

# TAM KURU CEVİZ (*Juglans regia* L.) ODUNUNUN ADSORPSİYON ÖZELLİKLERİ

Kemal ÜÇÜNCÜ, Aytaç AYDIN, Taner TAŞDEMİR  
KTÜ Orman Fakültesi – 61080 TRABZON

## ÖZET

Odonun, kullanım yeri iklim koşullarına uygun gelen denge rutubetine kadar kurutularak kullanılmaktadır. Ancak, kurutulan odunlar kullanımdan önce dış iklim koşullarında belirli bir süre beklediğinden, rutubeti uygun denge rutubetinden daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Odonun kullanım öncesi beklediği ortamın iklim koşullarına göre rutubet alma eğiliminin belirlenmesi, kullanım amacı bakımından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye’de yetişen Ceviz (*Juglans regia* L.) ağacının üç farklı kalınlıktaki odununun üç farklı denge rutubeti koşullarında adsorpsiyon özellikleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ceviz, Adsorpsiyon, Kalınlık, Kesit, Denge rutubeti.

## ADSORPTION CHARACTERISTICS OF FULL DRIED WALNUT

### ABSTRACT

Wood has been drying until equilibrium moisture content depend on the climate conditions of applications. But, in practice because dried wood has been waited on outdoor climate condition before the usage, wood moisture has been reached higher value than equilibrium moisture. Determination of the adsorption tendency according to climate conditions of waiting area is important on account of usage aim.

In this study, adsorption properties of walnut had been determined in three different equilibrium moisture conditions of wood that has three different thicknesses.

**Keywords:** Walnut., Adsorption, Thickness, Cross section, Equilibrium moisture content.

## 1. GİRİŞ

Higroskopik yapısı nedeniyle odun, bulunduğu ortamın iklim koşullarının etkisiyle çevresindeki havadan rutubet alarak veya çevresindeki havaya rutubet vererek belirli bir rutubet miktarında dengeye ulaşmaktadır. Uygulamada, higroskopik denge rutubeti hiçbir zaman değişmez bir değerde kalmaz. Bunun nedeni, odunun bulunduğu ortamın iklim koşullarının sürekli değişmesidir. Odonun çevresindeki havaya rutubet vererek higroskopik denge meydana gelinceye kadar kuruması olayına desorpsiyon, nemli ortamda bırakılan odunun havadan rutubet alarak higroskopik dengeye ulaşması olayına da adsorpsiyon denir (Kurtoğlu, 1984; McNaught, 1987; Wu, 2003; URL 1).

Odonun ulaşacağı denge rutubeti üzerinde kurutma sıcaklığı, kurutma sırasındaki basınç veya çekme kuvvetleri, iklim bölgesi, emprenye işlemi etkili olmaktadır. Örneğin, 25 °C sıcaklık ve % 60 bağıl nem koşullarında Avrupa odunları % 11 – 12 rutubet miktarında dengeye ulaşırken, tropik odunlar % 9 – 15 rutubet miktarlarında denge değerine ulaşmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda kurutulan odunlar, basınç etkisindeki odunlar ve emprenye edilmiş odunlar daha düşük rutubet miktarlarında denge rutubetine ulaşırlar (Villière, 1966).

Anizotropik özellikteki odun rutubet alışı sırasında boyutlarını üç ayrı anatomik yönde farklı miktarda değiştirmektedir. Kullanım yerinde odunun anatomik yönlerine bağlı olarak farklı miktarlarda boyut değiştirmesi fonksiyonel yönden önemli şekil bozukluklarına yol açmaktadır (Kolman and Cote, 1968).

Siyah ceviz ve gümüş akça ağacı odunu üzerinde yapılan çalışmada hava hızının 3 m/s' ye kadar çıkması adsorpsiyon oranını önemli ölçüde artırırken bunun üzerinde hızlarda adsorpsiyon azalmaktadır (Rosen, 1978).

Ceviz odunu genellikle mobilya, parke ve işleme özelliklerinin uygun oluşu nedeniyle silah dipçığı yapımında kullanılmaktadır. Kullanım yerinde fonksiyonel şekil bozukluklarının oluşmasına yol açan rutubet değişiminin azaltılması için Ceviz odunu kullanım yeri iklim koşullarına uygun düşen denge rutubeti miktarına kadar kurutulmalıdır. Kurutularak kullanılacak odunun gerek iş akışı veya gerekse kullanım yerinin uzaklığına bağlı olarak taşınmasının gerekli olması nedeniyle belirli bir zaman geçmektedir. Bu süreçte kurutulmuş odun bulunduğu ortam iklim koşullarının etkisiyle kullanım yeri iklim koşullarının gerektirdiği denge rutubetinden daha yüksek rutubet değerlerine kadar rutubet almaktadır. Odunun rutubet yalıtımını sağlayacak biçimde ambalajlanması mümkün olmakla birlikte, bu uygulama önemli işçilik masraflarına yol açmaktadır (URL 2).

