
SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES		VOLUME		NUMBER		
SÉRIE	A	BAND	52	HEFT	1	2002
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



TEKNİK KURUTMADA FIRIN BOYUTLARININ VE HAVA HAREKET HIZININ KURUTMA KALİTESİ VE SÜRESİ ÜZERİNE ETKİSİ¹⁾

Y. Doç. Dr. Öner ÜNSAL²⁾

Kısa Özet

Bu araştırma da kurutma kalitesini ve süresini doğrudan etkileyen, hava hareket hızı ve fırın boyutlarının kurutmaya etkilerini tam ve doğru olarak ortaya koymak, fırın üreticisi ve kullanıcılarına ışık tutmak ve ülkemizde ideal kurutma fırınlarının kurulmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Yapılan kurutma denemeleri sonucunda; 50 mm kalınlığında çam kerestesi kullanılarak yapılan kurutma denemesinde, %40 başlangıç rutubetinden %8 sonuç rutubetine kadar, hava hareket hızının 2,5 m/saniye'den 1,5 m/s'ye düşürülmesi durumunda esas kurutma süresinin yaklaşık %7 uzadığı, kurutma kalitesinde ise kayda değer bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Fırın boyutlarının incelendiği denemelerde ise; 50 mm kalınlığında meşe kerestesi kullanılarak yapılan kurutmalarda, genişliğin(hava sirkülasyonu yönünde) 9 m'den 12 m'ye, yüksekliğinde 3,3 m'den 4,2 m'ye artması ile esas kurutma süresinin yaklaşık %11 uzadığı, sonuç rutubeti dağılımının küçük boyutlu fırında daha homojen olduğu, fiziksel kurutma kursurları bakımından kayda değer bir farklılığın oluşmadığı belirlenmiştir.

1. GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

Ülkemizde özellikle son 10 yılda endüstriyel gelişmeye ve ihracat bilincine bağlı olarak, kereste kurutma fırınlarının sayısı önemli oranda artmıştır. Bu sevindirici bir gelişmedir. Çünkü bu yöndeki gelişmeler orman ürünleri endüstrimizin bir büyüme içinde olduğunun habercisidir.

¹⁾ Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu'na Desteklenmiştir. Proje No:1500/28082000

²⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Fakat bu büyümenin çok sağlıklı olduğunu söylemek pek mümkün görünmemektedir. Çünkü yapılan kurutma fırınlarının önemli bir kısmı; gerek boyutları ve gerekse fonksiyonları açısından idealden uzak görünmektedir. Buda çoğunlukla teknik detaylardan uzak olmamız ve sadece ucuzluğu ön planda tutmamızdan kaynaklanmaktadır.

Halbuki bilmeliyiz ki; ideal planlanmamış(uygun boyutlara ve yeterli hava hareket hızına sahip olmayan) kurutma fırınlarında kurutma süreleri ve dolayısı ile kurutma maliyetleri daha fazla olacaktır. Buda çoğunlukla kurutma fırını yatırım maliyetleri de önemli oranda artmış olacaktır.

Teknik kurutmayı etkileyen faktörler; sıcaklık, bağıl nem ve hava hareketi(hızı, şekli ve yönü) dir.

Teknik kurutma da hava hareketinin iki önemli işlevi bulunmaktadır.

1. Hava ısı taşıyıcısı olarak, ısıyı kurutulan ağaç malzemeye iletmektedir(Konveksiyon). Bu sayede ağaç malzeme, dolayısıyla içinde bulunan su ısınmakta ve yüzeylere taşınmaktadır.
2. Yüzeylere gelmiş olan su, yine hava hareketi sayesinde buradan ortama aktarılmakta (buharlaştırma) ve yüzeylere nem alma kabiliyeti yüksek olan havanın gelmesi sağlanmaktadır.

Hava hareketi kurutma fırınlarında vantilatörler vasıtasıyla sağlanır. Fakat oluşturulan hava hareketinin olması gerekenden ne yüksek nede düşük olması, aynı zamanda ideal kurutma için hava hızının fırının her bölgesinde homojen gerçekleşmesi gerekir. Aksi takdirde, hızın yüksek olması durumunda çatlama ve çarpılma gibi kurutma kusurlarının oluşma tehlikesi artarken, hızın düşük olması durumunda da kurutma süresinin uzaması söz konusudur.

Teknik kurutma da hava hareketi 2 şekilde gerçekleşir. Bunlar laminar ve turbulent hava hareket şekilleridir. Teknik kurutmada arzu edilen hava hareket şekli turbulent hava hareketidir. Çünkü bu hava hareket şeklinde hava kerestenin pürüzlü yüzeylerinden rutubeti daha iyi almakta ve aynı zamanda hava sıcaklığını ağaç malzemeye daha iyi iletmektedir (KANTAY 1993). Bu hava hareketi için hızın en az 1,3 m/s olması gerekmektedir (FESSEL 1965).

Hava hareket hızı; ağaç türü, kereste kalınlığı ve kereste rutubetine bağlı olarak değişmekte ve enine havalandırma sisteminde 1,3-4,0 m/s arasında değişmektedir (KANTAY 1993).

Kurutmayı etkileyen faktörlerden biride fırın boyutlarıdır. Özellikle havanın yatay sirkülasyon mesafesi ve ara tavan ile zemin arasındaki yükseklik etkilidir. Fakat bu etkinin ne oranda olduğu ve kurutma süresi ve kalitesini ne kadar etkilediği konusunda avrupalı fırın üreticisi firmaların çalışmaları dışında yeterli veri bulunmamaktadır. Buna karşın günümüzde yatırım maliyetinin düşük olması nedeni ile büyük kapasiteli kurutma fırınlarının yapımı her geçen gün artmaktadır. Esasen fırın boyutlarının, özellikle yükseklik ve derinlik(havanın yatay yönde katettiği mesafe) bazında zorlanmasıyla kurutma süresinin ve kalitesinin ne derece etkilendiği ve işletme maliyetlerinin 1 m³ keresteye ne derece yansıdığı tam olarak bilinmemektedir.

