

KARADENİZ BÖLGESİNDE BİNA İÇİ İKLİM KOŞULLARINDA ODUN DENGİ RUTUBETİ DAĞILIMININ ANALİZİ

Kemal ÜÇÜNCÜ

KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080 TRABZON

Özet: Bu çalışmada, Trabzon'da kaloriferle ısıtılan bina içerisinde 5 ağaç türü odununda rutubet değişimi incelenerek Karadeniz Bölgesinde odun denge rutubetinin dağılımı belirlenmiştir. Deneysel odun rutubeti grafiksel odun denge rutubeti aylık ortalamalarından yaklaşık % 0.5 daha yüksek olup, aralarında kuvvetli doğrusal ilişki ($r^2 = 0.99$) bulunmuştur. Karadeniz Bölgesinde uzun yıllar iklim verilerine göre odun denge rutubeti yıllık ortalaması bina içi iklim koşullarında % 10.6 olarak bulunmuştur. Aylık odun denge rutubeti ortalamaları % 6.3 ile % 14.3 arasında değişmektedir. Odun denge rutubeti ortalamaları arasında aylar ve iller bakımından % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmuştur. Histerez etkisi ve odun denge rutubetindeki farklar dikkate alınarak, Karadeniz Bölgesinde bina içi iklim koşullarında kullanılacak odunların illere göre % 7 - 10 arasında sonuç rutubetine kadar kurutulması uygun görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Odun, odun denge rutubeti, bina içi iklim koşulları, Karadeniz Bölgesi

ANALYSES OF DISTRIBUTION WOOD EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT INDOORS IN BLACKSEA REGION

Abstarct: In this study, wood equilibrium moisture content (EMC) distribution was determined for indoor in Blacksea Region by investigating wood moisture change on wood of five tree species in the central heated indoor conditions in Trabzon. In wiew of monthly average, experimental wood moisture was higher about 0.5 % than graphical wood equilibrium moisture content, and there was an effective relationship ($r^2 = 0.99$) between experimental wood moisture and EMC. According to climate data for many years in Blacksea Regın, North cost of Turkey, annual average experimental wood moisture for indoor conditions were found 10.6 %. Monthly averages of wood equilibrium mositure content change between 6.3 % - 14.3 %. The averages of wood equilibrium moisture content showed significant monthly and regional differences with the rate of 95 % in terms of reliability. Taken into consideration the differences between the histeres effect and wood equilibrium moisture content, It's recommended that wood to be used indoor conditions in proviencies of Blacksea Region be dried up to the final wood moisture of 7 - 10 % to the regions.

Key Words: Wood, equilibrium moisture content (EMC), indoors, Blecksea Region

1. GİRİŞ

Odunun farklı iklim koşullarının etkisi ile rutubet alıp vererek üç ayrı anatomik yönde farklı miktarda çalışması sonucunda kullanım yerinde şekil değişimleri, çarpılma, çatlama ve birleşme yerlerinde açılmalar gibi çeşitli kusurlar ve buna bağlı olarak fonksiyonel kayıplar meydana gelmektedir. Bu kusurların önlenmesi için odunun kullanım yerlerinde ulaşacağı denge rutubeti miktarının bilinmesi gerekmektedir.

Odunda rutubet değişimi tartı metodu ile deneysel olarak ya da meteoroloji istasyonları tarafından belirlenen ortalama sıcaklık ve bağıl nem verileri ile adsorpsiyon halinde higroskopik denge rutubeti grafik veya tabloları yardımıyla belirlenmektedir.

Türkiye'de Kurtoğlu (1) tarafından dış hava koşullarında odunun ulaşabileceği muhtemel denge rutubeti miktarı, Kantay (2) tarafından da kaloriferle ısıtılan bina içinde ısıtıcıya yakınlık derecesine bağlı olarak odunda rutubet değişimi incelenmiştir. Trabzon'da ısıtılan bina içi iklim koşullarında kullanılan odunda oluşabilecek muhtemel denge rutubeti miktarı deneysel ve meteoroloji iklim verilerinden yararlanılarak yarı teorik bir yöntemle belirlenmiş ve yıl boyunca % 6.3 ile % 14.3 arasında değişebileceği belirlenmiştir (3). Ayrıca, Trabzon'da kaloriferle ısıtılan bina içinde aynı dönemdeki

sıcaklık ve bağıl nem değişimi deneysel olarak incelenmiş ve uzun yıllar ortalamalarından yararlanılarak hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır (4).

Odun rutubet değişimi ile ilgili değişik dış ülkelerde yapılan araştırmalarda ısıtılan bina içi koşullarda odun rutubet değişimi incelenerek odun rutubeti ile sıcaklık ve bağıl nem arasındaki ilişkilere yer verilmiştir (5-15).