Kurutularak kullanılacak odunun kullanımına değin geçen süreçte bulunduğu iklim koşulları etkisinde rutubet alma eğiliminin zamanın fonksiyonu olarak belirlenmesi uygulamada önem taşıyan bir durumdur.

Bu çalışmada, tam kuru ağırlığa kadar kurutulmuş Doğu ladini (*Juglans regia* L.) odunun farklı iklim koşullarında adsorpsiyon özellikleri belirlenmiştir. Tam kuru hale kadar kurutulan 12.5 mm, 25 mm ve 50 mm kalınlıktaki odun örnekleri % 8, % 12 ve % 16 denge rutubeti sağlanan ortamda bekletilerek rutubet alma eğilimleri belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Araştırmada kullanılan odun örnekleri Trabzon Akçaabat Orman İşletme Müdürlüğünden temin edilen Ceviz odunlarından hazırlanmıştır. Odun örneklerinin genişliği 100 mm, uzunluğu 300 mm alınmıştır. Ceviz odun örneklerinin tam kuru özgül ağırlığı  $0.565 \text{ g/cm}^3$ , lif doyunluğu rutubet derecesi % 22 - 24'tür.

Örneklere ilişkin diğer özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Ceviz odunu örnekleri 24'er adet olmak üzere üç gruba ayrılmış, kurutma dolabında tam kuru ağırlığa kadar kurutularak % 8, % 12 ve % 16 denge rutubetinin sağlandığı iklim hücresinde bekletilmiştir.

Tablo 1. Örnek tipleri ve özellikleri

Örnek tipi	Kalınlık	Alınan örnek sayısı
T12.5	12.5 mm	4
R12.5		4
T25	25 mm	4
R25		4
T50	50 mm	4
R50		4

Adsorpsiyon denemelerine ilişkin deney planı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deney planı

Deneme no	İklim koşulları			Örnek sayısı
	t ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Phi$ (%)	DRM (%)	
D1	20	42	8	24
D2	20	65	12	24
D3	20	78	16	24

T (teğet) rutubet akışının teğet yönde olduğunu, R (radyal) ise rutubet akışının radyal yönde olduğunu ifade eder. Kısa odun örneklerinin boyuna yöndeki rutubet akışını yavaşlatmak için enine kesitlere parafin sürülmüştür.

## 2.2. Yöntem

Denemeler % 8, % 12 ve % 16 denge rutubeti için üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Deney örnekleri kurutma dolabında tam kuru ağırlığa kadar kurutularak tam kuru ağırlıkları ( $M_0$ ) belirlenmiş ve iklim hücresinde belirlenen sabit iklim koşullarında bekletilmiştir. Odun örneklerinin zamanın fonksiyonu olarak rutubetli ağırlıkları ( $M_r$ ) günlük tartularla belirlenmiştir. Odunun günlük rutubet miktarları

$$W = (M_r - M_0) / M_0 \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. İklim hücresindeki sıcaklık ve bağıl nem değerleri termohigrografla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. İklim hücresinde ayrıca termometre ile saatlik sıcaklık ölçümleri yapılarak termohigrografla ölçülen sıcaklık kontrol edilmiştir. Günlük sıcaklık ve bağıl nem ortalamaları saatlik değerlerden hesaplanmıştır.

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}; i = 1, 2, \dots, 24 \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}; i = 1, 2, \dots, 24 \quad (3)$$

Günlük sıcaklık ve bağıl nem ortalamalarının ve bunlara bağlı denge rutubetinin % 95 güvenle homojen oldukları belirlenmiştir. Denge rutubeti, sıcaklık ve bağıl nemin fonksiyonu olarak düzenlenmiş desorpsiyon halindeki higroskopik denge rutubeti grafiğinden alınmıştır (Villière, 1966).