2. AMAÇ

Bu araştırma ile teknik kurutmada; farklı hava hareket hızları ve farklı fırın boyutlarının kurutma kalitesi ve süresi üzerine olan etkilerini ortaya çıkarmak ve bu sayede gerek kurutma firması imalatçılara ve gerekse kurutma firması kullanıcılarına yardımcı olunması amaçlanmıştır. Ayrıca ülkemizde bu konuda mevcut olan literatür boşluğunu doldurulması ve ileride yapılacak benzer çalışmalara temel oluşturulması araştırmanın diğer amaçlarını teşkil etmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Araştırma Materyali

Ağaç türü olarak sert ağaçlardan meşe ve yumuşak ağaçlardan çam seçilmiştir. Çalışmada esas amaç fırın özelliklerinin kurutma kalitesine etkisi olduğundan ağaç türü seçimi önem arz etmemektedir. Yalnızca seçilen ağaç türlerinin hem yumuşak ağaç ve hemde sert ağaç grubundan olmasına ve ticarete yaygın olarak kullanılmasına özen gösterilmiştir. Fırın boyutlarının denetlendiği kurutmalarda meşe, hava hareket hızının denetlendiği kurutmalarda ise çam kullanılmıştır. Kereste kalınlıkları, her iki ağaç cinsi içinde 50 mm seçilmiştir.

Kurutmaya tabi tutulacak keresteler denemelerin yapıldığı fabrikaların tomruk deposundan seçilmiştir.

Bu araştırma ile ilgili kurutma denemelerinden fırın boyutlarının etkisi ile ilgili olanlar, iki ayrı kereste fabrikasına ait ticari boyutlardaki kurutma fırınlarında (~ 70 ve 100 m^3 kereste kapasiteli), hava hareket hızı ile ilgili olanlar ise İ.Ü.Orman Fakültesi kurutma laboratuvarında bulunan küçük boyutlu ($\sim 1 \text{ m}^3$ lük) kurutma fırınında yapılmıştır.

Araştırma ile ilgili ön denemeler mevcut literatür bilgisine dayanarak yine bahsedilen fırınlarda yapılmıştır. Bu denemeler ve literatüre dayalı bilgiler esas alınarak uygun kurutma programları belirlenmiştir. Bu programlar özenle uygulanmış ve sonuç kalite kontrolleri yapılarak değerlendirilmiştir. Sonuç kalite kontrollerinde hava hareket hızı ile ilgili denemelerde 42 şer örnek alınmıştır. Bunların tamamında sonuç rutubeti tespit edilmiş, çatlak kollaps ve şekil değişimleri incelenmiştir. Ayrıca bunlardan 4 er örnek alınarak kuruma gerilmeleri tespit edilmiştir. Fırın boyutları ile ilgili denemelerde ise 90 ar örnek kereste kullanılmıştır. Bu örneklerin tamamında sonuç rutubeti tespit edilmiş, çatlak, kollaps ve şekil değişimleri incelenmiştir. Bu örneklerden, 9 ar adet örnek kerestede kuruma gerilmelerinin tespiti yapılmıştır. Örnek kerestelerde standarda dayalı sınıf tesbiti yapılmamakla birlikte, çatlak, budak, yaralanma, çürüklük, reaksiyon odunu, lif kıvrıklığı v.b gibi kusurlardan kaçınılmasına ve yapılan denemelerde her partide kullanılan kerestelerin; radyal-teğet dağılımı, özodun-diriodun oranı ve kereste genişlikleri bakımından aynı fiziksel özellikleri göstermesine özellikle dikkat edilmiştir. Bu sayede kurutma kalitesini ve süresini belirleyecek faktörlerin sadece fırın boyutları ve hava hareket hızı olması sağlanmıştır. Fırın boyutları ile ilgili denemelerde kullanılan meşe kerestelerinin genişlikleri 15-25 cm arasında iken, hava hareket hızının denendiği kurutmalarda kullanılan çam kerestelerinin genişliği 10 cm olmuştur.

3.2 Metod

Yukarıda açıklandığı üzere, elde edilen araştırma materyali keresteler istifleme kuralına uygun olarak çıtalı sandık şeklinde istif edilmiştir. İstifleme sırasında rutubet sensorleri (elektrodlar) ve kabloları yerleştirilmiş, sonuç kalite kontrol örnek keresteleri istife uygun şekilde dağıtılmıştır. Yapılan bu istifler fırına yerleştirilerek kurutma denemeleri başlatılmıştır. Denemeler esnasında ve bitiminde sonuç kalite kontrollerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Yapılan kurutma denemelerinde, sonuç kalite kontrolü Avrupa Kurutma Grubu (EDG-European Drying Group) tarafından hazırlanan standart taslağı esas alınarak yapılmıştır. Bu satandartta yer alan Standart, Quality dried ve Exclusive kalite sınıfları ile ilgili bilgiler söz konusu taslağın son bölümünde yer alan tabloda detaylı olarak yer almaktadır. Kısaca özetlemek gerekirse; E(Exclusive) özel son kullanımlar için düşünülen en yüksek kalite düzeyini, Q(Quality dried) alt kalite düzeyini ve S(Standart) alt sınır kalite düzeyini ifade etmektedir.

3.2.1 Uygulanan Kurutma Metodu ve Uygulamanın Yapıldığı Kurutma Fırınları

3.2.1.1 Uygulanan Kurutma Metodu

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

Deneme kurutma programlarının hazırlanmasında kurutma meylı esas alınmış ve lif doygunluğu noktasının altında sıcaklığın sabit tutularak bağlınemin düşürülmesi prensibi benimsenmiştir. Bütün kurutulmalarda ısıtma, esas kurutma, denkleştirme ve soğutma periyodu uygulanmıştır.