Bu araştırmada, Trabzon ili model alınarak Karadeniz Bölgesinde bina içi iklim koşullarında odun denge rutubeti miktarları belirlenmiş, iller ve aylar arasında farklılıklar incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan odun örneklerinden Ceviz (*Juglans regia* L.) Akçaabat (Trabzon), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) Maçka (Trabzon), Okaliptus (*Eucalyptus cemaldulensis* D.) Tarsus (Mersin) ve Kestane (*Castanea sativa* Mill.) Pazar (Rize) Orman İşletmelerinden temin edilmiştir. Deneylerde 1 x 10 x 25 cm radyal ve teğet, 2.5 x 10 x 25 cm radyal ve teğet, 2.5 x 2.5 x 25 cm ve 5 x 5 x 25 cm kare kesitli odun örnekleri kullanılmıştır.

Denemelere başlanmadan önce odun örnekleri ısıtılan bina içerisinde bina içi iklim koşullarına uyum sağlamak amacıyla 3 ay bekletilmiş ve enine kesitler parafinlenmiştir.

2.2. Yöntem

Odun örneklerinin rutubet miktarları Trabzon'da ısıtılan bina içi iklim koşullarında tartı yöntemiyle belirlenmiş, Karadeniz Bölgesi için odun denge rutubeti miktarı hem deneysel bulgulara dayalı olarak hesaplanmış hem de grafikler yardımıyla belirlenmiştir. Deney ortamının tabanı odun malzeme ile döşemiş olup, ortam içinde başka higroskopik nitelikli eşya bulunmamaktadır. Deneyler bir yıllık süreyi kapsamıştır.

Isıtılan bina içinde sıcaklık ve bağıl nem değerleri termohigrografla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Dış hava iklim verilerinin alındığı Trabzon Meteoroloji İstasyonunun (16) yeri ile deneylerin yapıldığı yerin iklim verileri arasında belirgin bir fark bulunmamıştır. Bağıl nem teorik olarak hesaplanarak ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. ρ_b mutlak nem ya da birim hacimdeki nemli hava içerisinde bulunan su buharı miktarı (kg/m^3), ρ_{bd} birim hacimde nemli havanın doyma halinde taşıyabileceği su buharı miktarı (kg/m^3) olmak üzere bağıl nem

$$\varphi = \rho_b / \rho_{bd} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır (4, 7, 18). Birim hacimdeki nemli hava içerisinde doyma halinde bulunabilecek su buharı miktarı sıcaklığın (t) fonksiyonu olarak hesaplanmıştır (3, 4,19).

$$\rho_{bd} = 4.84 + 0.3778 * t - 0.0044 * t^2 + 0.00037 * t^3 [\text{kg} / \text{m}^3] \quad (2)$$

Nemli havanın aynı sıcaklıktaki bağıl nemine bağlı olarak içerisinde bulunan mutlak nem miktarı da aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\rho_{b,i} = \varphi_0 \rho_{bd} + c \quad (3)$$

Burada, $\rho_{b,i}$ iç ortamdaki nemli havanın birim hacmindeki su buharı miktarı, φ_0 dış havanın bağıl nemi ve c ısıtılan mahalde bulunan higroskopik maddelere ilişkin su alışverişini, dış hava akımlarını ve ısıtılan mahallin hava yenilenme özelliklerini ifade eden

bir düzeltme katsayısıdır (20, 21). Odunun başlangıç rutubeti r_b ve son rutubeti r_s olmak üzere düzeltme katsayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$c = 1.11 * (-5.55 + 5.255 * [r_b / r_s]) \quad (4)$$

Burada r_b ve r_s değerleri tam belirgin olmadığından, hesaplamalarda denge rutubeti değerlerinden yararlanılarak adım adım iterasyon uygulanmıştır.

$\rho_{bd,i}$ bina içindeki havanın doyma durumundaki mutlak nem miktarı olmak üzere, bina içi koşullardaki bağıl nem miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\varphi_i = \rho_{b,i} / \rho_{bd,i} \quad (5)$$

Varsayımlar: 1- İllerin ısıtma dönemi Kasım – Nisan arasındadır, 2 -Isıtma döneminde bina içi sıcaklık ortalaması 20 °C'dir, 3- Odunun rutubet kaybı havanın bağıl nemini artırmaz, 4- Isıtma dönemi dışında içi sıcaklık dış sıcaklık değerlerine eşittir.

Odun örnekleri günün belirli saatlerinde 0.01 g hassasiyetteki terazide tartılmış, deneylerin bitiminden sonra odun rutubeti kurutma metodu ile belirlenmiştir. Rutubetli ağırlığı m_r , tam kuru ağırlığı m_o olan odunun rutubeti aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$r = (m_r - m_o) / m_o \quad (6)$$