Sabit iklim koşullarında bekleyen odun örneklerinin belirli bir andaki rutubet miktarı Fourier kanunundan yararlanılarak

$$W_t = W_0 e^{-bt} \quad (4)$$

eşitliği ile tanımlanmıştır (Dağsöz, 1977; Goswami et al., 1991; Sodha et al., 1985). Burada;  $t$  zamanı (saat),  $W_t$   $t$  anındaki rutubeti (%),  $W_0$  başlangıç rutubetini (%),  $b$  rutubet değişim hızı sabitini göstermektedir. (4) eşitliğinden yararlanılarak adsorpsiyon halinde zamanın fonksiyonu olarak odun rutubetini belirten

$$W_t = (W_0 - aDRM) e^{-bt / \rho_0 e} + aDRM \quad (5)$$

eşitliği elde edilmiştir. Burada;  $DRM$  ortam denge rutubeti miktarını (%),  $\rho_0$  tam kuru odun ağırlığını ( $\text{g/cm}^3$ ),  $e$  odun kalınlığını (mm),  $a$  adsorpsiyon katsayısını göstermektedir.  $W_s$  deneme sonunda odunun ulaştığı sonuç rutubetin olmak üzere adsorpsiyon katsayısı aşağıdaki eşitlikle tanımlanmıştır.

$$a = W_s / DRM \quad (6)$$

Kurutularak kullanılacak odunların dış ortam iklim koşullarında bekletilmesi halinde rutubet değişiminin belirlenmesini sağlayacak ve uygulamada kullanılabilecek  $a$  ve  $b$  katsayıları belirlenmiştir.  $b$  katsayıları  $bt$  (teğet) ve  $br$  (radyal) katsayılarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Adsorpsiyon hızı,  $W_t$   $t$  anındaki (gün) odun rutubeti,  $W_{t-1}$   $t-1$  anındaki (gün) odun rutubeti olmak üzere aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

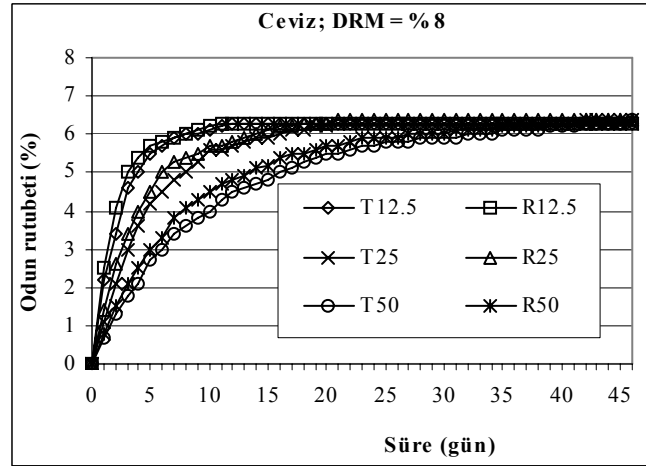
$$U_t = \frac{W_t - W_{t-1}}{t} (\% / \text{gün}) \quad (7)$$

Odun özelliklerinden kesit ve kalınlık ile ortam denge rutubetinin odun rutubeti, odun sonuç rutubeti ve odun sonuç rutubetine ulaşma süresi üzerine etkileri SPSS paket programı ile değerlendirilerek farklılıklar belirlenmiştir.

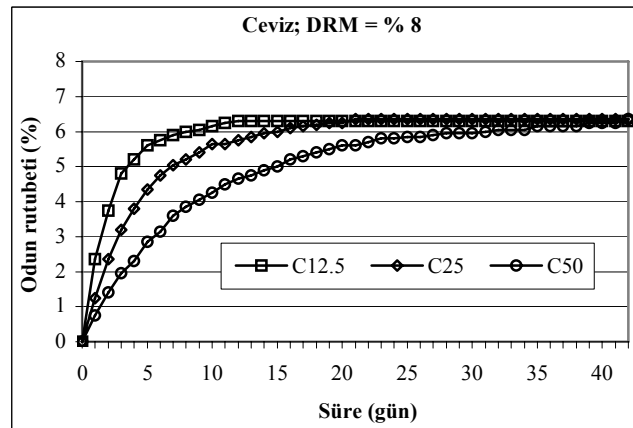
### 3. BULGULAR

Araştırmada %8 ( $T = 20^0 C; \varphi = \%42$ ), %12 ( $T = 20^0 C; \varphi = \%65$ ) ve %16 ( $T = 20^0 C; \varphi = \%78$ ) denge rutubetinin sağlandığı sabit iklim koşullarında Ceviz odununun 12.5 mm, 25 mm ve 50 mm kalınlıkta teğet ve radyal kesilmiş odun örneklerinin rutubetindeki değişim zamanın fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

% 8 sabit denge rutubeti koşullarında Ceviz odununun çeşitlik kalınlık ve kesitlere sahip örneklerinin rutubet değişimi zamanın fonksiyonu olarak Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.

