



## Çevre Dostu Kereste Kurutma Teknolojileri: Yüksek Frekans ve Mikrodalga

Öner ÜNSAL<sup>1,\*</sup>, Cengiz GÜLER<sup>2</sup>, Burak DİLEK<sup>3</sup>, Hızır Volkan GÖRGÜN<sup>4</sup>,

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bahçeköy, İstanbul

<sup>2</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Düzce

<sup>3</sup> Recep Sivrikaya Orman, Ürünleri, Ltd. Şti. Düzce

<sup>4</sup> İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Bahçeköy, İstanbul

\*İletişim yazarı: onsal@istanbul.edu.tr

### Özet

Katma değerli olmasına karşın kurutulması güç ağaç türlerinin kalın kerestelerinin, klasik kurutma metoduyla çok uzun sürelerde kurutulabilmesi ve istenen kalite düzeylerinin tam olarak elde edilememesi nedeniyle günümüzde Yüksek Frekans (YF) ve Mikrodalga (MD) kurutma yöntemleri kendini göstermiş durumdadır. Bu çalışmayla, geçmişte özellikle yatırım maliyetleri ve teknolojik altyapı zorlukları nedeniyle yaygınlaşamayan YF ve MD kurutma teknolojileriyle, güç kuruyan ağaç türlerinin kurutulması ve ortaya çıkan sonuçların diğer teknik kurutma yöntemleriyle karşılaştırmalı olarak her yönüyle ele alınması amaçlanmaktadır. Çalışmada; öncelikle bu kurutma teknolojileri hakkında genel bilgi verilmiş, günümüze kadar yapılan orijinal çalışmalar özetlendikten sonra, klasik yöntemle kurutulmasında önemli zorluklar bulunan, kurutma süresi çok uzun olan veya hiç kurutulamayan kalın Meşe, Ceviz (Dipçik taslağı), Kayın, Iroko gibi ağaç türlerinin kalın kerestelerinin kurutulması denemelerinden elde edilen sonuçlar ortaya konmuş, son bölümde ise elde edilen bu sonuçlar, işletme giderleri, ortaya çıkan kurutma süreleri ve kalite düzeyleri bağlamında ele alınmıştır. Ayrıca her iki yöntemle de ağaç malzemenin çıkan ve geri kazanımı mümkün olan katışıksız suyun, ağırlıklı olarak temizlik ürünlerinde değerlendirme olanakları konusunda ortaya konan somut sonuçlara vurgu yapılmıştır. Yine aynı yöntemin, kereste kurutma dışında, özellikle tarımsal ve gıda atıklarının kurutulması ve akabinde geri kazanımı noktasında sunduğu artılar üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek frekans, Mikrodalga, Kurutma ekonomisi, Kurutma kalitesi, Teknik kurutma

## Environmental Friendly Lumber Drying Technologies: High Frequency and Microwave

### Abstract

Today, High Frequency and Microwave drying methods were established because of long drying times and imperfect drying performance of hard drying tree species and their thick lumbers dried in conventional kilns. Through this study, the submission of all behaviors and performance of these drying methods by comparing with each other and also with the other drying methods was aimed. In the mentioned study, primarily general information on these two methods were given, after summary of some original scientific studies, experimental results on drying of some hard drying tree species such as Oak, Iroko, Walnut (gunstock) and Beech were given, and finally this results were concluded relating to their operating expenses, drying times and i.e. drying economy. In the final, another possibilities of these drying methods such as water recovery and its usage in cleaning materials, drying of agricultural and food wastes and also their advantages were discussed.

**Keywords:** High frequency, Microwave, Drying economy, Drying quality, Conventional drying

## 1. GİRİŞ

Kereste kurutmada günümüzde en çok uygulanan yöntemler klasik, kondenzasyonlu ve vakumlu kurutma yöntemidir. Çok yaygın olmamasına karşın bu yöntemler dışında yüksek sıcaklık, yüksek frekans (YF) ve mikrodalga (MD) ile kurutma yöntemleri de uygulanmaktadır. Kereste kurutmada YF, MD gibi frekans-esaslı kurutma yöntemlerinin avantajı, diğer yöntemlere oranla çok daha kısa sürede kurutma yapılabilmesiyle birlikte, kurutma kusurlarının da minimize edilebilmesidir. Frekans-esaslı yöntemleri birbirinden ayıran en önemli farkı, ısıtma için kullanılan elektrik akımının dalga özellikleridir. Bu yöntemlerden MD yönteminde 915 MHz, 2450 MHz ve 5800 MHz frekansları tercih edilirken, YF yönteminde ise 13,56 MHz ve 27,12 MHz frekansları tercih edilmektedir (Resch 2006; Antti 1995).

