellerinde hava hareketi malzeme hareket yönüne paralel, karşı veya çapraz yönlere olabilmektedir (Resim 12). Kurutulacak malzeme kanal içerisinde sürekli veya aralıklı olarak hareket halinde bulunur. Ağaç malzemenin kurutulmasında kullanılan tünellerde çoğunlukla iklimatik koşullar malzemenin giriş tarafından çıkış tarafına doğru gittikçe değişmektedir. Hava hareketi boyuna yönde olup, uygulanan sıcaklıklar oldukça düşüktür. Ağaç malzeme tünelin rutubeti ve serin ucundan girerek hava hareketi yönüne karşı yönde hareket etmekte ve gittikçe sıcak ve daha az rutubetli kısımlardan geçmektedir. Bu tip kurutma tüneline «Karşı Akım prensibine göre havalandırmalı kurutma tüneli» denmektedir. Tünelin çeşitli ünitelerinin



Resim 12. Kurutma tünellerinde malzeme hareket yönüne göre yatay hava hareketi şekilleri. (A) karşı (B) aynı ve (C) çapraz. (a) hava girişi, (b) hava çıkışı, (c) vagon, (d) vantilatörler, (e) ısıtıcı, (f) hava kanalı (Kneule'den).

de istenilen sıcaklığın ve nisbi rutubetin ayarlanması çok güçtür. Fakat Ünitelere ilave ısıtma ve buhar püskürtme cihazları yerleştirilirse, bu faktörleri toleranslarla da olsa ayarlamak mümkün hale gelebilmektedir. Esasen kurutma tünelinin çeşitli kısımlarında istenilen kurutma koşullarının sağlanabildiği (her ünitesinde ilave ısıtma sistemi bulunan) tünel tipleride yapılmıştır. Bunlarda hava hareket yönü ağaç malzeme hareket yönüne diktir (Resim 12). Biçilmiş ağaç malzemenin kurutulması için gerekli olan bu tip tünel sistemi, kurutma süreleri çok kısa olan kaplama levhalarının kurutulması için gerekli değildir.

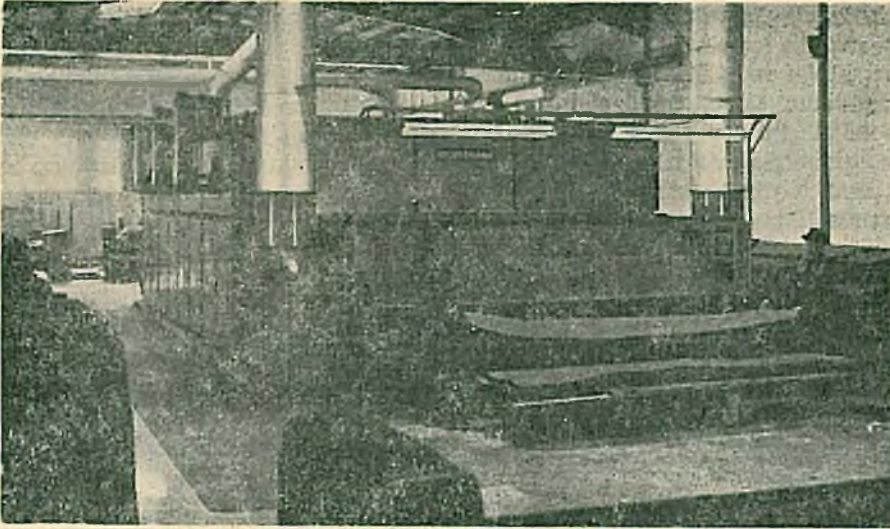
Kurutma tünellerinde de kaplama levhaları raflı istif arabaları veya diğer istif vasıtaları üzerine istif edilmektedir. Gerek kurutma fırınlarında gerekse kurutma tünellerinde istenilen düzeyde bir kurutma kalitesi elde etmek mümkün değildir. İstif vasıtaları üzerine bir kaçı bir arada serilen levhalarda yeknesak bir kuruma olmamakta ve böylece kuruma gerilmeleri ve renk farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Gerilmeler, kıvrılma (bükülme), potlaşma ve öndülelilik gibi şekil değişmelerine, daha ileri derecede ise çatlamalara sebebiyet vermektedir. Bu

tesislerde süre, kurutma makinelerine göre oldukça uzundur. Örneğin, Schilde firması tarafından 1 mm kalınlıktaki kayın kaplama levhaları için 60 dakikalık bir süre verilmektedir (KOLLMANN 1962, s. 204). Buna karşılık modern kurutma makinelerinde bu süre bir dakikanın altına düşmüştür (FECHT 1963, s. 76). İstifleme ve istiften alma sırasında çatlama ve kırılmalar meydana gelmekte ve böylece değer kaybı olmaktadır. Kurutma fırınlarında ve tünellerde iş gücü ihtiyacı da oldukça yüksektir. Gelişmiş ülkelerde kaplama levhaları hemen yalnız kurutma makinelerinde kurutulmaktadır. Özellikle düşey havalandırmalı makineler yapıldıktan sonra kurutma fırınlarında ve tünellerde kurutma tamamen terk edilmiştir.

4.3. Kurutma makinelerinde kurutma

4.3.1. Kurutma makineleri

Kurutma makineleri içerisinde ısıtma, havalandırma ve kaplama levhasının hareketini sağlayan teçhizatı bulunan, ısı ve rutubete karşı iyi yalıtılmış, uzunlukları sınırlı kanal tipinde tesislerdir¹. Kaplama levhaları, tesis içerisinde bulunan ve kurutma koşullarının en yüksek derecede etkili olduğu kanal içerisinde geçirilerek hareket halinde kurutulmaktadır (Resim 13). Ancak, bu genel tarife uymayan kurutma makineleri ve kurutma şekilleride vardır. Bunlar diğer kurutma makineleri ve metodları başlığı altında bu bölümün sonunda ele alınmıştır.



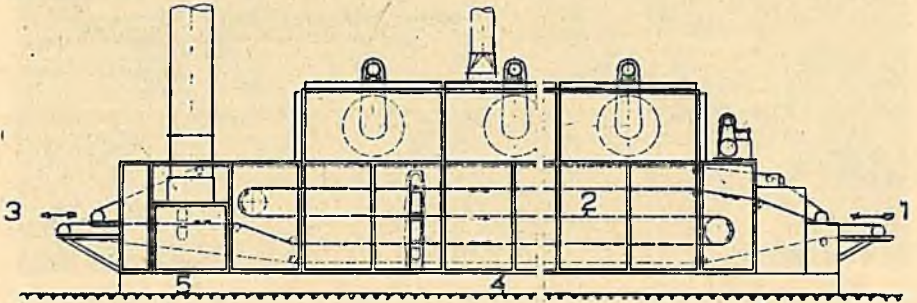
Resim 13. Kesme kaplama kurutma makinesi (Armbruster Furnerwerk 7613 Hausach).

Kurutma makinelerinde kaplama levhasının hareketi, yan yana kısa aralıklarla yerleştirilmiş silindirik çiftleri veya yanyana bir biri ile temas edecek şekilde yerleştirilmiş tamburlar vasıtasıyla veya tel örgü bandlar arasında taşınmaktadır. Taşınma şekline göre bunlar silindirik tamburlu veya bandlı makineler olarak isimlendirilmektedir.

¹ Kurutma makineleri başka bir yazıda ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır (KANTAY 1982).

Kurutma makinelerinin ısıtılması direkt veya endirekt olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Direkt ısıtmada kurutma ortamı, sıvı veya sıvılaştırılmış gaz halindeki yakıtların yakılması ile meydana gelen sıcak gazlarla karışarak doğrudan doğruya ısınmaktadır. Endrekt ısıtmada, kızgın buhar veya kızgın yağlarla ısıtılan ısıtıcı borular söz konusu olup, kurutma ortamına bu borulardan konveksiyon ile ısı transfer edilmektedir. Kurutma ortamı olarak düşük sıcaklıklarda hava subuharı karışımı, yüksek sıcaklıklarda ise kızgın buhar veya kızgın hava-buhar karışımı kullanılmaktadır. Modern makinelerde 220-240°C dereceye kadar yükselmek mümkün olmakla beraber pratikte en çok 150-190°C sıcaklık dereceleri uygulanmaktadır. Kurutma ortamını teşkil eden akışkanın hareketi genellikle axial, pek az olmak üzere radyal vantilatörlerle sağlanmaktadır. Kaplama levhasına göre yatay ve dikey olmak üzere iki hareket şekli söz konusudur. Modern makinelerde ısı ve rutubet transferi bakımından çok daha etkili olan dikey havalandırma sistemi kullanılmaktadır.