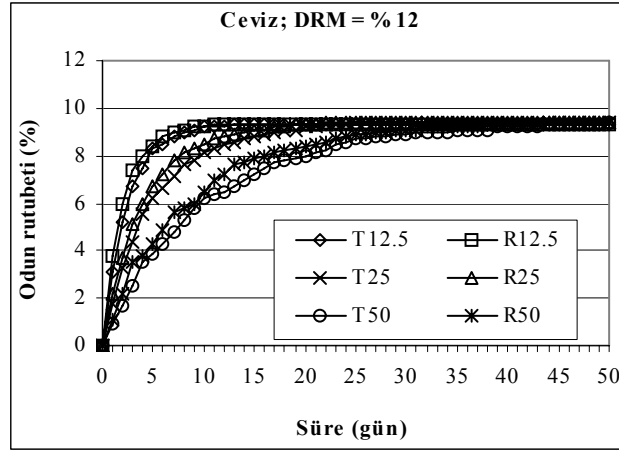


Şekil 1. DRM = % 8 için adsorpsiyon halinde kesit – rutubet ilişkisi

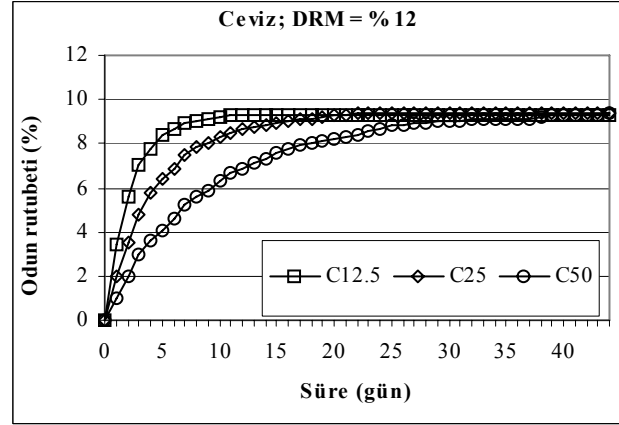


Şekil 2. DRM = % 8 için adsorpsiyon halinde kalınlık – rutubet ilişkisi

% 12 sabit denge rutubeti koşullarında Ceviz odununun çeşitlik kalınlık ve kesitlere sahip örneklerinin rutubet değişimi zamanın fonksiyonu olarak Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir.

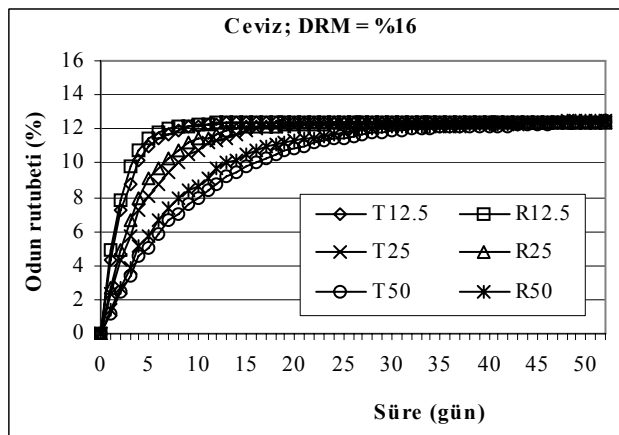


Şekil 3. DRM = % 12 için adsorpsiyon halinde kesit – rutubet ilişkisi

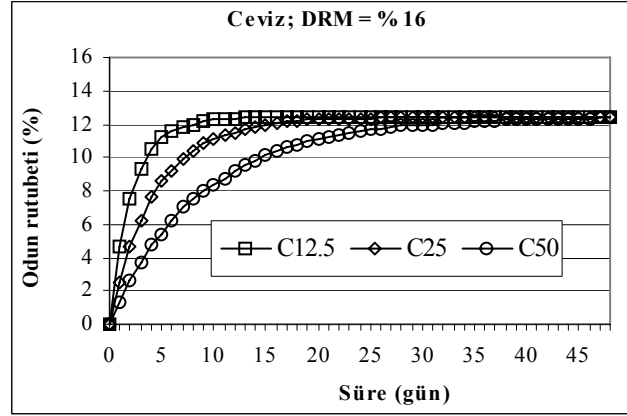


Şekil 4. DRM = % 12 için adsorpsiyon halinde kalınlık – rutubet ilişkisi

% 16 sabit denge rutubeti koşullarında Ceviz odununun çeşitlik kalınlık ve kesitlere sahip örneklerinin rutubet değişimi zamanın fonksiyonu olarak Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