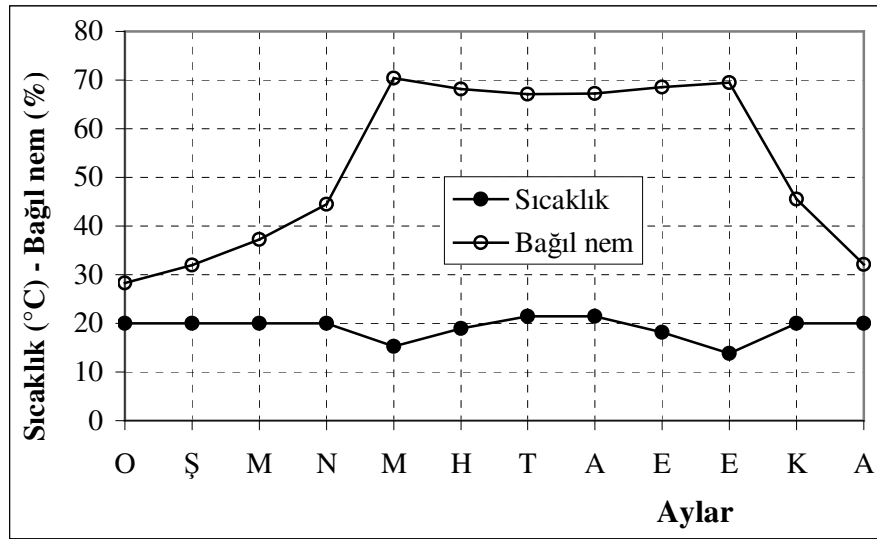
Örnek tipleri, ağaç türleri ve rutubet miktarları arasındaki fark varyans analizi ile test edilmiş, farklı değerlerin grupları Student - Newman – Keuls (S-N-K) testi ile belirlenmiştir (22).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Karadeniz Bölgesinde Bina İçi Koşullarda Sıcaklık ve Bağıl Nem Dağılımı

Şekil 1'de görüldüğü gibi, Karadeniz Bölgesinde bina içi koşullarda aylık sıcaklık ortalamaları 21.5 °C ile Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek, 13.8 °C ile Ekim ayında en düşüktür. Aylık sıcaklık ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmuş (Tablo 1) ve Student - Newman – Keuls testine göre aylık sıcaklık ortalamaları 5 homojenlik grubuna ayrılmıştır: 1- Ekim, 2- Mayıs, 3- Eylül, 4- Haziran, Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık, 5- Temmuz ve Ağustos.

Aylık bağıl nem ortalamalarının en düşük değeri % 28.3 ile Ocak ayında, en yüksek değeri ise % 70.4 ile Mayıs ayında meydana gelmiştir. Aylık sıcaklık ortalamalarının standart sapması % 11.3 ile Ekim ayında en yüksek, % 6.0 ile Nisan ayında en düşük bulunmuştur. Aylık bağıl nem ortalamaları % 11.3 – % 81.4 arasında, yıllık bağıl nem ortalaması % 95 güven düzeyinde % 50.0 – 55.0 arasında değişmiştir. Aylık bağıl nem ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmuş (Tablo 2) ve 4 homojenlik grubuna ayrılmıştır: 1- Ocak, Şubat ve Aralık, 2- Şubat, Aralık ve Mart, 3- Nisan ve Kasım, 4- Temmuz, Ağustos, Haziran, Eylül, Ekim ve Mayıs.



Şekil 1. Karadeniz Bölgesinde bina içi sıcaklık ve bağıl nem aylık ortalamaları

Tablo 1. Aylık Sıcaklık Ortalamalarına İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	ÖD
Gruplar arası	1027.762	11	93.433	67.867	0.000
Gruplar içi	264.326	192	1.377		
Toplam	1292.088	203			

Tablo 2. Aylık Bağıl Nem Ortalamalarına İlişkin Varyans Analizi

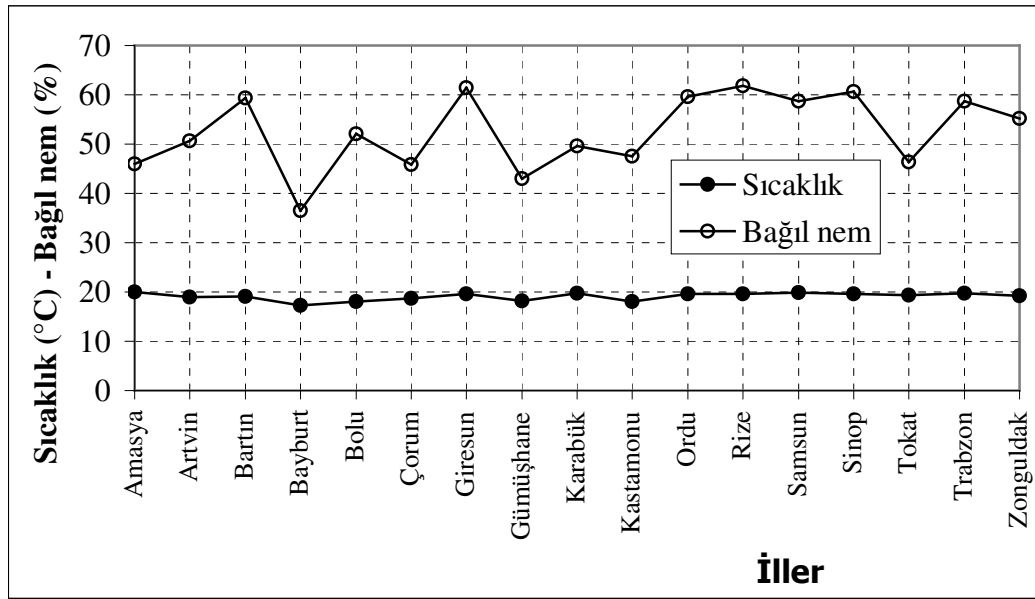
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	ÖD
Gruplar arası	56068.728	11	5097.157	74.664	0.000
Gruplar içi	13107.398	192	68.268		
Toplam	69176.126	203			