Kurutma makineleri genellikle kurutma ve soğutma olmak üzere iki esas bölümden oluşmaktadır. Bu makinelerin yapımında modüler sistem yaygındır. Her modül normal olarak 2 metre uzunlukta olup, ısıtma, havalandırma, taşıma sistemleri ve gerekli diğer aletlerle donatılmıştır. Bu nedenle modüler sistemle yapılmış makinelere yeni modüllerin eklenmesi ve böylece yeni doğacak ihtiyaca göre kapasitesinin yükseltilmesi kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Kurutma makinelerinin uzunluğu genellikle 8-30 metredir. Kuruluş yeri uygun olduğu ve ihtiyaç duyulduğu takdirde daha uzun makineler de yapılabilir. Ancak pratikte makine uzunluğundan çok etkili kurutma kanalı içerisinde kalan taşıma bandı uzunluğu ve genişliğine bağlı olarak değişen etkili kurutma alanı önemli bulunmaktadır. Çünkü makineler kuruluş yeri durumuna göre birden çok katlı yapılabildiği gibi geniş veya dar olarak da yapılabilir. Pratikte bantlı makineler genellikle taşıma hattı «U» şeklinde olan bir dönüşlü veya «S» şeklinde olan iki dönüşlü yapılmakta ve böylece kuruluş yeri dar olan işletmeler için makine boyu kısaltılmaktadır (Resim 14).



Resim 14. Taşıma hattı "S" şeklinde olan bantlı bir kurutma makinesi (Bantlı "S" dönüşlü kurutma makinesi) (şematik). (1) Kaplama levhası girişi, (2) "S" taşıma hattı, (3) kaplama levhası çıkışı, (4) üç modüllü kurutma bölümü ve (5) soğutma bölümü (Hildebrand Maschinenbau GmbH kataloğundan).

Bilindiği gibi kaplama levhaları endüstriyel olarak kesme ve soyma olmak üzere iki şekilde elde edilmekte ve elde edilmiş şekline göre (1) kesme kaplama levhaları, (2) soyma kaplama levhaları olarak adlandırılmaktadır. Kullanım

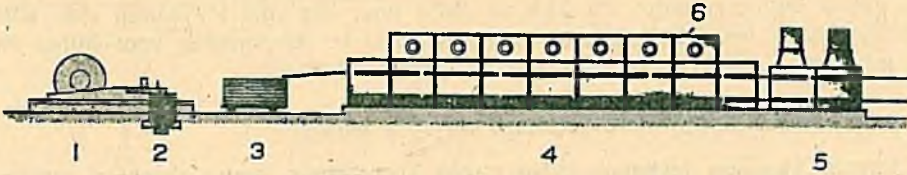
amaçları çoğunlukla birbirinden farklı olan kesme ve soyma kaplama levhaları farklı şekillerde kurutulmaktadır.

4.3.2. Kesme kaplama levhalarının kurutma tekniği

Kesme kaplama levhaları daha çok dekoratif amaçlarla kullanılmak üzere değerli ağaçlardan elde edilmektedir. Bunlar değişik çaplardaki tomruklardan hazırlanan prizmalardan kesmek suretiyle elde edildiklerinden genişlikleri küçük sınırlar arasında değişen dar levhalardır. Değerli ağaçlardan elde edilmiş olmaları, soyma kaplama levhalarına göre daha dikkatli kurutulmalarını, genişliklerinin sınırlı bulunması, taşıma sistemlerinin buna uygun yapılmasını gerektirmektedir.

Kesme kaplama levhaları taşıma sistemleri bandlı olan kurutma makinelerinde kurutulmaktadır (Resim 13, 14). Üretim üniteleri birbirine bağlı olmayan kesikli (diskontinü) üretim yapan işletmelerde kesme makinelerinde kesilen levhalar iki işçi tarafından birer birer alınarak kesiliş sırası bozulmadan istif arabaları üzerine yığılmaktadır. İstif arabaları kurutma makinelerinin önüne taşınarak orada gene iki işçi tarafından sıra ile alınarak kurutma makinesine verilmektedir. Makinenin kurutma kanalı içerisinde kusursuz bir taşınma ve kurutma için, levhalar makinenin bandı üzerine lif yönü band hareket yönüne dik gelecek şekilde özenle konmalıdır.

Kurutma makinesinden çıkışta yine iki işçi tarafından alınan levhalar prizmada kesiliş sırasına göre paket edilmektedir. Prizmadan kesiliş sırasına göre istif edilmeyen kesme kaplama levhaları kullanım sırasında, arzu edilen simetrik dekoratif şekillerin oluşturulmasını güçleştirmekte ve hatta olanaksız hale getirebilmektedir.



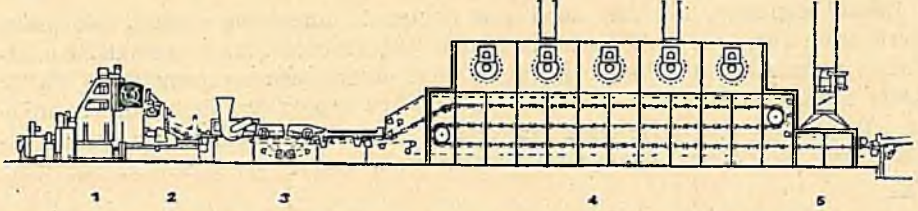
Resim 15. Kesikli (diskontinü) kesme kaplama levha üretim hattı (şematik). (1) Kesme makinesi, (2) prizma, (3) kaplama levha taşıma arabası, (4) 7 modüllü kurutma bölümü, (5) soğutma bölümü, (6) modül (Hildebrand Maschinenbau GmbH kataloğundan).

Kesme kaplama levhalarının üretiminde kesme ünitesi ile kurutma ünitesi arasında, levhaların doğrudan doğruya kurutma makinesine akışını sağlayan bir transport ünitesi yapmak ve böylece bir sürekli (kontinü) üretim hattı oluşturmak mümkündür (Resim 16).

Sürekli üretim hattı oluşturulan bir işletmede, kesme makinelerinde kesilen levhalar otomatik taşıma bantları yardımı ile ve eşit aralıklarla doğrudan doğruya kurutma makinesinin taşıyıcı bandına ulaşmaktadır. Böylece tam üretim hattı oluşturulan işletmelerde iş gücü tasarrufu sağlanmaktadır.

Kaplama levhalarının kurutma makinelerine verilmesinde makine kapasitesinin en iyi şekilde değerlendirilmesine özen gösterilmelidir. Bunun için levhalar

lif yönü band hareket yönüne tam dik gelecek şekilde verilmeli ve verilmiş aralıkları iyi ayarlanmalıdır. Levhaların verilmiş sırası mümkün olduğu kadar yeknesak olmalı ve aralarındaki aralığın mümkün olduğu kadar dar olmasına çalışılmaktadır.



Resim 16. Sürekli (kontinü) kesme kaplama levha üretim hattı (şematik). (1) Kesme makinesi (3) transport ünitesi, (4) 5 modüllü kurutma bölümü, (5) soğutma bölümü (BSH kataloğundan).

Kurutma makinesi kapasitesinin iyi bir şekilde kullanılıp kullanılmadığı örtme oranı veya serilme (örtülme) faktöründen anlaşılmaktadır. Örtme oranı, kesme kaplama ve yaş boyutlandırılmış soyma kaplama levhalarının kurutulmasında kullanılan bir terim olup, birim zamanda kurutulan levha miktarının, aynı birim zamanda kurutma kanalı içerisinde geçen transportörün etkili alanına bölünmesiyle elde edilmektedir. Serilme faktörü daha çok soyma kaplama levhalarının sonsuz bant halinde kurutulmasında kullanılan bir terimdir (Bak sayfa 115 ve 123).