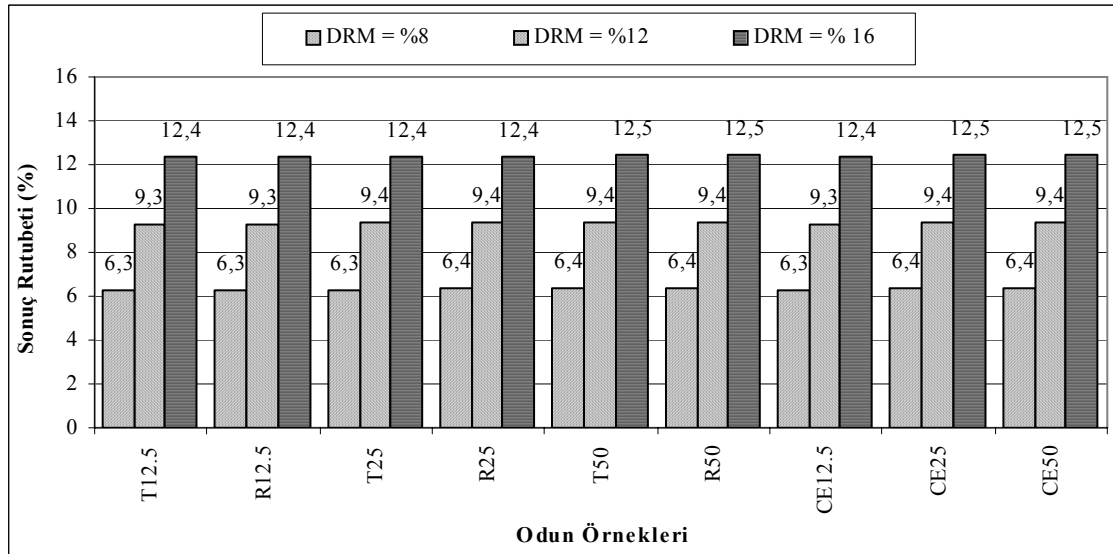
Şekil 5. DRM = % 16 için adsorpsiyon halinde kesit – rutubet ilişkisi



Şekil 6. DRM = % 16 için adsorpsiyon halinde kalınlık – rutubet ilişkisi

Ceviz odunu örnekleri % 8 denge rutubeti koşullarında % 6.3 – 6.4, % 12 denge rutubeti koşullarında % 9.3 – 9.4, % 16 denge rutubeti koşullarında ise % 12.4 – 12.5 arasında sonuç denge rutubetine ulaşmıştır.

Ceviz odununun farklı denge rutubeti iklim koşullarında adsorpsiyon halinde ulaştığı sonuç rutubeti değerleri Şekil 7'de ve sonuç rutubetine ulaşma süreleri Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Odun örneklerinin ulaştıkları sonuç rutubeti değerleri

12.5 mm kalınlıktaki Ceviz kayını odunu;

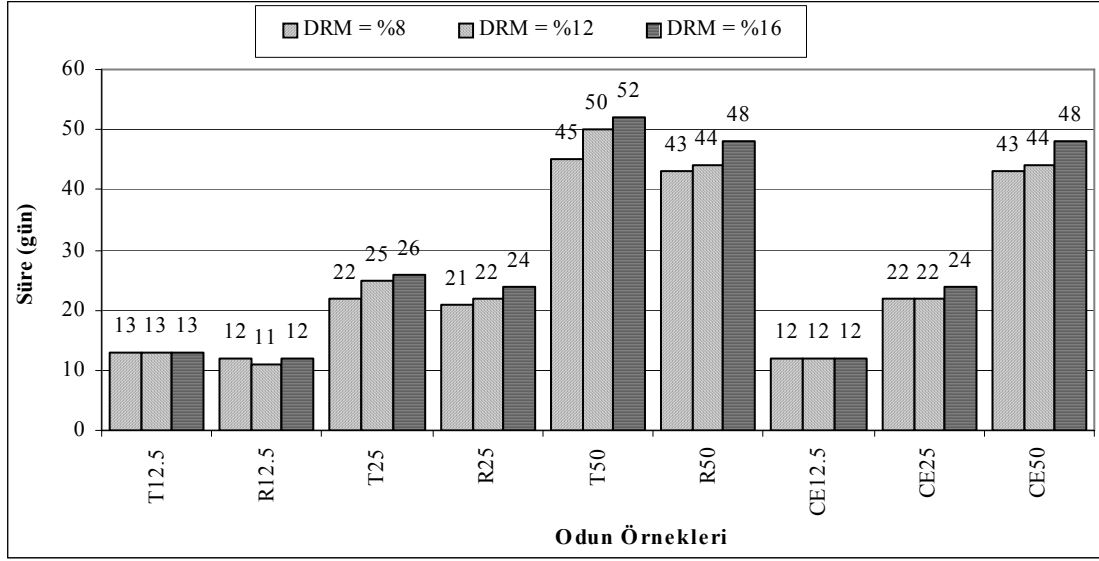
- % 8 denge rutubeti koşullarında 12 günde % 6.3 sonuç denge rutubetine,
- % 12 denge rutubeti koşullarında 12 günde % 9.3 sonuç denge rutubetine ve
- % 16 denge rutubeti koşullarında 12 günde % 12.4 sonuç denge rutubetine ulaşmıştır.