3.2.1.2 Uygulamanın Yapıldığı Kurutma Fırınları

Hava hareket hızının denetlendiği kurutma denemeleri HILDEBRAND "HD 74 MK" marka 1 m³ kapasiteli kurutma fırınında yapılmıştır. Fırının genişliği 1,8 m, yüksekliği 1,4 m ve uzunluğu 2,3 m dir. Isıtma elektrikle, nemlendirme normal basınçlı su ile yapılmıştır. Yandan fanlı ve yatay sirkülasyonlu fırında hava hareket hızı, vantilatöre bağlı bulunan hız konvektörü sayesinde isteğe bağlı olarak değiştirilebilmektedir.

Fırında, kurutma işlemi tam otomatik olarak yapılabilmektedir. Kurutma başlangıcında uygun kurutma programı seçilmekte, bu programın kod numarası, kereste kalınlığı, sonuç rutubeti ve denkleştirme süresi kontrol sistemine girilmekte, başlama komutuyla sistem otomatik olarak çalışmakta, kurutma bitiminde yine otomatik olarak kapanmaktadır. Fırında ölçü aleti olarak 8 adet kereste rutubeti okuma duyucusu, ortam sıcaklığı duyucusu (sensörü) ve ortam denge nemi duyucusu bulunmakta ve bunlar kumanda paneliyle bağlantılı bulunmaktadır. Ayrıca yine kumanda paneline bağlı olarak, 1 adet otomatik klappe vanası ve otomatik nemlendirme vanası yer almaktadır.

Fırın boyutlarının denetlendiği kurutma denemeleri ise özel sektöre ait, ticari boyutlardaki kurutma fırınlarında yapılmıştır. Kurutma fırınlarından biri; 5,7 m uzunluk, 5,2 m yükseklik ve 12 m genişliğe sahip, ara tavan ile zemin arasındaki mesafe 4,2 m ve ~70 m³ kereste kapasitelidir. İki rutubetli hava çıkış, ikisi taze hava giriş olmak üzere dört adet 50 cm çapında baca yer almaktadır. Diğeri ise 10 m uzunluk, 9 m genişlik ve 4,3 m yüksekliğe sahip, ara tavan ile zemin arasındaki mesafe 3,3 m ve ~100 m³ kereste kapasitelidir. Üçü rutubetli hava, üçü taze hava olmak üzere 60 cm çapında, altı adet baca yer almaktadır. Her iki fırın da klasik kurutma yöntemi ile çalışmakta, düşey hava sirkülasyonuna sahip ve tam otomatik kontrolludur. Her iki fırında da ısıtma ve nemlendirme metraji aynı, yapı tarzı kargir ve aynı izolasyon özellikleri mevcuttur.

Fırın boyutlarının denetlendiği her iki kurutma denemesinde de aynı ağaç türü ve aynı kurutma programı kullanılırken, her iki kurutulmada hava hareket hızı 3 m/s seçilerek tek değişkenin fırın boyutları olması sağlanmıştır. Hava hareket hızının denetlendiği her iki kurutma denemesi ise aynı fırında yapılmış, yalnızca hava hareket hızları 2,5 m/s ve 1,5 m/s şeklinde uygulanmıştır.

3.2.2 Kurutma Programlarının Hazırlanması ve Uygulanması

3.2.2.1 Kurutma Programlarının Hazırlanması

Çalışmanın esas amacı, kurutmada hava hızının ve fırın boyutlarının kurutmaya etkisini ortaya çıkarmak olduğundan kurutma programı seçiminde fazla seçici davranılmamış, o ağaç türü için literatürde öngörülen programlar uygulanmıştır (Tablo 1,2).

3.2.2.2 Kurutma Programlarının Uygulanması

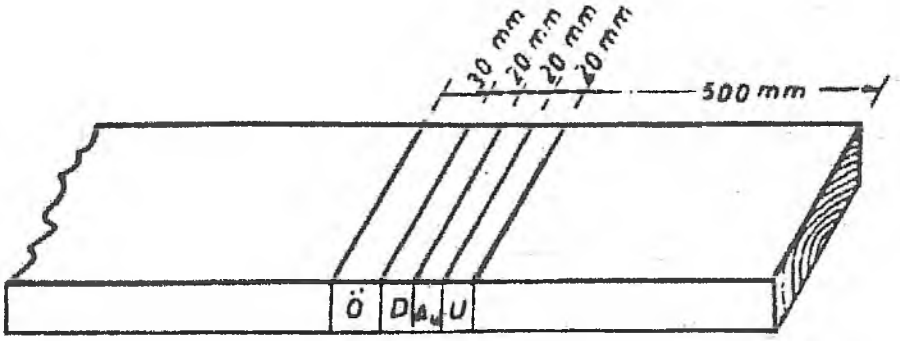
Kurutma programları ısıtma, esas kurutma, denkleştirme ve soğutma olmak üzere 4 aşamada tam otomatik olarak uygulanmıştır. Gerekli ön denemeler yapıldığından ve yeterli literatür desteği alındığından ara kalite kontrolüne gerek görülmemiş, doğrudan sonuç kalite kontrolü yapılarak kurutma sonuçları değerlendirilmiştir.

3.2.3 Sonuç Kalite Kontrollerinin Yapılması

Kurutma işlemi bittikten sonra daha evvel işaretlenmiş ve numaralanmış olan sonuç kalite kontrol örnek keresteleri istiften alınmış ve bunlar üzerinde aşağıda belirtilen kriterler dikkate alınarak inceleme yapılmıştır (EDG 1992).