Sıcaklığa karşı duyarlı olan değerli kesme kaplama levhaları kurutulurken sıcaklığın fazla yükseltilmemesine, levha düzgünlüğünün sağlanması bakımından bağlı nemin yüksek tutulmasına dikkat edilmelidir. Esasen kalınlık bakımından uygun olmaları nedeniyle kaplama levhalarının kurutulmasında denge rutubeti çok düşük bulunmaktadır. Sıcaklık ve bağlı nem kaplama levhasının elde edildiği ağaç türü, levha kalınlığı, başlangıç rutubeti ve kurutmadan arzu edilen kalite gibi çeşitli faktörler dikkate alınarak ayarlanmaktadır.

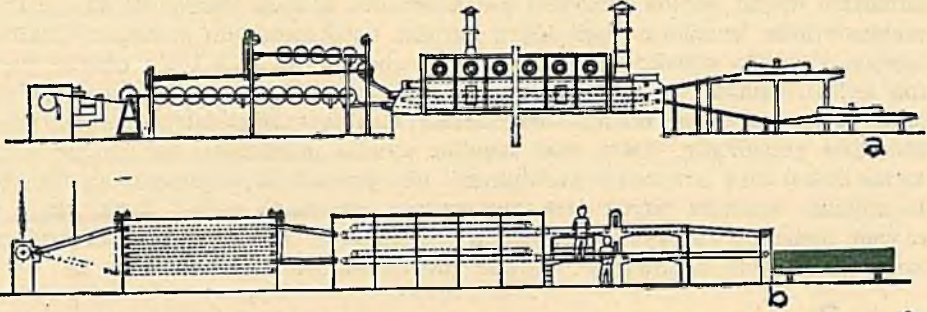
4.3.3. Soyma kaplama levhalarının kurutma tekniği

Soyma kaplama levhaları, ağaç gövde kısımlarının kendi eksenleri etrafında dönerek gövde boyunda bir bıçak tarafından kesilmeleri suretiyle elde edilmektedir. Bu levhalar «Soymahak» gövde kısımlarının tam silindirik hale gelinceye kadar soyulması sırasında elde edilen artık levhalar hariç sonsuz bant halinde soyulmaktadır. Sonsuz bant olarak soyulan levhalar ya standart genişliklerde kesilerek dar levhalar halinde veya hiç kesilmeden sonsuz genişlikte bant halinde kurutulmaktadır. Her iki şekilde de levhaların kurutma makinelerine gelmeden önce geçici olarak bekletilmesi sözkonusu olabilmektedir. Bekletme değişik sistemler vasıtasıyla yapılmaktadır. Bunların en önemlileri bobin sistemi, ranza sistemi (Tray sistem) ve masa sistemidir (Resim 17).

Bobin sisteminde, soyulan levhalar genişliklerince mümkün olduğu kadar hiç bölünmeden bobinler üzerine sonsuz bant halinde sarılmaktadır. Dolu bobinler bobin ünitelerinde bir süre bekletilmektedir. Pratikte en çok bu sisteme rastlanmaktadır (Resim 17 a ve c).

Ranza sistemi (Tray sistem)nde, soyulan levhalar doğrudan doğruya çok kat-

lı uzunca ranza şeklindeki sistemin katları üzerine taşınmaktadır (Resim 17 b). Bu sistemde her kat, soyma makinesinin arkasında bulunan salınım bandı veya bu sistemin sonunda bulunan makas bandı tarafından otomatik veya yarı otomatik olarak hareket ettirilebilen transport bandlarından ibarettir. Kaplama levhası genişliği sistemin uzunluğuna, sistemin uzunluğu ise kuruluş yeri büyüklüğüne bağlıdır. Ülkemizde Bolu Orman Kereste Fabrikası Kaplama ve Kontrplak Ünitelerinde bu sistem kullanılmaktadır.



- a. Bobin sistemi (şematik)
- b. Trey sistemi (şematik)
- c. Bobin sistemi

Resim 17. Soyma kaplama levhalarını yaş halde bekletme (depolama) sistemleri (Hellborn'dan).

Masa sisteminde de ranza sisteminde olduğu gibi soyulan levhalar uzunca bir masa üzerine taşınmaktadır. Levhaların genişliği masa uzunluğu kadardır.

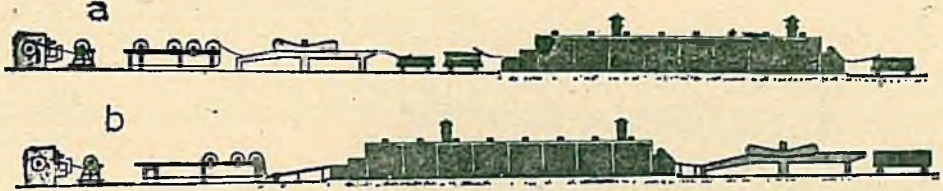
Yukarıda tanımlanan geçişi bekletme sistemlerini değişik şekillerde kombine etmek de mümkündür.

Sonsuz band olarak soyulan kaplama levhalarının standart genişliklerde bölünerek dar levhalar halinde veya hiç bölünmeden sonsuz genişlikte band halinde kurutulmasına göre pratikte iki kurutma metodu vardır. Bunlar aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

4.3.3.1. Yaş Boyutlandırma Metodu

Üretim üniteleri birbirine bağlı olmayan yani kesikli (Diskontinü) üretim yapılan işletmelerde bu metod çok kullanılmaktadır. Soyına makinelerinde soyu-

lan sonsuz genişlikteki levhalar kurutma makinesine gelmeden önce kullanım amacına uygun genişliklerde kesilerek boyutlandırılmaktadır. Böylece genişlikleri sınırlı olan parçalar haline gelen levhalar bir istif arabası üzerine yığılarak kurutma makinesinin önüne taşınmaktadır. Sonra bir veya iki kişi tarafından istiflerden alınarak kurutma makinelerine verilmektedir (Resim 18 a). Silindirik transportörlü makinelerde levhalar lifleri silindir eksenlerine dik gelecek şekilde yani boyuna olarak verilmektedir (Resim 19 a). Kusursuz bir kurutma için kaplamaların uygun şekilde verilmesi çok önemlidir. Silindirik transportörlü kurutma makinelerinde levhaların ileri doğru hareket edebilmesi için, kurutma makinesi boyuna yönünde silindirik çiftleri arasındaki mesafe ve buna bağlı olarak kaplama levhası uzunluğu önemlidir. Son yıllarda yapılan silindirik transportörlü makinelerdeki gelişmeler 650 mm uzunluktaki kısa levhaların kurutulmasını mümkün hale getirmiştir. Hatta bazı koşullar altında uzunlukları 450 mm nin altına kadar düşen kısa parçaların kurutulması bile gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, kalınlıkları arasında büyük fark bulunmayan, uçlarında çatlak, kırık, eksik olmayan levhalar, kurutma makinesinin kullanılabilir genişliği tam doldurularak konduğu taktirde kusursuz bir şekilde kurutulabilmektedir.



Resim 18. Soyma kaplama levha kurutma metodları (şematik). (a) Yağ boyutlandırma, (b) kuru boyutlandırma (Hellborn'dan).

Esas olarak 1 mm den daha kalın levhalar silindirik kurutma makinelerinde kurutulmaktadır. Fakat uygun koşullar altında 0,9-0,8 mm kalınlıktaki kaplama levhalarının da kurutulması mümkündür. Daha ince levhalar ise kesme kaplama levhaları gibi bandlı kurutma makinelerinde kurutulmaktadır. Bandlı kurutma makinelerinde, soyma kaplama levhaları lif yönü band hareket yönüne dik veya paralel istenildiği gibi verilmektedir.