Günümüzde kullanılan endüstriyel kurutma uygulamalarında ağaç malzemenin ısıtılması, malzeme yüzeyinden iç kısımlara doğru olmaktadır. Frekans-esaslı yöntemlerde ise ısıtma malzemenin iç kısmındaki yüksek rutubetin olduğu yerden başlamakta, sonrasında yüzeye doğru ilerlemektedir. Böylece ısıtma çok daha hızlı gerçekleşmektedir ve bununla birlikte kurutma süresi önemli derecede kısalırken, kurutma kalitesi de korunmaktadır. Bu tür sistemlerde elektromanyetik enerji ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır ve ayrıca düşük ortam sıcaklığı ve nispeten soğuk ağaç malzeme yüzeyleri sebebiyle, ağaç malzemenin fırına ısı transferi sebebiyle ısı kayıpları da meydana gelmemektedir.

Teorik olarak frekans-esaslı kurutmada, kuruyan malzemenin durumuna göre iki ayrı yöntem kullanılmaktadır; statik ve dinamik. Statik YF metodunda, keresteler çıtasız istifleme yöntemiyle istiflenerek silindirik bir otoklavın içerisine yerleştirilmektedir. Otoklavın üst kısmından uygulanan baskı ile birbirlerine sıkı bir şekilde temas halinde olan kerestelerin arasına belirli bir sıklıkta metal plakalar yerleştirilmektedir. Statik MD metodunda ise, keresteler çıtalı olarak prizmatik bir fırında istiflenmektedir. Kurutma sırasında keresteler sabit dururken, mikrodalga üreten magnetron başlıkları ise kurutma sırasında düşey doğrultuda (fırın içerisinde) hareket etmektedir.

Frekans-esaslı yöntemlerde malzemenin kurutulması için üç farklı yöntem kullanılmaktadır; kaynatma metodu, yüksek sıcaklık metodu ve sıcaklık eğimi yöntemi. Sıcaklık eğimi yöntemi, özellikle kerestelerde meydana gelen kurutma kusurlarının önlenmesi için geliştirilmiştir. Düşük güç konsantrasyonu, fırın içerisinde nispeten soğuk bir hava dolaşımını sağlarken, ağaç malzemenin iç kısımlarını suyun kaynama noktası altındaki sıcaklıklarda tutmaktadır. Bununla birlikte, oluşan sıcaklık ve buhar basıncı eğimleri, kaynatma metoduna göre kurumunun daha yavaş ve daha yüksek maliyetli olmasına neden olmaktadır (Miller 1966).

Frekans-esaslı (dielektrik ısıtma) yöntemler, kurutma etkinliklerini arttırmak için vakum, kondenzasyon gibi diğer geleneksel yöntemlerle kombine edilebilmektedir. Örneğin Yüksek Frekans-Vakum (YF-V) kurutma teknolojisi, yüksek frekans akımı ile ısıtma ve basıncın azaltılmasıyla kaynama noktasını düşürmek için vakum uygulaması olmak üzere iki ayrı metodun kombinasyonundan oluşmaktadır. Bir başka örnekte ise Mikrodalga-Kondenzasyon (MD-K) kurutma teknolojisi, ısıtma için mikrodalga akımı ve kurutma için ortam atmosferinin nemini almak için kullanılan kondenzasyon yönteminin kombinasyonundan oluşmaktadır. Sonuç olarak, daha düşük kurutma süreleri için ağaç malzemenin çıkan suyun hareketinin artırılması, atmosferik şartlarda da sağlanabilmektedir (Resch 2003).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Ak Meşe, Ceviz, Iroko ve Kayın gibi güç kuruyan ağaç türlerinin kalın keresteleri kullanılmıştır. Keresteler iki ayrı frekans-esaslı yöntemle kurutulmuştur. YF metodu, vakum kombinasyonu ile birlikte kullanılmıştır ve 13,56 MHz dalga frekansı tercih edilmiştir (Şekil 1). Diğer yandan, MD metodu kondenzasyon cihazı ile birlikte kullanılmıştır ve 2455 MHz dalga frekansı tercih edilmiştir (Şekil 2). YF metodunda kullanılan fırının kapasitesi yaklaşık 20m<sup>3</sup> iken, MD yönteminde kullanılan fırının kapasitesi ise yaklaşık 4m<sup>3</sup> 'tür. Her iki kurutma yöntemi de tam otomatik olarak çalışan bir kurutma otomasyonu ile kontrol edilmiştir. Kereste rutubetleri ve diğer kurutma parametreleri bu otomasyon ile kontrol edilmiştir.