1. Rutubet miktarı
 - a. Ortalama rutubet miktarı
 - b. Rutubet dağılımı
 - Her bir kerestede
 - Fırın genelinde
 - c. Kabul edilebilir dağılım genişliği
2. Kurutma Çatlakları
 - a. Yüzey çatlakları
 - b. İç çatlakları
 - d. Uç çatlakları
3. Kurutma gerilmeleri / Dış sertleşme
4. Kollaps
5. Şekil değişimleri

EDG (1992)'ye uygun olarak sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinin enine kesitinden itibaren en az 300 mm mesafeden test örnekleri alınmıştır (Şekil 1).



- (U) Sonuç Rutubeti test örneği
 (ΔU) Rutubet farkı test örneği
 (D) Dış sertleşme test örneği (Çatal örnek)
 (ö) Yoğunluk test örneği

Şekil 1: Bir sonuç kalite kontrol örnek kerestesinde kalite kontrolü için çeşitli test örneklerinin alınması

Figure 1: Test samples in a quality control lumber

Tablo 1: Hava Hareket Hızının Denetlendiği Kurutmalarda Uygulanan Kurutma Programı
 Table 1: Drying Program Applied To Determine The Effect Of Air Flow Rate

Ağaç Cinsi : Çam					Sıcaklık	
Kereste Kalınlığı : 50 mm					T ₁ :55°C	
Özgül Ağırlık(Tam kuru): 0,512 gr/cm ³					T ₂ :65°C	
Başlangıç Rutubeti : % 40					Kur. Meyli	
Sonuç Rutubeti : % 8					TG:3,5	
1	2	3	4	5	6	7
Kurut. Periy.	Ker. Rut. (%)	Kurut. Meyli (TG)	Denge Rut. (Ugl)	Kuru Term. Sıc. (°C)	Bağılne m (%)	Süre (Saat)
Isıtma		-	-	20 50	100 90	10
Esas Kurut.	40-30 30-25 25-20 20-15 15-10 10-7	- 3,5 3,5 3,5 3,5 3,5	10,5 8,5 7,1 5,7 4,3 2,8	55 65 65 65 65 65	70 60 51 40 29 14	66 ve 71
Denk.	7-8	-	8	65	57	5
Fırın Tipi : Metal					Hazırlayan:	
Hava Hareket Hızı: 2,5 ve 1,5 m/sn					Y.Doç.Dr.Öner	
Günlük Çalış. Sür.: 24 saat					ÜNSAL	

Tablo 2: Fırın Boyutlarının Denetlendiği Kurutmalarda Uygulanan Kurutma Programı
Table 2: Drying Program Applied To Determine The Effect Of Kiln Size

Ağaç Cinsi : Meşe		Sıcaklık				
Kereste Kalınlığı : 50 mm		T ₁ :40-50°C				
Özgül Ağırlık(Tam kuru) : 0,683 gr/cm ³		T ₂ :60-65°C				
Başlangıç Rutubeti : % 60		Kurutma Meyli				
Sonuç Rutubeti : % 8		TG:2,5-2,8				
1	2	3	4	5	6	7
Kurut. Periy.	Ker. Rut. (%)	Kurut. Meyli (TG)	Denge Rut. (Ugl)	Kuru Term. Sıc. (°C)	Bağıl Nem (%)	Süre (Saat)
Isıtma		-	-	20 35	100 95	12
Esas Kurut.	60-40		20	40	92	1320 ve 1490
	40-30		17	50	87	
	30-25	2,5	12	55	74	
	25-20	2,5	10	60	66	
	20-15	2,5	8	65	57	
	15-9	2,8	6	65	43	
Denk.	9-10	-	10	65	68	48
Fırın Tipi : Kargir		Hazırlayan:				
Hava Hareket Hızı : 3 m/sn		Y.Doç.Dr.Öner ÜNSAL				
Günlük Çalışma Süresi : 24 Saat						

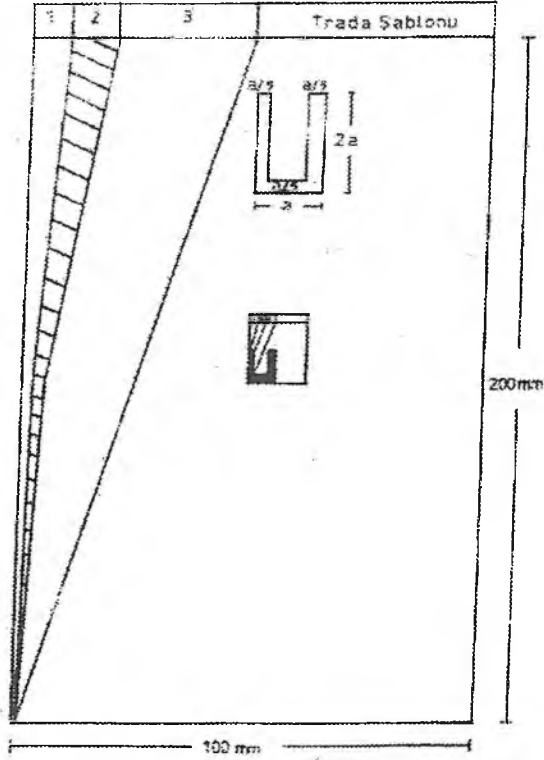
3.2.3.1 Sonuç Rutubetinin Kontrolü

Şekil 1'de belirtilen yerden alınan sonuç rutubeti test örneklerinin rutubeti kurutma metodu ile bulunmuştur.

3.2.3.2 Kuruma Gerilmelerinin Tespit Edilmesi

Bu işlem için Şekil 2'de görülen TRADA Şablonu kullanılmıştır. Örnekler Şekil 3'de görülen boyutlarda hazırlanmıştır. Hazırlanan çatal örnekler şablona yerleştirilerek gerilmenin miktarı belirlenmiştir.