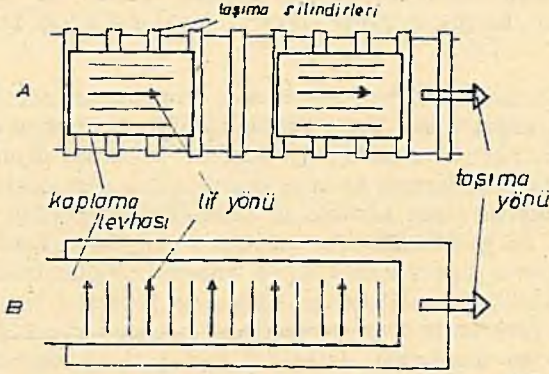
4.3.3.2. Kuru Boyutlandırma Metodu

Bu metoda sonsuz kurutma metodu denmektedir. Kaplama levhaları kurutulduktan sonra boyutlandırılmaktadır. Almanya'da 1951 yılında FECHT tarafından önerilen bu metod 1955 yılında uygulama alanına girmiştir (FECHT 1966 s, 8).

Soyma ve kurutma üniteleri birbirine bağlı olmayan diskontinü üretim yapılan işletmelerde, soyma makinesinde sonsuz band halinde sayulan levhalar, bir sarma sistemi vasıtası ile silindirlere sarılarak kaplama bobinleri hazırlanmaktadır. Hazırlanan bobinler uygun taşıma araçları ile yada bir taşıma sistemi yardımı ile kurutma makinelerinin önüne taşınmaktadır (Resim 18 b). Soyma kapasitesi kurutma kapasitesinden yüksek olan işletmelerde kaplama bobinleri kurutma makinesi önünde yeterli büyüklükte yapılan **Bobin Ünitesinde** biriktirmektedir (Resim 17). Biriken levhalar kurutma makinelerinin mesai saatleri dışında çalıştırılması suretiyle mümkün olan en kısa zaman içerisinde kurutulmaktadır.

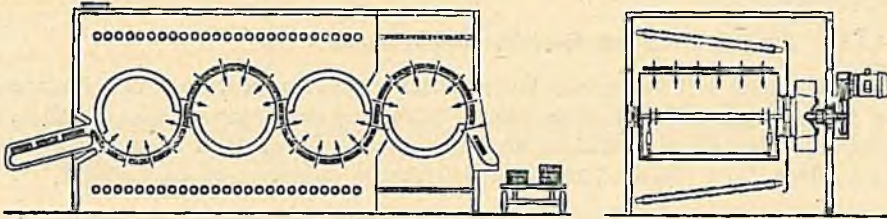
Sürekli üretim hattı oluşturulan işletmelerde sonsuz band halinde soyulan levhalar bir transport ünitesi üzerinden doğrudan doğruya kurutma makinesine gitmektedir. Üretim akışı boyutlandırma (genişlik kesme) ünitesine kadar hiç kesilmeden devam etmektedir. Bu kurutma şekline akış halinde kurutma da denmektedir.

Sonsuz kurutma, Bandlı-Sonsuz kurutma makinelerinde uygulanmaktadır. Levhalar kurutma makinelerine lif yönü band hareket yönüne dik gelecek şekilde yani genişliğine olarak verilmektedir (Resim 19 b). Makineyi en yüksek kapasitesi ile çalıştırmak için kullanılabilir genişliği tam olarak doldurulmalıdır. Daha önce belirtildiği gibi bir kurutma makinesinin verimi örtülme faktörüne göre değişmektedir¹. Bu nedenle kaplama levhası uzunluğunun transport bandının genişliğine uygun olmasına dikkat edilmelidir. Kısa boylu gövde kısımlarının soyulması söz konusu olduğu takdirde iki veya üç levha yan yana getirilerek kurutulmalı makinenin kullanılabilir genişliğinden en iyi şekilde yararlanılmaya çalışılmalıdır.



Resim 19. Kaplama levhalarının kurutma makinesine verilmiş şekilleri. (A) Silindirik kurutma makinelerinde (B) bandlı kurutma makinelerinde.

Sonsuz kurutma, tamburlu kurutma makinelerinde de uygulanmaktadır. 1 mm den daha ince levhalar çok iyi bir kalite ile tamburlu kurutma makinelerinde kurutulabilmektedir (Resim 20).



Resim 20. Elek tamburlu kurutma makinesi (şematik) (Fecht'den).

Sonsuz band halinde kurutulan levhalar bir kumaşın çekmesi gibi kurutma sırasında genişlikleri boyunca daralmaktadır. Bu daralmanın miktarı % 4 den % 12 ye kadar değişmektedir (FECHT 1966 s, 8). Bandlı-Sonsuz kurutma makinelerinde sonsuz band halinde kurutulan levhalar, aynı hızla hareket eden taşıma ve örtü bandları arasında sıkışmakta ve daralma gerilmelerine uygun olarak da-

¹ Kaplama levhası uzunluğu taşıma bandının kullanılabilir genişliğine eşit olduğu takdirde «TAM ÖRTÜLME» söz konusudur. Bu durumda örtülme faktörü 1 olmaktadır.

ralanamaktadır. Böylece liflere paralel yönde çatlamakta veya bölünmektedir. Bunu önlemek için kaplama levhasının taşıma ve örtü bantları arasında daralma koşullarına uygun olarak kayması sağlanmalıdır. Bu, taşıma ve örtü bantlarının farklı hızlarda hareket ettirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. FECHT tarafından 1951 yılında bulunan ve patenti alınan bu önlem sayesinde soyma kaplama levhalarının sonsuz genişlikte kopmadan kurutulması mümkün olmuştur. Bandlar arasındaki küçük bir hız farkı levhanın daralma yönünde hareket edebilmesine yardım etmektedir. Çünkü böylece ilave bir itme etkisi elde edilerek daralma sebebiyle meydana gelen gerilmeler ve buradan kaynaklanan önceden mevcut çatlaklardaki genişlemelere karşı etki yapılmaktadır (FECHT 1963 s, 76; FESSEL 1964 s, 132). FECHT (1963 s, 76) e göre bu etki örtü bandının taşıma bandından daha yavaş, FESSEL (1964 s, 132) e göre ise taşıma bandının örtü bandından daha yavaş hareket ettirilmesi ile sağlanabilmektedir.

Her ağaç türü için optimal bir hız farkı alanı vardır. Bu alan değiştirilebilir dişliler veya ana çalıştıricıdan sonra konan küçük dişli kutusu vasıtası ile denemeler yaparak tesbit edilmelidir. Birçok modern kurutma makinesi böyle bir sistem ile donatılmıştır.

Bandlı - Sonsuz kurutma makinelerinde band hareket hızı, kurutmadan sonra boyutlandırma ünitesinin çalışma kapasitesine bağlı bulunmaktadır. Bu ünitenin iş kapasitesi kurutulan levhaların normal standart genişliklere kesilmesi dışında, kusurlu olarak kesilip alınacak kısımlarının az veya çok oluşuna göre değişmektedir. Kesilecek kusurlu kısımların sayısı arttıkça iş kapasitesi artmaktadır. Kesme makası otomatik veya el ile yönetilmektedir. Kusursuz levhaların kesilmesinde otomatik, kusurlu levhaların kesilmesinde el ile yönetim uygulanmaktadır. Boyut kesme makası otomatik yönetildiği taktirde kurutma makinesi band hareket hızı çok yüksektir. El ile yönetimde band hareket hızı çalışan işçiye bağlı bulunmaktadır. Burada işçinin işe alışkanlığı, reaksiyon kabiliyeti ve kapasitesi rol oynamaktadır. Pratikteki denemelerde kayın ve kavakta yaklaşık 12-18 m/dak.lık, ekzotik türlerde 15-25 m/dak.lık band hareket hızına ulaşılmıştır. Otomatik yönetimde ise bu hız 25-40 m/dak.ya kadar yükselmektedir (FECHT 1965, s, 160).

4.3.3.3. Sonsuz Kurutma Metodunun Faydaları

Soyma kaplama levhalarının kurutulmasında sonsuz kurutmanın uygulanması ile daha yüksek kalite ve daha yüksek randıman elde edilmekte, hammadde ve iş gücü tasarrufu sağlanmaktadır. Kurutma makinesinden daha iyi faydalanılmakta ve böylece daha yüksek verimle çalıştırılması mümkün bulunmaktadır.