Şekil 2'de görüldüğü gibi, Karadeniz Bölgesinde yer alan illerde yıllık sıcaklık ortalamalarının en düşük değeri 17.3 °C ile Bayburt'ta, en yüksek değeri ise 20.0 °C ile Amasya'da gözlenmiştir. Bina içi iklim koşullarında bölgenin yıllık sıcaklık ortalaması 19.1 °C, standart sapması 2.5 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları arasında standart sapmanın en büyük değeri 3.8 °C ile Amasya'da, en düşük değeri ise 2.0 °C ile Sinop'ta meydana gelmiştir. Aylık sıcaklık ortalamaları 9.0 °C ile 23.6 °C arasında, % 95 güven düzeyinde ise 18.8 °C – 19.5 °C arasında değişmiştir. Aylık sıcaklık ortalamaları arasında en büyük fark 11.0 °C ile Bayburt'ta, en küçük fark ise 6.9 °C ile Samsun'da oluşmuştur.

Bölge illerinin bina içi sıcaklık yıllık ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo 3).

Tablo 3. İllerin yıllık sıcaklık ortalamalarına ilişkin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	ÖD
Gruplar arası	117.009	16	7.313	1.164	0.301
Gruplar içi	1175.079	187	6.284		
Toplam	1292.088	203			



Şekil 2. İllerin yıllık sıcaklık ve bağıl nem ortalamaları

Karadeniz Bölgesinde bina içi iklim koşullarında uzun yıllar verilerine göre yıllık bağıl nem ortalaması % 52.5, standart sapması % 18.5'dir. İller itibariyle aylık bağıl nem ortalamalarının en düşük değeri % 11.3 ile Ocak ayında Bayburt'ta, en yüksek değeri ise % 81.4 ile Ekim ayında Bartın'da meydana gelmiştir. Yıllık bağıl nem ortalamalarının en düşük değeri % 36.6 ile Bayburt'ta, en yüksek değeri ise % 61.8 ile Rize'de gerçekleşmiştir. Aylık bağıl nem ortalamaları arasında en yüksek fark % 51.2 ile Zonguldak'ta, en düşük fark ise % 31.4 ile Karabük'te meydana gelmiştir. İllerin yıllık bağıl nem ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmuş (Tablo 4) ve iki homojenlik grubu oluşmuştur: 1- Bayburt, Gümüşhane, Çorum, Amasya, Tokat, Kastamonu, Karabük, Artvin, Bolu, Zonguldak, Trabzon, Samsun, Ordu ve Sinop, 2- Gümüşhane, Çorum, Amasya, Tokat, Kastamonu, Karabük, Artvin, Bolu, Zonguldak, Trabzon, Samsun, Ordu, Sinop, Giresun ve Rize. Her iki grupta yer alan illerinin yıllık bağıl nem ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Tablo 4. İllerin yıllık bağıl nem ortalamaları için varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	ÖD
Gruplar arası	11049.680	16	690.605	2.221	0.006
Gruplar içi	58143.140	187	310.926		
Toplam	69192.820	203			

3.2. Odun Özellikleri ve İklim Koşullarının Odun Denge Rutubeti İle İlişkileri

Trabzon'da bina içi iklim koşullarında odun denge rutubeti yıllık ortalamasının deneysel değeri aynı koşullar için adsorpsiyon halinde higroskopik denge rutubeti grafiğine göre belirlenen odun denge rutubetinden % 0.5 – 0.6 daha yüksek bulunmuştur (21). Bu farka rağmen deneysel olarak elde edilen ampirik eşitliklerin odun denge rutubetinin hesaplanmasında kullanımının istatistiksel anlamda mümkün olabileceği görülmüştür.

Günlük odun rutubeti değerleri ile ilgili istatistiksel analizlerde kalınlık, kesit ve odun türünün odunların günlük rutubet değerleri üzerinde % 5 yanılma ihtimali ile etkili olduğu görülmüştür. Günlük rutubet ortalamaları bakımından odun türleri üç ayrı gruba ayrılmıştır (21): 1- Doğu kayını, 2- Ceviz, Doğu ladini ve Okaliptus, 3- Kestane.

Aylık rutubet ortalamalarına göre yapılan analizlerde odun türü, kalınlık ve kesit faktörlerinin rutubet değişimi üzerinde etkili olmadıkları anlaşılmıştır. Buna göre, odun rutubeti denge rutubetindeki ani değişimlerle yavaş değişmekte, süre uzadıkça denge rutubeti ile odun rutubeti arasındaki uyum artmaktadır (21).

Aylık odun denge rutubeti ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark olup, Student Newman – Keuls testine göre 8 grupta toplanmıştır: 1- Şubat, 2- Ocak, 3- Mart ve Aralık, 4- Nisan, 5- Kasım, 6- Mayıs, 7- Eylül , Ekim ve Haziran, 8- Ağustos ve Temmuz.