25 mm kalınlıktaki Ceviz odunu;

- % 8 denge rutubeti koşullarında 22 günde % 6.4 sonuç denge rutubetine,
- % 12 denge rutubeti koşullarında 22 günde % 9.4 sonuç denge rutubetine ve
- % 16 denge rutubeti koşullarında 24 günde % 12.5 sonuç denge rutubetine ulaşmıştır.

50 mm kalınlıktaki Ceviz odunu;

- % 8 denge rutubeti koşullarında 43 günde % 6.4 sonuç denge rutubetine,
- % 12 denge rutubeti koşullarında 44 günde % 9.4 sonuç denge rutubetine ve
- % 16 iklim koşullarında 49 günde % 12.5 sonuç denge rutubetine ulaşmıştır.



Şekil 8. Odun örneklerinin sonuç rutubetine ulaşma süreleri

Farklı denge rutubeti koşullarında her kalınlıkta odun rutubeti değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur.

Adsorpsiyon halinde odun rutubeti, sonuç denge rutubeti ve sonuç denge rutubetine ulaşma süreleri üzerinde kalınlık, kesit ve ortam denge rutubetinin etkileri aşağıdaki gibidir:

Odun rutubeti;

- Kesitin odun rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmamıştır.
- Kalınlığın odun rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmuş, 50 mm kalınlıktaki odunların rutubeti bir grup oluştururken, 12.5 mm ve 25 mm kalınlıktaki odun örneklerinin rutubetleri arasında fark bulunmamıştır.
- Denge rutubetinin odun rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmuş, her denge rutubeti halinde odun rutubetleri arasında farkın olduğu görülmüştür.

Odun sonuç rutubeti;

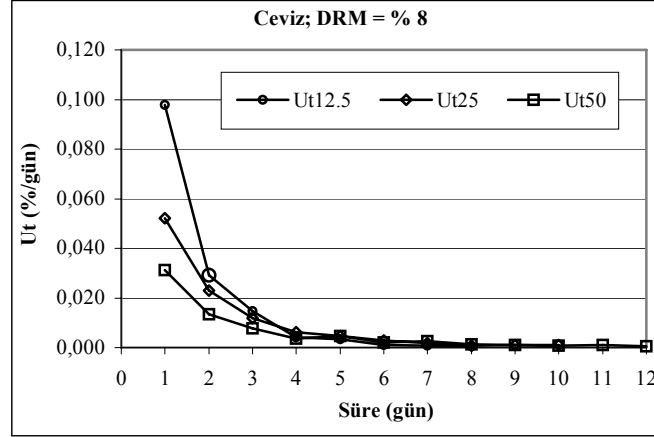
- Kesitin odun sonuç rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmamıştır. Aynı denge rutubeti ve kalınlıktaki odun örneklerinin sonuç denge rutubetleri aynı grupta yer almıştır.
- Kalınlığın odun sonuç rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmamış, aynı denge rutubetinde her kalınlık grubuna ait odun sonuç rutubeti değerleri bir grup oluşturmuştur.
- Denge rutubetinin odun sonuç rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmuş, aynı kalınlıkta her denge rutubeti halindeki sonuç rutubeti değerleri ayrı birer grupta yer almıştır.

Sonuç rutubetine ulaşma süreleri;