1. Kaplama levhalarının kurutulmasında kusur olarak görülen çatlak, renk değişimi, ondülelilik gibi oluşumlar kurutmadan sonra ortaya çıkmaktadır. Sonsuz kurutmada kuru boyutlandırma metodu uygulandığı için kaliteyi düşüren bu kusurlar boyutlandırma sırasında kesilip alınabilmekte ve böylece yaş boyutlandırma metoduna nazaran daha yüksek kaliteli ürün elde edilebilmektedir.

2. Yaş boyutlandırma metodunun uygulanmasında kurutma işleminde liflere dik yöndeki daralmalar dikkate alınarak genişlik itibarıyla bir kurutma payı bırakılmaktadır. Bu pay, kurutmadan sonra yeterli genişliklerin elde edilememesi endişesiyle daima gereğinden fazla bırakılmakta ve buda materyal kaybına sebep olmaktadır.

Yaş halde iken kesilen bir levhanın kenarı düzgün olmasına rağmen kuruduktan sonra ağaç türü ve anatomik yapısına (büyüme biçimi) göre eğri veya ondüleli bir durum alabilmektedir. İlk düzgün durumundan sapma nedeniyle genişliğine olan eklemelerde açıklıklar ortaya çıkmaktadır. Bu sakıncayı gidermek için ekleme işleminden önce kenarları yeniden düzeltilmekte ve bu şekilde de materyal kaybı olmaktadır. Kenarın durumuna göre 15-25 mm lik bir kayıp alışılmış ortalama bir değerdir (Von BREMEN 1977).

Kuru boyutlandırma metodunda bu açıklanan sakıncalar ve materyal kaybı söz konusu değildir. Aynı hammaddeden daha fazla ürün elde edilmekte ve hammadde tasarrufu sağlanmaktadır. Randıman ağaç türü ve işletmenin çalışma şekline göre yaklaşık olarak % 5-7 kadar yükselmektedir (Von BREMEN 1977 s, 5).

3. Sonsuz kurutmada, kaplama levhalarının kurutma makinelerine verilip alınmasında daha az iş gücüne ihtiyaç vardır.

4. Kaplama levhalarının sonsuz band halinde kurutulmasında transport bandının kullanılabilir alanı tam olarak örtülmektedir. Buna karşın genişliklere kesildikten sonra parça halinde kurutmada ne kadar özen gösterilirse gösterilsin levhalar arasında boşluklar kalmakta ve taşıma bandının kullanılabilir alanı pek ender durumlar dışında tam olarak örtülememektedir. Böylece sonsuz kurutmada kurutma makinesinden daha iyi yararlanılmakta ve daha yüksek verim elde edilmektedir.

4.3.4. Kurutma programları ve Kurutmanın yönetilmesi

Bilindiği gibi kurutma programları ya ağaç malzemenin rutubeti veya kurutma süresi esasına göre hazırlanmaktadır (KANTAY 1978). Kaplama levhalarının kurutma süresi çok kısa olduğundan kurutma sırasında levhaların rutubetinin gidişi takip ve kontrol edilememektedir. Bu nedenle bunların kurutulmasında zaman esasına göre hazırlanmış kurutma programları daha uygundur. Bu programlar ağaç türü, levha kalınlıkları ve başlangıç rutubetleri dikkate alınarak pratikte uygulanabilecek kurutma sıcaklıkları ile elde edilen kurutma sürelerini gös-

Tablo 2. Başlangıç rutubeti % 50 olan çeşitli kalınlıklardaki kayın kesme kaplama levhalarının kurutulmasında (sonuç rutubeti % 10) çıkış noktası olarak uygulanabilecek kurutma programları (KANTAY 1981 den).

Sıcaklıklar (°C)	Levha kalınlıkları (mm)				
	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	süreler (saniye)				
110	69	87,5	100,5	124	147
120	62	—	90	—	133
130	56	69	81,5	101,5	121
140	51	—	74	—	111
150	46-47	57	66-68	84	102,5-104
160	43	—	63	—	95
170	40	49,5	58,5	74,5	88,5
180	37	—	54	—	83
190	35	44,5	61	64	80

Tablo 3. Başlangıç rutubetli bakımından farklı olan çeşitli kalınlıklardaki doğu kayını kesme kaplama levhalarının 150°C derecede kurutulmasında çıkış noktası olarak uygulanabilecek kurutma programları (KANTAY 1981 den).

Başlangıç rutubeti %	Levha kalınlıkları (mm)		
	0,50	0,70	0,90
	süreler	(saniye)	
30	34	55	90
40	39	63	95
50	46 - 47	66 - 68	102,5 - 104
60	51	71	108
70	59	77	116

termektedir. Tablo 2 ve 3 Kayın kesme kaplama levhalarının kurutulmasında uygulanabilecek kurutma programları bir örnek olmak üzere verilmiştir.

Kurutma süreleri, kaplama levhalarının makinenin etkili kurutma kanalı içerisinde kalma süreleri veya bu kanaldan geçme süreleri olup, bunlar taşıma bandı hareket hızının ayarlanması ile sağlanmaktadır. Bu bakımdan kurutma programlarında taşıma bandı hareket hızının da verilmesi uygun bulunmaktadır. Ancak, kurutma süresi ile band hareket hızı arasındaki ilişki kurutma makinesinin etkili alanının içerisinde kalan taşıma bandı uzunluğuna bağlı olarak değiştiğinden aynı süreyi sağlayan band hareket hızı makineden makineye değişmektedir. Bu nedenle, kaplama levhaları için verilen genel kurutma programlarında yalnız sıcaklık ve bu sıcaklığın uygulanması ile elde edilen kurutma süreleri verilmektedir.

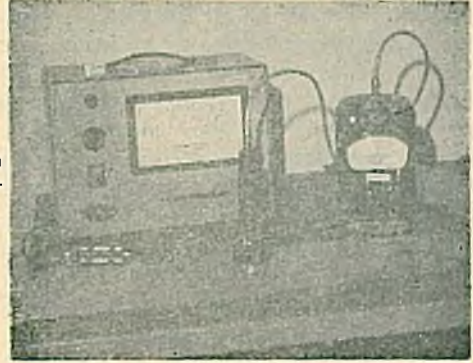
Bu sürelerin uygulanmasında kurutma sürelerini sağlayan band hareket hızı, makinenin etkili alanı içerisinde kalan band uzunluğunun kurutma süresine bölünmesiyle bulunmaktadır.

Örnek: Kalınlığı 0,90 mm olan kayın kesme kaplama levhalarının optimum kurutma süresi yaklaşık 2 dakika (121 saniye) ise, etkili kurutma alanı içerisinde kalan band uzunluğu 20 metre olan bir makinede band hareket hızı $20/2=10$ metre/dakika iken 8 metre olan bir makinede $8/2=4$ metre/dakika olmaktadır. Bu şekilde bulunan hızlar, band hareketini sağlayan kumanda panosunda gerekli ayarlamalar yapılmak suretiyle sağlanabilmektedir.