Deneysel ortalama aylık odun rutubeti miktarı ile sıcaklık ve bağıl nem arasında yüksek derecede doğrusal ilişki bulunmuş, korelasyon katsayıları test edilerek bu ilişkilerin rastlantı olmayacağı görülmüştür. Deneysel odun denge rutubeti (rk) ile ortam sıcaklığı (t) ve bağıl nemi (ϕ) arasında aşağıdaki ilişki elde edilmiştir.

$$rk = -4.2186 + 0.1795 * t + 0.2076 * \phi; (r^2 = 0.9926; S \pm 0.3375) \quad (7)$$

Hesaplanan odun denge rutubeti ile grafikte belirlenen odun denge rutubeti arasında yüksek derecede doğrusal ilişki bulunmuş; odun türü, kalınlık ve kesit faktörlerinin ilişki katsayıları üzerinde etkili olmadıkları görülmüştür.

$$rk = 0.6915 + 0.9814 * rd; (r^2 = 0.9972; S = \pm 0.1981) \quad (8)$$

3.3. Karadeniz Bölgesinde Bina İçi İklim Koşullarında Odun Rutubetinin Dağılımı

Deneysel olarak elde edilen sonuçlara dayalı olarak hesaplanan odun denge rutubetinin Karadeniz Bölgesindeki dağılımı Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 6’da Karadeniz Bölgesinde bina içi iklim koşullarında odun denge rutubeti aylık ortalama ve ekstrem değerleri, Tablo 7’de ise bölge illerinin odun denge rutubeti yıllık ortalama ve ekstrem değerleri verilmiştir.

Tablo 5. Karadeniz Bölgesinde İllerin Odun Rutubeti Aylık Ortalama Değerleri

İller	Aylar												rk
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Amasya	5.9	6.5	7.5	8.8	11.2	10.6	10.4	10.7	11.3	12.7	8.4	6.7	9.2
Artvin	5.6	6.3	7.2	8.4	12.9	13.5	13.7	13.5	13.8	13.2	8.3	6.2	10.2
Bartın	7.1	7.8	8.6	9.7	15.5	14.2	14.6	15.4	16.4	17.5	9.6	7.9	12.0
Bayburt	3.6	4.1	5.6	6.8	12.2	11.6	10.3	10.0	10.1	7.3	6.4	4.6	7.7
Bolu	5.8	6.5	7.2	8.3	14.1	13.7	13.7	13.4	13.4	14.9	8.4	6.6	10.5
Çorum	5.6	6.3	7.0	8.1	12.6	11.7	10.7	10.7	11.6	12.9	7.9	6.4	9.3
Giresun	7.5	8.1	8.8	9.7	17.2	15.9	15.7	15.8	16.2	16.1	10.8	8.3	12.5
G. hane	4.7	5.1	6.2	7.4	12.0	11.6	11.5	11.5	11.5	12.6	7.0	5.3	8.9
Karabük	6.4	7.2	8.1	9.2	12.6	11.7	11.2	11.5	12.3	13.6	8.7	7.0	10.0
Kastamonu	5.7	6.0	6.9	7.9	13.2	12.6	11.5	11.6	12.9	14.0	7.8	6.2	9.7
Ordu	7.2	7.8	8.8	9.7	16.6	14.9	14.9	14.9	15.2	15.8	9.9	8.0	12.0
Rize	7.5	8.1	8.7	9.7	16.5	15.6	16.2	16.5	16.9	16.8	11.0	8.3	12.7
Samsun	7.2	7.9	8.7	9.5	16.6	14.8	13.9	13.8	14.5	15.0	10.3	7.9	11.7
Sinop	7.6	8.0	8.5	9.6	17.1	16.0	15.4	15.2	15.2	15.6	11.0	8.5	12.3
Tokat	5.7	6.3	7.2	8.5	11.9	11.4	11.1	11.1	11.6	12.9	8.2	6.4	9.4
Trabzon	7.2	7.8	8.5	9.5	16.1	14.9	14.6	14.3	14.5	14.3	10.4	7.9	11.7
Zonguldak	7.0	7.5	8.0	9.1	14.5	13.9	12.2	14.1	14.1	14.5	9.5	5.3	10.8
Ortalama	6.3	6.9	7.7	8.8	14.3	13.4	13.0	13.2	13.6	14.1	9.0	6.9	10.6

Tablo 6. Karadeniz Bölgesinde Aylık Odun Denge Rutubeti Ortalama Ve Ekstrem Değerleri