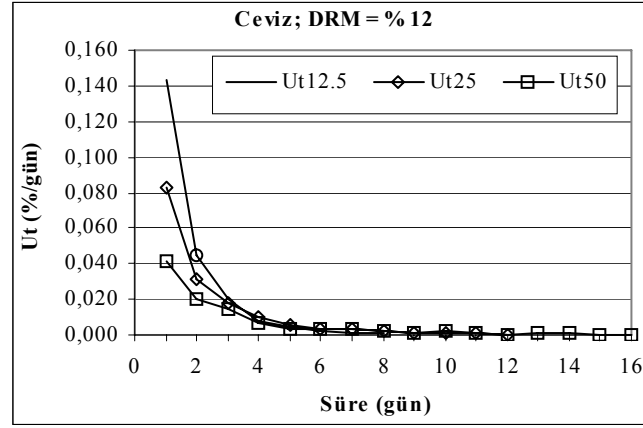
- Kesitin sonuç rutubetine ulaşma süresi üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmamış, aynı kalınlık ve denge rutubetinde farklı kesite ait sonuç rutubeti değerleri aynı grupta yer almıştır.
- Kalınlığın sonuç rutubetine ulaşma süresi üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmuş, aynı denge rutubetinde farklı kalınlıktaki odun sonuç rutubetlerinin farklı gruplarda yer aldığı görülmüştür.
- Denge rutubetinin sonuç rutubeti üzerine etkisi % 95 güvenle anlamlı bulunmamış, aynı kalınlıklarda farklı denge rutubeti koşullarında odun sonuç rutubetleri aynı grupta yer almıştır.

Ceviz odununun adsorpsiyon hızları odun kalınlıklarına bağlı olarak hesaplanmış ve zamanın fonksiyonu olarak farklı denge rutubeti değerleri için Şekil 9 – 11’de gösterilmiştir. Kalınlık ve denge rutubeti adsorpsiyon hızı üzerinde etkili olup, artan denge rutubeti ve azalan kalınlık ile birlikte adsorpsiyon hızı artmaktadır.

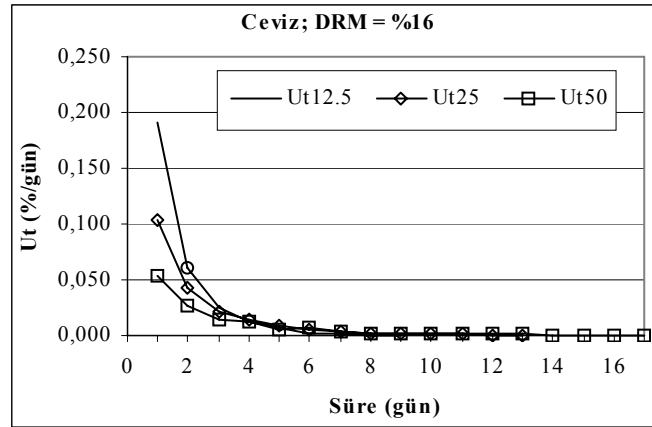
Ceviz odununun farklı kesit ve kalınlıktaki örneklerinin farklı iklim koşullarında adsorpsiyonuna ilişkin a ve b katsayıları Tablo 3’de verilmiştir.



Şekil 9. DRM = % 8 için adsorpsiyon hızı



Şekil 10. DRM = % 12 için adsorpsiyon hızı



Şekil 11. DRM = % 16 için adsorpsiyon hızı

Tablo 3. Denklem katsayıları

Katsayılar	$b_t$	$b_r$	b	a
X (Ortalama)	0,122	0,146	0,134	0,784
S (Standart sapma)	0,005	0,005	0,005	0,009



Tablo 3’de görüldüğü gibi, tam kuru hale kadar kurutulmuş ceviz odunları bulunduğu ortamın denge rutubetine bağlı olarak

$$W_s = 0.784 DRM \quad (8)$$

değerinde dengeye ulaşmaktadır. Benzer şekilde, adsorpsiyon denklemi belirlenen katsayılar dikkate alınarak aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$W_t = (W_0 - 0.784 DRM) e^{-\frac{0.134 t}{\rho_0 e}} + 0.784 DRM \quad (9)$$

Ceviz odununun % 8 sonuç denge rutubetine kadar kurutulması halinde % 12 ve % 16 denge rutubetine sahip ortamlarda bekletilmesi halinde denklem (9)’a göre ulaşacağı sonuç denge rutubeti ve söz konusu sonuç denge rutubetine ulaşma süreleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. % 8 rutubetindeki odunun sonuç denge rutubetine ulaşma süreleri

Odun örneği	Ortam Denge Rutubeti (%)			
	12		16	
	Ws (%)	t (gün)	Ws (%)	t (gün)
CE12.5	9.3	8	12.4	11
CE25	9.3	15	12.4	21
CE50	9.3	30	12.4	41

Denge rutubetine ulaşma süreleri üzerinde ortam denge rutubetinin ve kesitin belirgin bir etkisi olmamakla birlikte, odun kalınlığının ve özgül ağırlığının etkili olduğu görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Tam kuru hale kadar kurutulmuş 12.5 mm kalınlıktaki Ceviz odunu % 8 denge rutubetine sahip iklim koşullarında % 6.3 sonuç denge rutubetine 12 günde, % 12 denge rutubetine sahip koşullarda % 9.3 sonuç denge rutubetine 12 günde ve % 16 denge rutubeti koşullarında % 12.4 denge rutubetine 12 günde ulaşmıştır.