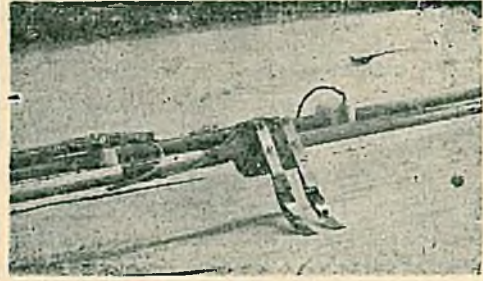
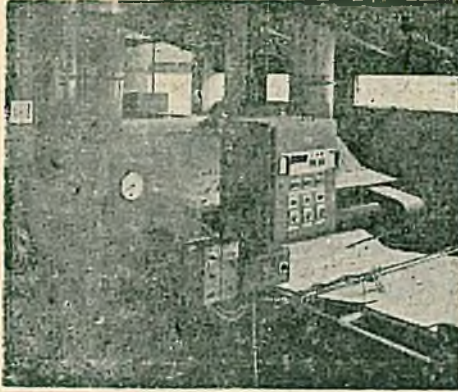
Kaplama levhalarının kurutulmasında kurutmanın yönetilmesi kolaydır. Kurutma makinesi çalıştırılıp kurutma programında verilen sıcaklıklara yükseldikten sonra bu sıcaklığa isabet eden kurutma süresini sağlayacak band hareket hızı yukarıdaki örnekte açıklandığı gibi bulunur. Sonra kumanda panosunda bu hız ayarlanarak levhalar makineye verilir. Kuruyan levhalar alınıp kurutmanın kalitesi bakımından elde edilen sonuçlar incelenir ve değerlendirme yapılarak uygulanan sürenin ve dolayısıyla band hareket hızının uygun olup olmadığına karar verilir. Öneğin, levhaların sonuç rutubeti ulaşılmak istenen sonuç rutubetinden yüksekse band hareket hızı düşürülerek, düşükse hızlandırılarak verilen programdan hareketle en uygun kurutma süresinin elde edilmesine çalışılır.

Levhaların rutubetlerinin ölçülmesinde elektrikli rutubet ölçerler kullanılmaktadır. Bunların kullanılmasında imalatçı firmaların verdiği talimata uygun şekilde hareket edilmelidir. Resim 21 de kaplama levhalarında rutubetin ölçülmesinde kullanılan pilli ve elektrikli rutubet ölçerler ile kaplama levhalarının rutubetlerinin ölçülmesinde kullanılan yassı uçlu elektrodlar görülmektedir.

Resim 21. Rutubet ölçerler ve kaplama levhalarının rutubetinin ölçülmesinde kullanılan elektrodlar (Foto: Kantay).



Bazı kurutma makinelerinde kaplama levhalarının rutubeti otomatik olarak ölçülmektedir. Bu, soğutma bölümünden sonra yerleştirilmiş bir rutubet ölçme cihazı tarafından gerçekleştirilmektedir. Özellikle sonsuz kurutma makinelerine monte edilen bu cihazın elektrodları devamlı olarak kaplama levhalarının yüzeyleri ile temas etmekte ve levhaların rutubetini ölçmektedir (Resim 22).



Resim 22. Kaplama levhalarının kurutmadan sonra otomatik olarak rutubetlerinin ölçülmesi. (a) Kurutma makinesi kaplama levha çıkış tarafı ve rutubet ölçme sistemi, (b) elektrodların yakından görünüşü.

4.4. Diğer kurutma makineleri ve metodları

4.4.1. Sıcak madeni levhalı kurutma makinesi ve kurutma tekniği (nefesli kurutma makinesi)

Bu makine üstüste düzenlenmiş çok sayıda sıcak madeni levhalardan ibarettir. Bu levhalar birlikte hareket edebilen iki sisteme ayrılmaktadır. Örneğin, levhalar aşağıdan yukarıya veya yukarıdan aşağıya doğru numaralanacak olursa tek

numaralı levhalar bir sistemi, çift numaralı levhalar diğer sistemi teşkil etmektedir. Her iki sistem ağırlık bakımından birbirini ile dengede bulunmaktadır. Levhalar kızgın buhar, kızgın yağ veya elektrikle ısıtılmaktadır. Modern tiplerde ısıtma amacı ile radyofrekans sistemler kullanılmaktadır.

Kaplama levhalarının kuruması adı geçen sıcak madeni levhaların belirli zaman aralıklarıyla açılıp kapanması suretiyle gerçekleşmektedir. (kalınlığına göre 10-20 saniye). Örneğin, bir sistemin madeni levhaları aşağıda bulunan üzeri kaplama levhaları ile doldurulmuş öteki sistemin levhaları üzerine inmektedir. Kısa bir süre sonra bu sistemin levhaları açılmakta ve bu defa öteki sistemin levhaları bu sistemin levhaları üzerinde bulunan kaplama levhalarını sıkıştırmaktadır. Sıcak madeni levhaların kapanması ile kaplama levhalarına kondüksiyon ile ısı transfer olmakta ve kısa zamanda ısınarak büyük bir buhar basıncı oluşmaktadır. Levhaların açılması ile hasıl olan buhar makinenin bulunduğu ortam tarafından alınmaktadır. Böylece makine bir çeşit nefes vermektedir. Bu nedenle bu makinelere Nefesli Kurutma Makineleri de denmektedir. Bu makinelerle kurutulmuş levhalar, madeni levhaların kapanması esnasında ütüleme etkisi yapıldığından yüzey düzgünlüğü kazanmaktadır.

KOLLMANN (1962 s. 227) de çok yüksek sıcaklıklarda çalışıldığı zaman ekonomik olduğu belirtilen bu makineler gelişmiş ülkelerde dahi halen kullanılmaktadır.

4.4.2. Kontakt kurutma makinesi ve kurutma tekniği

Kontakt kurutma makinesi konstrüksiyon itibariyle hidrolik sıcak prese benzer şekilde yapılmaktadır. Sıcak madeni levhalı (Nefesli) kurutma makinesi ile karıştırılmamalıdır. Isı transferi kondüksiyonla olmaktadır. Fakat sıcak levhaların kapanma süresi kaplama levhasının kuruma süresine eşittir. İyi ısı transferinden dolayı kurutma kapasitesi yüksektir. KEYLWERTH (1952, s. 87-91) tarafından yapılan deneme sonuçlarına göre 110°C de kontakt kurutma ile konveksiyonel kurutma arasında kurutma süresi bakımından ulaşılan fark önemli olmadığı halde, 145°C de elde edilen fark % 36 dan daha fazla olmuştur. Makine kızgın buhar, kızgın yağ veya elektrik sistemleriyle ısıtılmaktadır.

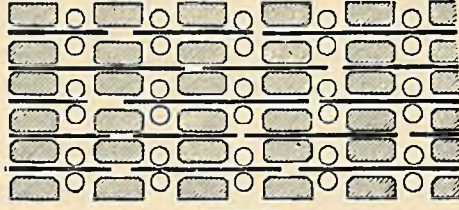
Kaplama levhaları presleme suretiyle kurutulmaktadır. En çok beşli paketler halinde makinenin sıcak madeni levhaları arasına konan kaplamalar sıcak madeni levhaların kapanması ile bir çeşit preslenmektedir. Rutubet akışı esas olarak pres yönüne dik yönde olmaktadır. Kaplama levhalarının ta orta kısımlarından kenarlarına taşınmakta ve kenarlardan buharlaşmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük boyutlu levhaların kurutulmasında rutubet akışı güçleşmektedir.

Kontakt kurutmanın yatırım ve işletme masrafları yüksektir. Isıtma ve kurutma periyodlarının süresi ve dolayısıyla kurutma süresi kısadır. Kaplama levhaları, presleme esnasında ütü etkisi yapıldığından düzgünlük kazanmaktadır.

4.4.3. Silindirli - Nefesli kurutma makinesi ve kurutma tekniği

Bu makine iki dünya savaşı arasına rastlayan yıllarda Amerika da kuşgözü akçağacından elde edilen soyma kaplama levhalarının istenildiği kadar genişlikte yani pratik olarak sonsuz bant halinde kurutulması amacıyla yapılan çalışmalar sırasında Merritt-Monsanto Corporation, Lockport, N. Y. firması tarafından

geliştirilmiştir. Nefesli kurutma makineleri ile silindirli kurutma makinelerinin kombinasyonundan ibaret olan bu makinenin etki şekli Resim 23 de şematik olarak gösterilmiştir.



Resim 23. Silindirli nefesli kurutma makinesinin çalışma prensibi (şematik) (Kollmann'dan).