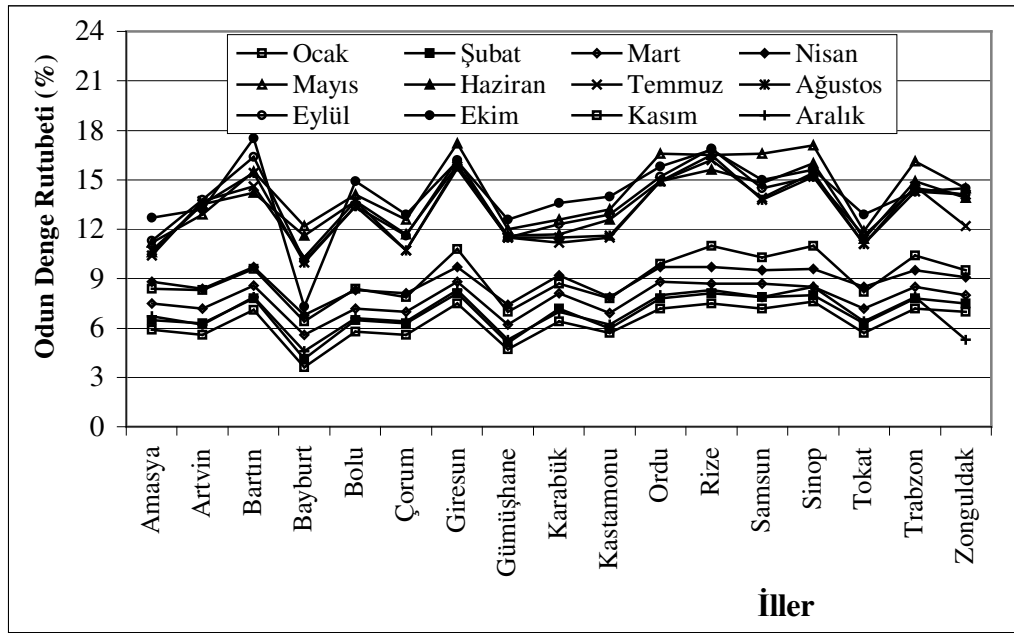
Aylar	N	Orta- lama	Std. Sapma	Std. Hata	Ortalama için % 95 Güven Aralığı		En Küçük Değer	En Büyük Değer
					Alt Sınır	Üst Sınır		
01- Ocak	17	6.3118	1.1208	0.2718	5.7355	6.8880	3.60	7.60
02- Şubat	17	6.8882	1.1439	0.2774	6.3001	7.4764	4.10	8.10
03- Mart	17	7.7353	0.9785	0.2373	7.2322	8.2384	5.60	8.80
04- Nisan	17	8.8176	0.8967	0.2175	8.3566	9.2787	6.80	9.70
05- Mayıs	17	14.2824	2.0983	0.5089	13.2035	15.3612	11.20	17.20
06- Haziran	17	13.4471	1.7678	0.4288	12.5381	14.3560	10.60	16.00
07- Temmuz	17	13.0353	2.0174	0.4893	11.9980	14.0725	10.30	16.20
08- Ağustos	17	13.1765	2.0520	0.4977	12.1214	14.2315	10.00	16.50
09- Eylül	17	13.6059	2.0244	0.4910	12.5650	14.6467	10.10	16.90
10- Ekim	17	14.1000	2.2918	0.5559	12.9216	15.2784	7.30	17.50
11- Kasım	17	9.0353	1.4062	0.3411	8.3123	9.7583	6.40	11.00
12- Aralık	17	6.9118	1.1916	0.2890	6.2991	7.5244	4.60	8.50
Ortalama	204	10.6123	3.4975	0.2449	10.1294	11.0951	3.60	17.50

Tablo 7. Karadeniz Bölgesi İllerinde Odun Denge Rutubeti Ortalama Ve Ekstrem Değerleri