Bu işlem örneklerin kesilip hazırlanmasından hemen sonra ve 20°C ± 5 sıcaklık, % 55 ± 10 Bağıl Nem de 24 saat bekletildikten sonra olmak üzere iki kez yapılmıştır.



Şekil 2: TRADA Şablonu (EDG 1992)

Figure 2: TRADA Pattern(EDG 1992)

3.2.3.3 Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmelerinin Kontrolü

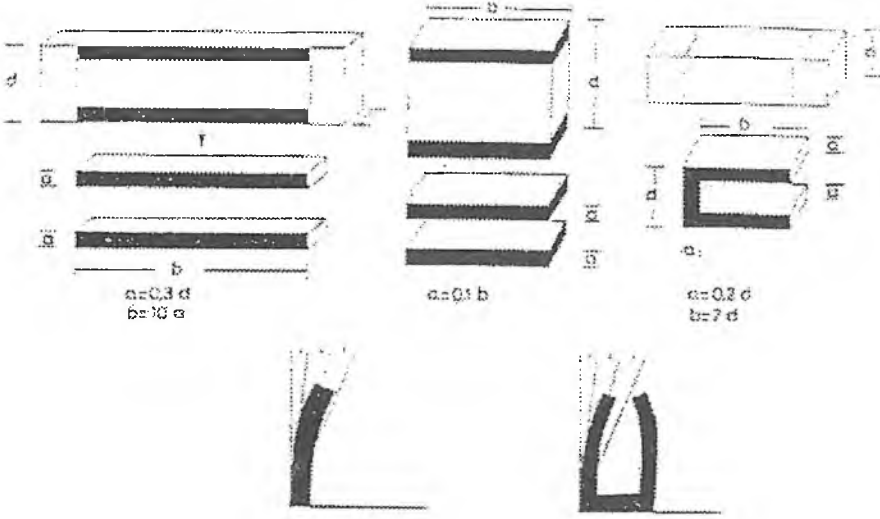
Kurutmaya başlamadan önce, sonuç kalite kontrol örnek kerestelerinin sahip olduğu kusurlar belirlenmiş, çatlaklar keresteler üzerinde işaretlenmiştir. Kurutma sonrasında ise tüm örneklerin sahip oldukları kusurlar standarda uygun olarak ölçülmüştür (Tablo 3).

3.2.4 Sonuçların Değerlendirilmesinde Uygulanan İstatistik Metod

Kurutma denemeleri sonucunda sonuç rutubetini tesbit etmek amacıyla yapılan ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, ortaya çıkan aritmetik ortalama değeri ve ortalamayı meydana getiren münferit değerlerden maksimum ve minimum olan rutubet değeri esas alınmış ve Tablo 3'ün 1. ve 2. satırı ile karşılaştırılmıştır. Bulunan rutubet değerlerinin kalınlığa bağlı olarak hangi kalite sınıfına dahil olduğu böylece tesbit edilmiştir.

Nitelik özellikleri olarak ele alınan Dış Sertleşme, Kollaps, çatlaklar ve şekil değişmeleri ise standarda bağlı kalınarak ayrıca incelenmiştir.

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



Şekil 3: Çatal örneklerinin hazırlanması ve kullanılması (EDG 1992)
Figure 3: The prong samples for measuring drying tension

4. BULGULAR

4.1 Hava Hareket Hızı ile İlgili Sonuçlar

4.1.1 Kurutma Süresi

2,5 m/s hava hareket hızının denendiği kurutma işlemi, %40 başlangıç rutubetinden %8 sonuç rutubetine kadar 10 saat ısıtma, 66 saat esas kurutma ve 5 saat denkleştirme olmak üzere toplam 81 saat sürmüştür. 1.5 m/s hava hareket hızının denendiği kurutma işlemi ise %40 başlangıç rutubetinden %8 sonuç rutubetine kadar 10 saat ısıtma, 71 saat esas kurutma ve 5 saat denkleştirme olmak üzere toplam 86 saat sürmüştür.

4.1.2 Sonuç Rutubeti

Hedef sonuç rutubeti %8 olarak kabul edilmiştir. Her iki kurutma denemesinde de aynı kurutma şartlarının uygulanmasına ve tek değişkenin hava hareket hızı olmasına azami özen gösterilmiştir.

Yapılan ölçümlerde 2,5 m/s hava hareket hızının denetlendiği kurutma işleminde, ortalama rutubet %7,6, münferit rutubet değerlerinden en büyük değer %10, en küçük değer %5,8 olarak bulunmuştur. Bu değerler tabloyla karşılaştırıldığında, hem ortalama rutubet ile hedef

Tablo 3: EDG'ye Göre Kurutma Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Toleranslar
 Table 3: Tolerances Used In Determining Of The Drying quality According To EDG

Kriterler		S (Standart)	Q (Quality Dried)	E (Exclusive)	
Hedef Sonuç Rutubeti (%) İle Ortalama Rutubet Arasındaki Maksimum Sapma	d≤40 mm	+2.0/-3.0	+2.0/-2.0	+1.5/-1.5	
	d>40 mm	+3.0/-3.0	+2.5/-2.5	+2.0/-2.0	
Hedef Sonuç Rutubeti (%) İle Münferit Rutubet Ölçümleri Arasındaki Maksimum Sapma	d≤40 mm	+4.0/-Sınırsız	+3.0/-3.0	+2.0/-2.0	
	d>40 mm	+6.0/-Sınırsız	+4.0/-4.0	+3.0/-3.0	
Dış Sertleşme	Çatal Örnek Testi	İlk Ölçüm	Hafif (1)	Hafif (1)	
		24 Saat Sonraki Ölçüm	Şiddetli (3)	Hafif (1)	
Kolleps (Örneklerin %10'unda)		Max. 6 mm	Max. 3 mm	Max. 2 mm	
Çatlaklar	Yüzey Çatlakları (Her Bir Yüzeyde)		Max. Derinlik 5 mm	Max. Derinlik 3 mm	Max. Derinlik 2 mm
	İç Çatlaklar		Örneklerin %10' nda	Örneklerin %5'inde	Örneklerin %2'sinde
	Uç Çatlakları (Örneklerin %90'ında)	d≤40 mm	Max. Uzunluk 200 mm	Max. Uzunluk 100 mm	Max. Uzunluk 50 mm
		d>40 mm	300 mm	200 mm	100 mm
Şekil Değişmeleri		Daralma anizotropısından kaynaklanan şekil değişimleri kabul edilir. Fakat düzensiz çıtalama ve istiflemeyen kaynaklanan şekil değişimleri kabul edilmez.			