Buhar ile ısınan levhalar çiftler çiftler üst üste düzenlenmiştir. Çiftlerin kapanması esnasında kondüksiyon ile ısı transferi olmakta ve böylece kaplama levhası içerisinde bulunan su ısınarak yüksek bir buhar basıncı oluşmaktadır. Levha çiftinin kapanması ile aynı zamanda ütüleme etkisi yapılmakta ve kaplama levhası düzgünlük kazanmaktadır. Levha çiftinin açılması ile buhar basıncı düşük olan kurutma ortamına buhar atılmaktadır. Levhaların açılması esnasında silindirler kapanarak hareket etmekte ve kaplama levhasını ileri doğru kaydırmaktadır.

4.4.4. Kızıl Ötesi Işınlarla Kurutma Makinesi ve Kurutma Tekniği

Ağaç malzemenin kurutulmasında kızıl ötesi ışınlardan da yararlanılmaktadır. Bilindiği gibi bu ışınlar yalnız doğrusal olarak yayılmaktadır ve bu nedenle ısıtmada kullanılırken doğrudan ağaç malzemenin yüzeylerinden etkilenmesinin sağlanmasına dikkat edilmelidir. Isınma yüzeylerden orta tabakalara doğru olduğu için büyük sıcaklık ve buna bağlı olarak da kuvvetli derecede rutubet meylî (Gradieni) meydana gelmektedir. Böylece yüzey çatlaklarının oluşumu için uygun bir ortam oluşmaktadır. Bu bakımdan kurutmanın kalitesi özellikle kalın ağaç malzemede oldukça düşüktür. Bu ışınlar takriben 6 mm ye kadar nüfuz edebilmektedir ve esasen bu nedenle kaplama levhalarının kurutulmasında hem kurutma kalitesi hem de kurutma süresi bakımından geçerlidir.

Kaplama levhalarının kurutulmasında kullanılan makineler kanal biçiminde olup, levhaların hareketi normal kurutma makinelerinde olduğu gibi silindirler veya bantlar vasıtası ile sağlanmaktadır. Kurutma ortamı kızıl ötesi ışınlar veren ampullerle ısınmaktadır. Makine içerisinde hava hareketi olmadığı zaman ısı transferi ışına (yayıma) ile hava hareketi olduğu zaman konveksiyon ve ışına ile olmaktadır. Hava hareketi su moleküllerinin çabuk taşınması bakımından uygundur. Bu makinelerin içerisinde, ısıtıcı ampullerin yüksek sıcaklığına rağmen hava sıcaklığı düşüktür. Bu nedenle ızalasyon sorunu önemli değildir. Ancak ışınların levha yüzeylerine dik gelecek şekilde olmasını sağlamak bakımından kurutma kanalı iç yüzeylerinde ampullerle birlikte uygun reflektörlerin kullanılması gerekmektedir.

NARAYANAMURTI ve PRASAD (1952) tarafından yapılan ilk denemelerde bu araştırmacılar kızıl ötesi ışınlarla kaplama levhalarının kurutulabileceğini ve zamanın diğer kurutma makinelerine göre kalite ve süre bakımından daha iyi sonuç-

ların alınabildiğini göstermişlerdir. Örneğin, Vitex altissima dan elde edilen 1,6 mm kalınlıktaki soyma kaplama levhalarını % 84 başlangıç rutubetinden % 7,6 sonuç rutubetine kadar 25 dakikada (enerji sarfiyatı 3,10 kWs/kg) kurutmuşlardır. Ancak günümüzde geliştirilen düşey hava püskürtmeli modern kurutma makineleri bu makinelerin kaplama levhalarının kurutulmasında kullanılmasını büyük ölçüde sınırlamıştır. Bu metod bugün daha çok ince film veya band halindeki maddelerin kurutulmasında, örneğin mobilya endüstrisinde, otomobil endüstrisinde ince lak tabakasının kurutulmasında uygulanmaktadır.

KONU İLE İLGİLİ TERİMLER

Akış halinde kurutma: Soyma kaplama levhaların sonsuz band halinde kurutulması (Fließstrocknung)

Aktif genişlik: Kullanılan fiili genişliktir. En yüksek kapasiteye (kuruluş kapasitesine) ulaşıldığı zaman aktif genişlik kapasite genişliğine eşit olmaktadır. Bu taktirde TAM ÖRTÜLME söz konusu olup örtülme faktörü 1 dir.

Bobin ünitesi: Sonsuz band halinde soyulan levhaların kurutma işleminin önce silindirlere sarılarak bekletildiği bobin deposu (Haspelnagazin)

Çözme ünitesi: Kaplama levhalarının dolu bobinlerden çözülerek alınmasını sağlayan boşaltma sistemini içeren kısım (Abwickelvorrichtung)

Faydalanılabilir genişlik: Kapasite genişliği (Nutzbreite)

Isı geçişi: Isı transferi

Kapasite genişliği: Kurutma makinası tranportörünün kullanılması mümkün olan maksimum genişliği (Leistungsbreite)

Kaplama levhası genişliği: Levhanın liflere dik yöndeki boyutu

Kaplama levhası uzunluğu: Levhanın lif yönündeki boyutu

Kesikli (diskontinü) üretim hattı: Bir üretim hattının çeşitli kısımlarını oluşturan soyma veya kesme, sarma, bobin, çözme, boyutlandırma, kurutma ünitelerinin birbirlerinden ayrı oldukları üretim sistemi

Kondüksiyon: Katı cisimler ve hareket etmeyen gaz veya sıvı ortamlarda ısı transferi şekli

Konveksiyon: Hareket halindeki sıvı ve gaz ortamlarda ısı transferi şekli

Konveksiyonel kurutma: Isı transferinin kurutma ortamını teşkil eden akışkanın kendi hareketi ile gerçekleştirildiği kurutma şekli (Konvektionstrocknung)

Kullanılabilir genişlik: Kapasite genişliği

Kuru boyutlandırma: Soyma kaplama levhalarının sonsuz band halinde kurutulduktan sonra standard boyutlara kesilmesi (Trockenformate)

Kuru kesme: Kuru boyutlandırma

Örtülme faktörü: Serilme faktörü (Bedeckungsfaktor)

Perdah etkisi, düzeltme etkisi: Silindiri ve sıcak madeni levhalı kurutma makinelerinde kaplama levhalarında oluşan podlaşma, ondüleli hal alma, kenar kıvrımları gibi düzgünlüğü bozucu kusurların sıcak silindirler ve levhalar tarafından bertaraf edilmesi, bir çeşit ütüleme etkisi (Glatwirkung, Bügeleffekt)

Sarma ünitesi: Sonsuz band halinde soyulan levhaların boş bobinlere sarılmasını sağlayan sistemi içeren kısım (Aufwickelvorrichtung)

Serilme faktörü: Soyma kaplama levhalarının sonsuz bant halinde kurutulmasında kurutma makinesi taşıma bandının kullanılabilir genişliğinin kaplama levhası tarafından örtülme derecesini gösteren bir faktör olup, bu bandın kullanılabilir genişliğinin kurutulmuş kaplama levhasının boyuna oranıdır. (Auslegungsfaktor) (Fecht 1963'e göre).