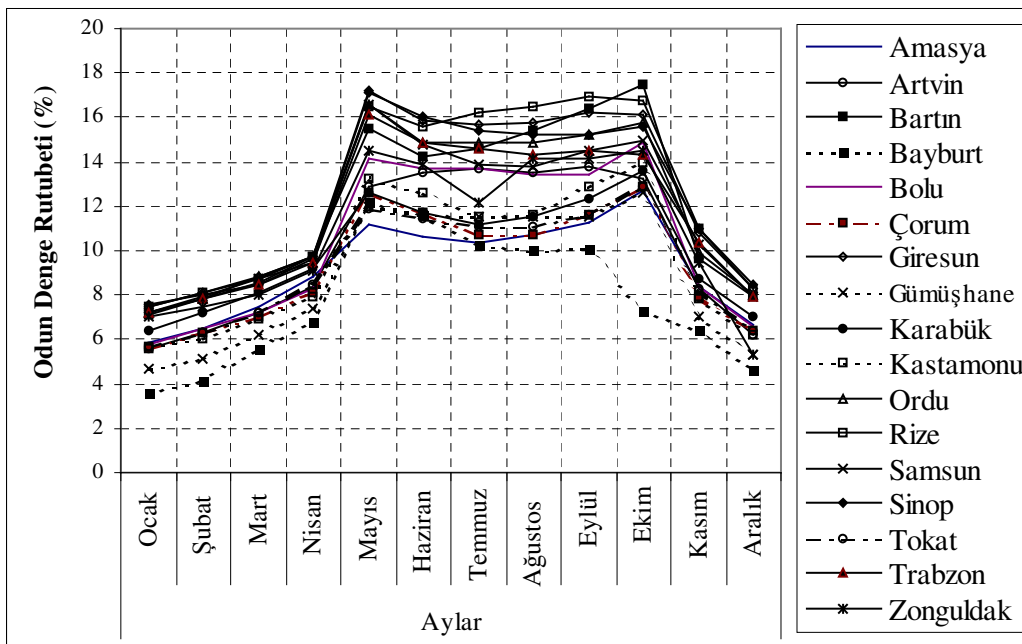
İller	N	Orta- lama	Std. Sapma	Std. Hata	Ortalama için % 95 Güven Aralığı		En Küçük Değer	En Büyük Değer
					Alt Sınır	Üst Sınır		
01- Amasya	12	9.2250	2.2243	0.6421	7.8117	10.6383	5.90	12.70
02- Artvin	12	10.2167	3.4575	0.9981	8.0199	12.4135	5.60	13.80
03- Bartın	12	12.0250	3.8857	1.1217	9.5562	14.4938	7.10	17.50
04- Bayburt	12	7.7167	3.0108	0.8692	5.8037	9.6297	3.60	12.20
05- Bolu	12	10.5000	3.6063	1.0411	8.2087	12.7913	5.80	14.90
06- Çorum	12	9.2917	2.6733	0.7717	7.5932	10.9902	5.60	12.90
07- Giresun	12	12.5083	3.9063	1.1276	10.0264	14.9903	7.50	17.20
08- Gümüşhane	12	8.8667	3.1485	0.9089	6.8662	10.8672	4.70	12.60
09- Karabük	12	9.9417	2.4630	0.7110	8.3768	11.5066	6.40	13.60
10- Kastamonu	12	9.6917	3.2033	0.9247	7.6564	11.7269	5.70	14.00
11- Ordu	12	11.9750	3.6641	1.0577	9.6469	14.3031	7.20	16.60
12- Rize	12	12.6500	4.0386	1.1658	10.0840	15.2160	7.50	16.90
13- Samsun	12	11.6750	3.3915	0.9790	9.5202	13.8298	7.20	16.60
14- Sinop	12	12.3750	3.7048	1.0695	10.0211	14.7289	7.60	17.10
15- Tokat	12	9.3583	2.5671	0.7411	7.7273	10.9894	5.70	12.90
16- Trabzon	12	11.6667	3.3848	0.9771	9.5161	13.8173	7.20	16.10
17- Zonguldak	12	10.8083	3.4209	0.9875	8.6348	12.9819	5.30	14.50
Ortalama	204	10.6172	3.4975	0.2449	10.1343	11.1000	3.60	17.50

İllerin aylık rutubet ortalamaları arasında en küçük fark % 6.8 ile Amasya, en büyük fark ise % 9.4 ile Rize’de görülmüştür. Odun denge rutubeti yıllık ortalamalarının en düşük değeri % 7.2 ile Bayburt’ta, en yüksek değeri ise % 12.2 ile Rize’de meydana gelmiştir. Grafikselleştirilmiş odun denge rutubeti yıllık ortalaması % 10.1 olarak bulunmuştur.

Şekil 3, 4 ve 5’de görüldüğü gibi, odun denge rutubeti aylık ortalamaları Kasım – Nisan arasındaki 6 aylık kış döneminde düşük, Mayıs – Ekim arasındaki 6 aylık dönemde ise yüksek değerler almaktadır. Odun denge rutubeti aylık ortalamalarının en küçük değeri % 6.3 ile Ocak ayında, en yüksek değeri % 14.1 ile Ekim ayında görülmüştür.

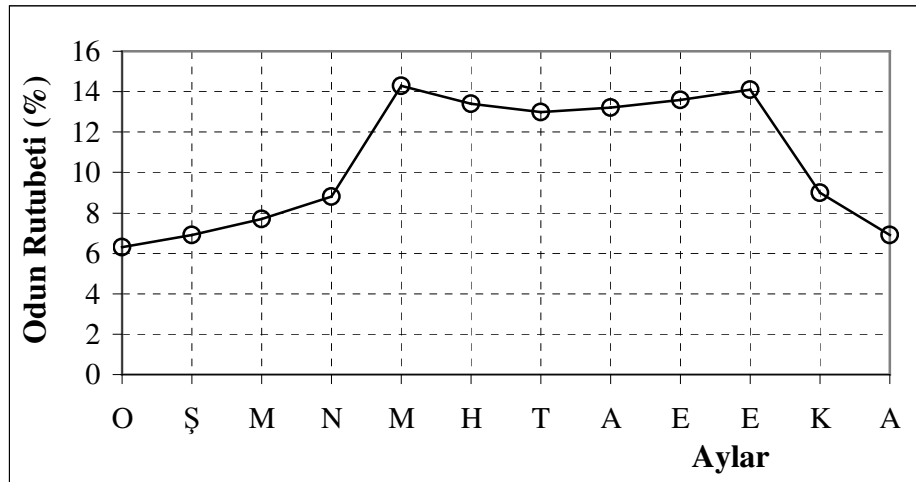


Şekil 3. Karadeniz Bölgesi illerinde aylık odun rutubeti ortalama değerleri



Şekil 4. Karadeniz Bölgesinde aylık odun rutubeti ortalamalarının illere göre değişimi

Odun denge rutubeti yıllık ortalaması % 95 güven aralığında % 10.1 – 11.1 arasında değişmekle birlikte, aylık odun denge rutubeti ortalamaları % 3.6 (Ocak ayında Bayburt'ta) ile %17.5 (Ekim ayında Bartın'da) arasında değişmektedir.