sonuç rutubeti arasındaki sapmaya göre, hemde münferit rutubet değerlerinin hedef sonuç rutubetinden sapmasına göre E (Exclusive) kalite sınıfına ulaşıldığı belirlenmiştir. 1,5 m/s hava hareket hızının denetlendiği kurutmada ise, ortalama rutubet %8,3, münferit rutubet değerlerinden en büyük değer %10,6, en küçük değer %5,9 olarak bulunmuştur. Bu değerler tablo ile karşılaştırıldığında, hem ortalama rutubet ile hedef sonuç rutubeti arasındaki sapmaya göre, hemde münferit rutubet değerlerinin hedef sonuç rutubetinden sapmasına göre E kalite sınıfına ulaşıldığı belirlenmiştir.

4.1.3 Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)

Bu işlem kurutma tamamlandıktan hemen sonra ve 24 saat sonra olmak üzere iki aşamada yapılmıştır. Her iki hava hareket hızında da, ilk ve ikinci ölçümlerde çatal uçlarının 1. bölgede kaldığı, yani hafif dış sertleşme olduğu belirlenmiştir. Yani her iki hava hareket hızı için de E kalite sınıfına ulaşılmıştır.

4.1.4 Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmeleri

Her iki kurutmada da reçine sızması dışında belirgin bir kusura raslanmamıştır. Bu nedenle her iki kurutmada da, çatlaklar, kollaps ve şekil değişmeleri bakımından E kalite sınıfına ulaşıldığı söylenebilir.

4.2 Fırın Boyutları İle İlgili Sonuçlar

4.2.1 Kurutma Süresi

Fırın boyutları 10x9x4,3 m olan yaklaşık 100 m³'lük kurutma fırınında kurutma işlemi, %60 başlangıç rutubetinden %10 sonuç rutubetine kadar 12 saat ısıtma, 1320 saat esas kurutma ve 48 saat denkleştirme olmak üzere toplam 1380 saat sürmüştür. Fırın boyutları 5,7x12x5,2 m olan yaklaşık 70 m³'lük kurutma fırınında kurutma, başlangıç rutubeti, sonuç rutubeti, ısıtma ve denkleştirme süreleri aynı olmak üzere esas kurutma 1490 saat, toplam kurutma ise 1550 saat sürmüştür.

4.2.2 Sonuç Rutubeti

5,7x12x5,2 boyutlarındaki fırından alınan sonuç rutubeti örneklerinde yapılan ölçümlerde ortalama sonuç rutubeti %10,9 bulunmuştur. Ölçümlerde maksimum %13,7, minimum %6,2 rutubet değerleri saptanmıştır. Bu sonuçlara göre ortalama rutubet değeri bakımından E kalite düzeyine ulaşılmıştır. Fakat münferit değerler bakımından ancak Q (quality dried) kalite düzeyine ulaşılabilmektedir. 10x9x4,3 m boyutlarındaki fırından alınan sonuç rutubeti örneklerinde yapılan ölçümlerde ise ortalama sonuç rutubeti %9,7, maksimum değer %12,1 ve minimum değer %7,8 bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, hem sonuç rutubeti ve hemde münferit rutubet değerleri bakımından E kalite düzeyine ulaşıldığı söylenebilir.

4.2.3 Kuruma Gerilmeleri (Dış Sertleşme)

Her iki fırından alınan örnek kerestelerden elde edilen çatal örneklerle yapılan ölçümler sonucunda gerek ilk ölçümde ve gerekse 24 saat sonraki ölçümde hafif derecede dış sertleşme görülmüş, buna göre Q kalite sınıfına ulaşılmıştır.

4.2.4 Çatlaklar, Kollaps ve Şekil Değişmeleri

Her iki kurutmada da fırın genelini esas alan gözle muayene de kollapsa raslanmamış, enine kesitlerde önemsiz kılcal çatlaklar görülmüş, istifleme ve çıtalamadan kaynaklanmayan, kerestenin tomruktan alındığı yerle ilgili olarak önemsiz oranda oluklaşmaya rastlanmıştır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ulaşılan bu sonuçlara göre, fırın boyutlarının artması ve hava hareket hızının düşmesi durumunda, kurutma süresinin uzadığı, kurutma kalitesinde düştüğü söylenebilir.

5.1 Hava Hareket Hızı İle İlgili Değerlendirme

Yapılan ölçümlere göre; hava hareket hızının 2,5 m/s den 1,5 m/s ye düşmesi durumunda esas kurutma süresinin yaklaşık %7 uzadığı görülmektedir.