**Şekil 1.** YF-V Kurutmanın Genel Görünümü ve Kerestelerin Fırın İçerisindeki Durumu (Recep Sivrikaya co., Düzce-Türkiye)



**Şekil 2.** MD-K Kurutmanın Genel Görünümü ve Fırının İç Yapısı (Recep Sivrikaya Ltd. Şti., Düzce-Türkiye)

### 3. BULGULAR

YF-V metodunda gerçekleşen kurutmanın sonuçları Tablo 1'de ve MD-K metodunda gerçekleşen kurutmanın sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Kurutmada kullanılan kerestelerin türleri ve kalınlıkları da tablolarda belirtilmiştir.

**Tablo 1.** YF-V Metodunda Bazı Ağaç Türleri İçin Kurutma Parametreleri ve Enerji Maliyetleri

Ağaç Türleri	Kereste Kalınlıkları (mm)	Başlangıç Rutubeti (%)	Sonuç Rutubeti (%)	Kurutma Süresi (saat)	1 m <sup>3</sup> keresteyi kurutmak için gereken enerji (kWh/m <sup>3</sup> )
Ak Meşe	60	65	8-15	298	776
Ceviz (Dipçik)	78	85	7-17	192	549
Iroko, Kayın	110	75	8-15	216	606

**Tablo 2.** MD-K Metodunda Bazı Ağaç Türleri İçin Kurutma Parametreleri

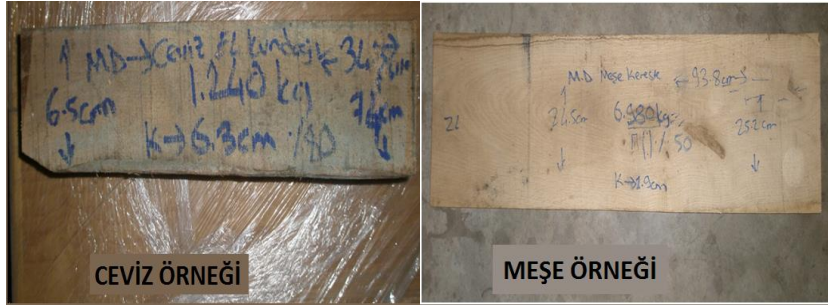
Ağaç Türleri	Kereste Kalınlıkları (mm)	Başlangıç Rutubeti (%)	Sonuç Rutubeti (%)	Kurutma Süresi (saat)	Enerji Tüketimi* (kW)
Ak Meşe	25	50	12	166	996
Ak Meşe	50	50	13-15	209	1254
Ceviz(El Kundağı)	75	80	15	142	852
Ceviz(El Kundağı)	75	60	11	142	852
Ceviz (Dipçik)	75	82	16	190	1140
Ceviz (Dipçik)	75	93	19	209	1254

\* Not: MD-K fırını için enerji tüketimi 6kWh'tir.

Sonuçlar, benzer kalınlıklara ve benzer başlangıç rutubetlerine sahip olan Ceviz (Dipçik) kerestelerinin her iki yöntemde de benzer sonuç rutubetine ulaştığını ve her iki yöntemde de kerestelerin benzer sürelerde kurutulduğunu göstermektedir. Sonuç rutubetlerine bakıldığı takdirde, YF-V yöntemi ile daha düşük rutubetlere ulaşılabilirdi ancak bütün benzer rutubetlere ulaşmadığı da görülmektedir. Ayrıca bütün kurutma denemelerinde, yüzey çatlaklarına ve bal peteği oluşumu riskinin beklenmesine karşın, bahsedilen kusurların hiçbirini meydana gelmemiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).



Şekil 3. Kurutma öncesinde MD-K Fırınındaki Ceviz ve Meşe Örnekleri (Recep Sivrikaya Ltd. Şti., Düzce-Türkiye)



Şekil 4. Kurutma sonrasında Kusur Oluşmayan Ceviz ve Meşe Örnekleri (Recep Sivrikaya Ltd. Şti., Düzce-Türkiye)

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sert ağaç türlerinin katma değerli ve kalın keresteler geleneksel yöntemlerle uzun kurutma periyotlarıyla ve son kullanım yerini etkileyen kusurlarla gerçekleştirilmektedir. Ekonomik, çevresel faktörleri de içerisine alan daha geniş bir perspektiften bakıldığı takdirde, bu olumsuz sonuçların etkisinin daha da arttığı görülecektir. Gelişen teknolojiye ve çok disiplinli çalışmalara bağlı olarak, frekans-esaslı yöntemler gibi alternatif kurutma yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada, bazı sert ağaç keresteleri iki ayrı frekans-esaslı yöntem kullanılarak kurutulmuş ve sonuçları hem ürün bazında hem de çevresel ve ekonomik açıdan incelenmiştir.