Sonsuz kurutma: Soyma kaplama levhalarının üretiminde kuru boyutlandırma metodu uygulanan işletmelerde levhaların sonsuz band halinde kurutulması (Endlostrocknung)

Sürekli üretim (kontinü) üretim hattı: Bir üretim hattının çeşitli kısımlarını oluşturan soyma veya kesme, sarma, bobin, çözme, boyutlandırma, kurutma ünitelerinin birbirlerine bağlı olduğu üretim sistemi

Soyma artığı levhalar: Soyma kaplama levhalarının elde edilmesinde soyulmuş tomrukların silindir hale getirilmesi sırasında elde edilen dar ve düzensiz levhalar (Anschaele)

Yaş boyutlandırma: Soyma kaplama levhalarının kurutulmadan önce standard boyutlara kesilmesi (Nassformate)

Yaş kesme: Yaş boyutlandırma

KAYNAKLAR

- AYLA, C., 1980. *Herstellung von feuchtigkeitsbeständigen Leimen aus nachwachsenden Rohstoffen für die Holzindustrie - dargestellt am Beispiel des Rindenextraktes von Pinus brutia Tenore und Äthanollignins. (Dissertation) Hamburg.*
- BAUMANN, H., 1967. *Leime und Kontakkleber Berlin/Heidelberg/New - York.*
- BERKEL, A., 1978. *Kerestenin doğal ve hızlandırılmış doğal kurutulması tekniği. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No. 266.*
- BERKEL, A., BOZKURT, T. T. ve GÖKER, Y., 1969. *Çeşitli meze türlerimizin kaplama levhaları imdli bakımından elverişliliği üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No. 139.*
- BITTNER - KLOTZ, 1951. *Furniere - Sperrholz - Schichtholz. Springer - Verlag. Berlin/Göttingen/Heidelberg.*
- EICHLER, H., 1978. *Praxis der Holzrocknung. VEB Fachbuchverlag Leipzig.*
- FECHT, P., 1955. *Das Trocknen grossflächiger Deckblattschaeelfurniere, Holz als Roh - Und Werkstoff, Bd. 12, H. 10, s. 372 - 375.*
- FECHT, P., 1963. *Die Entwicklung der Endloser - Schaeelfurniertrocknung. Holz - Zentralblatt, Jg. 89, Nr. 49, s. 76 - 91.*
- FECHT, P., 1965. *Furnier - Durchlaufrockner mit Düsenbelüftung, Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 15, s. 151 - 169. DRW - Verlags - GmbH Stuttgart.*

- FECHELT, P., 1966. *Trockner für endlose Schael furnierbaender*. VDI - Nachrichten, Nr. 42, s. 8.
- FESSEL, F., 1964. *Furnier - Durchlauf-trocknung mit Düsenbelüftung, Untersuchungen und Versuchergebnisse, Holz als Roh- und Werkstoff*. Bd. 22, H. s. 129 - 139.
- FESSEL, F., 1965. *Trocknung in Dampf - Luft Gemischen Holz-trocknung*. Holz-wirtschaftliches Jahrbuch. Nr. 15, s. 69 - 100. DRW - Verlags - GmbH Stuttgart.
- FLEISCHER, H. O., 1953. *Drying Rates of Thin Section of Wood at High Temperatures*, Yale University: School of Forestry, Bull. No. 59, New Haven.
- HEILBORN, G., 1962. *Die kontinuierliche Furniertrocknung, Holzbearbeitung, Heft 6*.
- HUŞ, S., 1977. *Ağaç malzeme tutkuları*. İ.Ü. Orman Fakültesi yayını. No. 242.
- JANIĆ, W., 1960. *Handbuch der Holz-trocknung*. Fachbuchverlag Leipzig.
- KANTAY, R., 1981. *Adi Ceviz (J. regia L.), Çoruh meşesi (q. dschorchensis K. Koch) ve doğu kayını (F. orientalis lipsky) kaplama levhalarının kurutma özellikleri*. (Doğentlik tezi henüz yayınlanmamıştır).
- KANTAY, R., 1978. *Türkiye'nin önemli bazı orman ağaç türleri kerestelerinin teknik kurutma özellikleri üzerine araştırmalar*. İ.Ü. Orman Fakültesi yayını, No. 269.
- KANTAY, R. ve BOZKURT, Y., 1980. *Biçilmiş ağaç malzemenin kurutulmasında kullanılan kurutma metodlarının ısı ekonomisi bakımından incelenmesi*. ısı Bilmi ve Tekniği. 2. Ulusal kongresi bildirileri, s. 235 - 253. Türk ısı Bilmi Tekniği Derneği Yayını. ODTÜ. Ankara.
- KANTAY, R., 1980. *Ağaç malzemenin yüksek sıcaklık derecelerinde kurutulması*, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Sayı 2, s. 134 - 151.
- KANTAY, R., 1982. *Kaplama levhası kurutma makinaları*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 32, Sayı 2.
- KEYLWERTH, R., 1952. *Der Verlauf der Holztemperatur während der Furnier- und Schnitthalztrocknung*. Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 10, H. 3. s. 87 - 91.
- KEYLWERTH, R., 1953. *Furnierversuche*. Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 11, H. 1, s. 11 - 17.
- KEYLWERTH, R., 1955. *Statistische Qualitätskontrolle*. Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 13, H. 7, s. 266 - 271.
- KNEULE, F., 1975. *Das Trocknen*. Verlag Sauerlaender Aarau und Frankfurt am Main.
- ROLLMANN, F., 1962. *Furniere, lagerhölzer und Tischlerplatten*. Springer Verlag. Berlin - Göttingen - Heidelberg.
- KORGER, M., 1962. *Grundlegende ökonomische Gesichtspunkte für die Beurteilung von Furniertrocknung mit Düsenbelüftung unter Berücksichtigung der Qualität*. Holztechnologie, Bd. 3. H. 2, s. 149 - 155.
- KNIGTH, E. V. - WULPI, M. und CHON - WEGNER, L. M., 1930. *Furnier und Sperrholz*. I. Band. M. Krayn Technischer Verlag GmbH. Berlin W.
- KRÖTZSCH, P., 1968. *Waerme- und Stoffübergang bei Prallströmung aus Düsen- und Blendenfeldern*. Chemie - Ing - Techn., Bd. 40, H. 7, s. 339 - 344.
- KRÖLL, K., 1959. *Trockner und Trocknungsverfahren*, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- LAIDLAWAND, R. A., PAXTON, B. H., 1974. *The effect of moisture content and wood preservatives on these assembly quinn of timber*, BRE Current Paper CP 54/74.
- LEE, C. S., 1974. *Leistungsvergleich zwischen Schlitz- und Lochdüsen bei der Trocknung von flachliegen Gütern*. Verfahrrentechnik, Bd. 6.
- LEMPELIUS, J., 1969. *Die Schnittholz-trocknung*. Robert Hildebrand Maschinenbau GmbH, 7446 Oberboihingen/Württ.
- MALTRY, W., 1975. *Wirtschaftliches Trocknen*. Verlag Theodor Steinkopff Dresden.

MARTIN, H. U., SCHLÜNDER, E. U., 1973. Optimierung von Schlitzdüsentrockner aufgrund neuer Versuchsergebnisse über den Waerme- und stoffübergang in solchen Apparaten. *Chemei - Ing. Techn.*, Bd. 45, H. 5, s. 290 - 294.

NARAYANAMURTI, D. U., PRASAD, B. N., 1952. Infrarottrocknung von furnieren, Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 10, H. 3, s. 92 - 94.

NOACK, D., FRÜHWALD, A., 1972. Bericht über Verleimungsversuche mit Holz unterschiedlicher Temperatur und unterschiedlicher Holzfeuchtigkeit. Hamburg.

OPEL, A., 1976. Stand der Eichenfurniertrocknung. *Holz - Zentralblatt*, Jg. 102, Nr. 41, s. 561 - 562.

PLATH, E. U., PLATH, L., 1963. Taschenbuch der Kette und Klebstoffe. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

SCHRADER, H., 1961. Trocknung feuchter Oberflaechen mittels. Warmluftstrahlen, VDI - Forschungsheft 484, Düsseldorf VDI - Verlag.

STERLIN, D. M., 1955. Trocknung von Schaelfurnieren in Rollen- und Kammertrocknern. Goslesbumizdat (Moskau).

TIEFENBACH, J., 1965. Neuer Furniertrockner mit direkter Beheizung. *Holz als Roh- und Werkstoff* Bd. 23 (1965), H. 4.

VORREITER, L., 1958. Holztechnologisches Handbuch Bd. II. Wien und München. Von BREMEN, 1977. Furniertrocknung nach modernen Erkenntnissen (Basilmastiv). BSH, 6430 Bad Hersfeld.

STANDARTLAR

DIN 68330 (1965): Furniere, Begriffe.

TS 1250 (1974): Ahşap kaplama levhaları.

TGL 8537 (DDR - Standart).

TGL 21499 (1966): Technische Trocknung von Holz. Technologische Forderungen an Kammertrockner (DDR - Standart).

KATALOGLAR

Büttner - Schilde - Hass (BSH) AG D - 6430 Bad. Hersfeld.

R. Hildebrand Maschinenbau GmbH D - 7446 Oberboihingen.