Ulaşılan sonuç rutubetlerini değerlendirecek olursak; her iki hava hareket hızında da aynı kalite düzeyine ulaşılması, ilk etapta hava hareket hızının sonuç rutubeti dağılımını etkilemediği ve her iki hava hareket hızı içinde aynı denkleştirme periyodunun uygulanmasının yeterli olacağı ifade edilebilir. Ancak ortaya çıkan reel değerler birbiri ile karşılaştırılacak olursa, özellikle münferit rutubet değerleri bazında ortaya çıkan sapmanın düşük hava hareket hızında daha fazla olduğu ve buda düşük hava hızlarında daha homojen kurutma için daha uzun süre denkleştirme yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kuruma gerilmeleri, çatlak, kollaps ve şekil değişmeleri ile ilgili sonuçlar, hava hareket hızındaki 1 m/s lik farkın belirlenen bu kusurlar üzerine fazla etkili olamadığını göstermektedir. Fakat bu çalışmada tam olarak ortaya çıkmamakla birlikte, bilinmektedir ki, düşük hava hızları kullanılarak yapılan kurutma da kurutma süresi uzamakla birlikte, kurutma kalitesi artmaktadır.

ÖRS(1986) da, başlangıç rutubetinden %25 rutubete kadar hava hareket hızının artması ile kurutma süresinin azaldığı, %25 den sonuç rutubetine kadar ise etkili olmadığı belirtilmiştir. Kurutmanın ilk periyodunda hava hızının kurutma süresi üzerine etkisini belirlemek için 25 mm kalınlıktaki çam kerestesi ile yapılan çalışmada, hava hızının 0,1 m/s den 0,75 m/s ye yükseltildiğinde kuruma süresi yarı yarıya azalırken, 1 m/s den 2 m/s ye yükselirken daha az azaldığı belirlenmiştir(ÖRS 1986). Buna göre, bu çalışmada ortaya çıkan %7 lik süre uzamasının özellikle %40 dan %25 e kadar olan periyotta meydana geldiği söylenebilir.

HILDEBRAND (1979) a göre, genel olarak 2 m /s civarındaki hızın yeterli olduğu, 3 m/s ve daha yüksek hava hızlarının ancak özel hallerde ekonomik olabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca kereste ne kadar kalın ve başlangıç rutubeti ile havanın sıcaklığı ne kadar az olursa hava hızındaki artışın o kadar önemsiz olacağı vurgulanmaktadır.

EİCHLER (1970) e göre, pratikteki tecrübeler, hava hareket hızının 6-15 m/s ye yükseltilmesi halinde bile, kerestenin kalitesinde düşme meydana getirmeden kurutma yapılacağı göstermiştir.

Bir fikir vermek amacı ile BOLLMANN(1984) tarafından, uygulanan sıcaklıklara uygun olan hava hızları aşağıdaki gibi öngörülmektedir.

1. Uygulana sıcaklığın 25-50°C olduğu kondenzasyonlu kurutmada 1,3-1,8 m/s.
2. Sıcaklığın 45-95°C olduğu klasik kurutmada;
 - Hızlı kurutma için 2,5-3,5 m/s

- Orta hızda kurutma için 2,2-3 m/s.
- Koruyucu kurutma için 1,3-2 m/s.

3. Sıcaklığın 100°C den büyük olduğu kurutmada 4-6 m/s.

Yine BOLLMANN (1984) e göre 0-5 m/s hava hızı aralığında, hava hızı artışı ile süre azalması arasındaki ilişkinin, grafiksel olarak doğrusala yakın bir yay meydana getirdiği belirtilmektedir.

VORREİTER (1958) e göre, hava hareket hızının kurutma süresi üzerine etkisi matematiksel olarak aşağıdaki şekilde tespit edilmektedir.

$$Z_2 = Z_1(w_1/w_2)^{0.6}$$

Burada z kurutma süresi(saat), w hava hareket hızı(m/s)dir.

5.2 Fırın Boyutları İle İlgili Değerlendirme

Her şeyden önce bilinmelidir ki; fırın boyutlarının kurutmanın kalitesi ve süresi üzerine etkisi, fırının değişik noktalarında hava hızının ve diğer kurutma faktörlerinin farklı seyretmesinden kaynaklanmaktadır. Fırın boyutları havanın istif içinde katettiği yol bakımından önemlidir. Yolu uzatan fırın dizaynı ve boyutlar kurutmayı uzatır. Özellikle yükseklik ve genişlik bazında üst sınırların zorlanması durumunda, havanın istife girişteki hızı ile çıkıştaki hızı arasındaki fark artmakta ve çift yönlü sirkülasyonda ortada kalan istiflerde hava hızı çok düşmektedir. Böylece bu bölgedeki kerestelerin kuruması yavaşlamaktadır. Aynı şekilde, düşey sirkülasyonda yüksekliğin gereğinden fazla olması durumunda da, üst istiflerde hava hızı düşmekte, böylece üst istiflerin kuruması yavaşlamaktadır. Yapılan incelemede genişliği 12 m olan fırında istiflerin toplam genişliği (havanın istifler içinde katettiği yatay mesafe) 8.3 m, genişliği 9 m olan fırında ise 6,6 m ölçülmüştür. Toplam yüksekliği 5,2 m olan fırında toplam istif yüksekliği 4 m, toplam yüksekliği 4,3 m olan fırında ise 3 m olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde hava hızı, toplam istif yüksekliği 4 m olan fırında, havanın istife giriş kısmında yerden 3,5 m yükseklikte 1,7 m/s; 2 m yükseklikte 3 m/s ve 0,5 m yükseklikte 3,3 m/s bulunmuştur. Havanın istiften çıkış kısmında ise bu değerler sırasıyla, 0,77 m/s; 0,9 m/s ve 0,99 m/s olarak gerçekleşmiştir. Toplam istif yüksekliği 3 m olan fırında ise giriş kısmında, 2,5 m yükseklikte 2,6 m/s, 1,5 m yükseklikte 3,2 m/s ve 0,5 m yükseklikte 3,4 m/s olarak gerçekleşmiştir. Çıkış kısmında ise sırasıyla 1,2 m/s, 1,4 m/s ve 1,3 m/s şeklinde gerçekleşmiştir.