Tam kuru hale kadar kurutulmuş 25 mm kalınlıktaki Ceviz odunu % 8 denge rutubetine sahip iklim koşullarında % 6.4 sonuç denge rutubetine 22 günde, % 12 denge rutubetine sahip koşullarda % 9.4 sonuç denge rutubetine 22 günde ve % 16 denge rutubeti koşullarında % 12.5 denge rutubetine 24 günde ulaşmıştır.

Tam kuru hale kadar kurutulmuş 50 mm kalınlıktaki ceviz odunu % 8 denge rutubetine sahip iklim koşullarında % 6.4 sonuç denge rutubetine 43 günde, % 12 denge rutubetine sahip koşullarda % 9.4 sonuç denge rutubetine 44 günde ve % 16 denge rutubeti koşullarında % 12.5 sonuç denge rutubetine 48 günde ulaşmıştır.

Teğet ve radyal odun örneklerinin sonuç rutubetleri arasında küçük farklar olmakla birlikte, bu fark kalınlık ve ortam denge rutubeti arttıkça artış göstermiştir. Buna rağmen kesitin rutubet üzerindeki etkisi % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Odun özellikleri olarak özgül ağırlık ve kalınlığın odunun ulaştığı sonuç rutubeti üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Buna göre, odun özellikleri belirgin olmak üzere, araştırma sonucunda belirlenen a ve b katsayıları yardımıyla, kurutulan odunların bekletildikleri ortamda ulaşacakları rutubet miktarı zamanın fonksiyonu olarak belirlenebilir. Bu amaçla, kurutma tesislerinde kurutulan Ceviz odunu için adsorpsiyon şablonları oluşturularak bekleme süresi içerisinde ulaşabileceği rutubet miktarları bu şablondan doğrudan okunabilir.

Kullanım yeri iklim koşullarına uygun denge rutubetine kadar kurutulan odunların kullanım aşamasına kadar beklemesi halinde ambalajlama işlemi yapılmıyorsa, bekletme ortamının iklim koşulları belirlenerek odunun

ulaşacağı rutubet miktarı zamanın fonksiyonu olarak belirlenmeli ve kontrol edilmelidir. Böylece, odunun kullanım yeri iklim koşullarına uygun olmayan daha yüksek derecede bir rutubete ulaşması önlenir.

Odun özelliklerinin adsorpsiyon üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla farklı ağaç türü odunlarına ilişkin denemeler yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- **Dağsöz, A. K.** (1977), Isı Geçişi, Arpaz Matbaacılık, İstanbul.
- **Goswami, D. Y., Lavania, A., Shahbazi, S. and Masood, M.** (1991), Analysis of a Geodesic Dome Solar Fruit Dryer, *Drying Technology*, 9, 3, 677 – 691.
- **Kollmann, F.F.P. and W.A. Cote, Jr.** (1968), Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood. Springer-Verlag. New York.
- **Kurtoğlu, A.** (1984), Hava Kuru Odunun Rutubet Değişimleri ve Türkiye’de Odunun Muhtemel Denge Rutubeti Miktarının Dağılımı, İÜ Orman Fakültesi Yayın No. 362, İstanbul.
- **McNaught, A.** (1987), Equilibrium Moisture Content of Timber, Timber Note, Queensland Dept. of For. No. 23.
- **Rosen, H.N.** (1978), The Influence Of External Resistance On Moisture Adsorption Rates In Wood, *Wood and Fiber Science*, 10, 3, 218–228.
- **Sodha, M. S., Dang, A., Bansal, P. K. And Sharma, S. B.** (1985), An Analytical and Experimental Study of Open Sun Drying and a Cabinet Type Dryer, *Energy Convers*, 25, 3, 263 – 271.
- **URL 1**, <http://www.tu-dresden.de/mw/ivn/tvut/PDF/sorption.pdf>, Sorption Behaviour of Microwave Dried Wood, 2 th International IUFRO Wood Drying Conference 2003,
- **URL 2**, <http://www.uvm.edu/extension/publications/nrem/lumberdrying.pdf>, Lumber Drying.
- **Villière, A.** (1966). Sèchage des Bois, Dunod, Paris.
- **Wu, Q.** (2003), Application of Nelson’s Sorption Isotherm To Wood Composites and Overlays, *Wood and Fiber Science*, 31, 2, 187 – 191.