Kurutma sonuçlarının yer aldığı tablolara bakıldığı takdirde, toplam kurutma periyotlarının MD-K yönteminde daha kısa olduğu görülmektedir. Bu durum, uygulanan farklı dalga uzunlukları ile açıklanabilir. Çünkü elektromanyetik akım penetrasyonu, artan dalga boyuna bağlı olarak artmaktadır (Antti 1995). Radyo frekans kurutma ile çalışan çok sayıda araştırmacı, ağaç malzemedeki enerjinin dağılımında radyo frekansının, mikrodalga ısıtmaya göre daha az efektif olduğunu kanıtlamıştır. Mikrodalgada dalga boyu daha kısa olduğundan etkili olduğu alan daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir ve bunun sonucunda daha az enerji gereksinimiyle daha hızlı kurutma gerçekleştirilmektedir (Leiker ve Adamska 2004).

Sonuç olarak, her iki kurutmaya da daha geniş perspektiften bakıldığı takdirde:

- Azalan kurutma süreleri ve kaliteli kurutmalar, yöntemler kombine edildiği takdirde elde edilebilmektedir.
- Azalan süreler, daha fazla kerestenin kurutulabilmesini ve doğal olarak daha fazla kerestenin piyasaya sunulabilmesi anlamını taşımaktadır. Bu durum işletme ekonomisine olumlu katkılar sağlamaktadır.
- Ağaç malzemenin doğal renginin bu yöntemlerle korunabilmesi, kurutma kalitesine olumlu katkılar sağlamaktadır.
- Kerestenin iç kısımlarından buhar difüzyonu şeklinde gerçekleşen kurutmalar ve bu kurutmaların düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi, ağaç malzemede kurutmadan kaynaklı stresi oldukça azaltmaktadır. Bu da daha koruyucu kurutmanın yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- Diğer yöntemlerde, güç kuruyan ağaç türlerinin kalın keresteleri kusur oluşturmadan kurutmak çok zordur. Bu tarz yöntemlerin kerestelerde çok daha az kusur oluşturması, hem kurutma kalitesine hem de kurutma ekonomisine olumlu katkı sağlamaktadır.
- Elektrikli efektif bir şekilde kereste kurutmada kullanan bu tarz yöntemler diğer yöntemlere oranla çevreye çok daha az zarar vermektedir. Çünkü geleneksel yöntemlerde gerekli olan ısı, çoğunlukla büyük maliyetler gerektiren merkezlerde, atıkların yakılması sonucu elde edilmektedir. Ahşap kökenli bu yakıtların yakılması sonucu doğaya zararlı gazlar saldığı gibi, bu atıkların daha yararlı bir şekilde kullanılmasına engel teşkil etmektedir. Atıkların daha değerli bir şekilde değerlendirilebilmesi de, çevresel etkinin yanı sıra kurutma ekonomisine olumlu katkı sağlamaktadır.
- Diğer yandan, bu kurutma sistemleri günümüzde sadece kereste kurutmada kullanılmamaktadır. Bu yöntemler zirai ürünler ve diğer organik ürünlerin kurutulmasında da tercih edilebilmektedir.
- Ayrıca her iki yöntemde de ağaç malzemenin içerisinde barındırdığı suyun sıvı olarak elde edilebilmesi ve bu suyun ziraat ve kozmetikte kullanılabilmesi de, bu tür yöntemleri avantajlarındanır.
- Yüksek yatırım maliyetlerine karşın, yukarıda sayılan avantajlar sebebiyle işletme maliyetlerinin düşük olması sebebiyle tercih edilebilmektedir.

Sonuç olarak, bilimsel çalışmalar ve uygulamalı araştırmalar, büyük boyutlu ve güç kuruyan ağaç türlerinin kerestelerin, geleneksel yöntemlere oranla 1/10 sürede ve çok daha az kusurla kurutulabilmesi, frekans-esaslı kurutma yöntemlerini ön plana çıkarmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na (SAN-TEZ, KOSGEB ve Tübitak) finansal destekten dolayı ve Recep SİVRİKAYA şirketine sağladığı ekipmandan dolayı teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Antti, A L (1995): Microwave Drying of Pine and Spruce, Holz als Roh-und Werkstoff 53, 333-338.
- Leiker, M and Adamska A (2004): Energy efficiency and drying rates during vacuum microwave drying of wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 62- 3, 203.
- Miller, D G (1966): Radio-frequency Lumber Drying: Methods, Equipment and Costs. Canad. For. Ind. 86, 6, 53-57.
- Resch, H (2003): High-Frequency Heating Combined With Vacuum Drying of Wood, 8th International IUFRO Wood Drying Conference.
- Resch, H, (2006): High Frequency Electric Current For Drying of Wood - Historical Perspectives, Maderas. Ciencia y tecnologia. 8(2):67-82.
- Schiffmann, R F, (1995): Handbook of Industrial Drying - Chapter 11: Microwave and Dielectric Drying, CRC Press, ISBN 0824789962, 9780824789961.