Bütün bu bilgiler ışığında; yapılan kurutma denemelerinde, boyutları(genişliği ve yüksekliği) büyük olan fırında kurutma süresinin boyutları küçük olana göre yaklaşık % 11 oranında yüksek gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca münferit rutubet ölçümlerinde de ortaya çıkan dağılımın küçük boyutlu fırında daha dar olduğu, dolayısı ile özellikle münferit rutubet değerleri bakımından küçük boyutlu fırında kurutma kalitesinin daha iyi olduğu söylenebilir. Bu noktada; büyük boyutlu fırında hava hızının homojen olmamasından dolayı, denkleştirme periyodunun uzatılması ile de kalitenin iyileştirilmesinin çok zor olacağı söylenebilir. Bu nedenle çok dar rutubet dağılımının öngörüldüğü özel kurutmalarda bu tip büyük boyutlu kurutma fırınlarının kullanılmasının uygun olmayacağı kabul edilmektedir.

Kurutma gerilmeleri, çatlak, kollaps ve şekil değişimleri bazında belirgin farkların gözlenmediği, dolayısı ile yükseklik ve genişlik farklarının bu yönde etkisinin belirgin olmadığı görülmektedir.

Ortalama hava hızının 0,7 m/s olarak uygulandığı bir araştırmada 27 mm kalınlığında kayın kerestesinin kurutulması sırasında, farklı hava hızlarında istifin hava giriş ve çıkış tarafındaki kerestelerin rutubet değerleri incelenmiştir. Sonuçta, hava hızı arttıka istifin her tarafında kerestelerin homojen kurutulmasının kolaylaştığı belirlenmiştir(ÖRS 1986). Bařka bir araştırmada hava hızının en az 1 m/s ve toplam istif genişliğinin 1,5 m olduğu kurutma denemelerinde homojen kurutmanın maksimum düzeyde sağlanabildiği ifade edilmektedir(ÖRS 1986).

Yapılan araştırmalar ve uygulanan kurutma sonuçları göstermiştir ki; büyük boyutlu fırınlarda, hava hızının bazı bölgelerde düşük gerçekteşmesinden dolayı(1,3 m/s ye yakın) kurutmanın özellikle düşük sıcaklığın uygulandığı ilk basamaklarında kerestelerde yüzeysel küflenmeler meydana gelmekte, oluşan renk problemleri nedeniyle kereste kalitesi düşmektedir. Bu problem özellikle kayın kerestesinin kurutulmasında sıkça yaşanmaktadır. Bu durum büyük boyutlu kurutma fırınlarının diğer bir sakıncasıdır. Bu bakımdan mümkün olduğu küçük boyutlu fırınların tercih edilmesi daha akılcı olacaktır.

THE EFFECT OF KILN SIZE AND AIR FLOW RATE ON DRYING QUALITY AND TIME IN KILN DRYING

Y. Doç. Dr. Öner ÜNSAL

Abstract

This study was performed in order to find the effects of kiln size and air flow rate on the drying quality and duration. It was found that in pine lumber (50 mm thickness), a decrease in air speed from 2,5 m/sec to 1,5 m/sec caused a 7% increase in drying duration to reduce moisture content (M.C) from 40% to 8%. However, the drying quality was the same. In oak lumber (50mm thickness) when the kiln width was increased from 9m to 12meters and the height from 3,3m to 4,2meters, 11% extra drying time was required to decrease the M.C. from 60% to 10%. It was also found that the M.C. distribution was narrower in small sized kiln, but no difference was detected in drying quality caused by kiln size.

SUMMARY

The quantity of drying kilns have increased especially for ten years due to industrial developments in Turkey. But the kilns constructed are not ideal for the drying purposes in the country. On the other hand the features of an ideal kiln are not known exactly.

This study sought the effects of kiln size and air flow rate on drying quality and time in kiln drying.

Following general informations on the subject, in the material and method section, applied drying programs and air flow rates, kiln size and statistical evaluation of the results, and all the other procedures were presented .

In the result section the results indicating the effects of air speed and kiln size on drying quality and time were shown.

In the pine lumber (50 mm thickness) drying time increased about 7% in order to reduce moisture content from 40% to 8% decreasing air speed from 2,5 m/s to 1,5 m/s, but the air flow rate on drying quality was ineffective.

In the oak lumber (50 mm thickness) drying period of time increased about 11% to reduce M.C. from 60% to 10% increasing width of kiln from 9 m to 12 m and height from 3,3 m to 4,2 m and it was found that the range of M.C. distribution was narrower in small sized kiln, but the effect of kiln size on drying defects was not found.

In the discussion and results section, the results were compared with the values from the literature.

KAYNAKLAR

- BOLLMANN, L., 1984: Leitfaden der Schnittholz-trocknung. L. Bollmann KG Maschinenfabrik, 7703 Rielasingen. 77 Singen
- EDG, 1992: Recommendation on Assesment of Drying Quality of Timber, European Drying Group, Hamburg.
- EICHLER, H., 1970: Tachenbuch der Holztechnologie. VEB Fahbuchverlag, Leipzig.
- FESSEL, F., 1965: Troknungin Dampf-Luft Gemischen. Holz-trocknung. Holzwirtschaftliches Jahrbuch Nr. 15
- HILDEBRAND, 1979: Die Schnittholz-trocknung
- KANTAY, R., 1993: Kereste Kurutma ve Buharlama, Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın No: 6, İSTANBUL
- ÖRS, Y., 1986: Kurutma ve Buharlama Tekniği, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Teksirleri Serisi No. 15, TRABZON
- VORREITER, V., 1958: Holztechnologisches Handbuch Bd. 2, Wien und München