Şekil 5. Karadeniz Bölgesinde odun denge rutubeti aylık ortalama değerleri

Odun denge rutubeti aylık ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmuş olup (Tablo 8), aylar, odun denge rutubeti aylık ortalamaları bakımından Student-Newman-Keuls testine göre üç homojenlik grubuna ayrılmıştır (Tablo 9).

Tablo 8. Aylık Odun Denge Rutubeti Ortalamalarına İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	ÖD
Gruplar arası	1957.018	11	177.911	64.926	0.000
Gruplar içi	526.121	192	2.740		
Toplam	2483.139	203			

Tablo 9. Karadeniz Bölgesi Odun Denge Rutubeti Aylık Ortalamalarına İlişkin S-N-K Testi

Aylar	N	$\alpha = 0.05$ için gruplar		
		1	2	3
01 – Ocak	17	6.3118		
02 – Şubat	17	6.8882		
12 – Aralık	17	6.9118		
03 – Mart	17	7.7353	7.7353	
04 – Nisan	17		8.8176	
11 – Kasım	17		9.0353	
07 – Temmuz	17			13.0353
08 – Ağustos	17			13.1765
06 – Haziran	17			13.4471
09 – Eylül	17			13.6059
10 – Ekim	17			14.1000
05 – Mayıs	17			14.2824

İllerin odun denge rutubeti yıllık ortalamaları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı fark bulunmuş (Tablo 10) ve iki homojen grup oluşmuştur (Tablo 11).

Tablo 10. İllerin Odun Denge Rutubeti Yıllık Ortalamalarına İlişkin Varyans Analizi

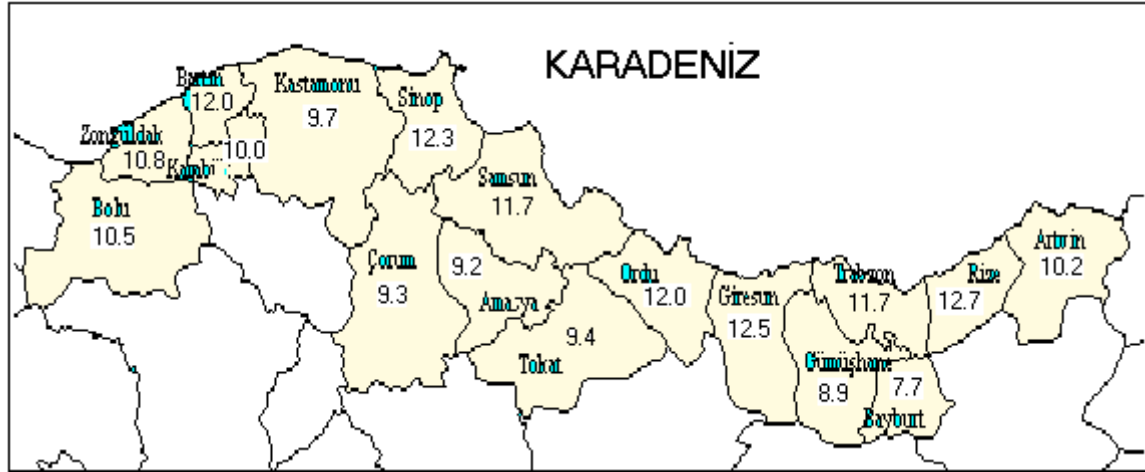
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	ÖD
Gruplar arası	421.506	16	26.344	2.389	0.003
Gruplar içi	2061.724	187	11.025		
Toplam	2483.230	203			

Tablo 11. İllerin Yıllık Odun Denge Rutubeti Ortalamalarına İlişkin S–N–K Testi

İller	N	$\alpha = 0.05$ için gruplar	
		1	2
04- Bayburt	12	7.7167	
08- Gümüşhane	12	8.8667	8.8667
01- Amasya	12	9.2250	9.2250
06- Çorum	12	9.2917	9.2917
15- Tokat	12	9.3583	9.3583
10- Kastamonu	12	9.6917	9.6917
09- Karabük	12	9.9417	9.9417
02- Artvin	12	10.2167	10.2167
05- Bolu	12	10.5000	10.5000
17- Zonguldak	12	10.8083	10.8083
16- Trabzon	12	11.6667	11.6667
13- Samsun	12	11.6750	11.6750
11- Ordu	12	11.9750	11.9750
03- Bartın	12	12.0250	12.0250
14- Sinop	12		12.3750
07- Giresun	12		12.5083
12- Rize	12		12.6500

Şekil 6'da Karadeniz Bölgesinde bina içi iklim koşullarında odun denge rutubeti dağılım haritası gösterilmiştir. Görüleceği gibi, illerin odun denge rutubeti yıllık ortalamaları sahil kesimlerinde yer alan illerde iç kesimlerde yer alan illere oranla daha yüksektir. Sahil kesiminde yer alan illerden Bolu, Zonguldak, Kastamonu ve Artvin illerinde odun denge rutubeti yıllık ortalamalarının düşük bulunması, bu illerdeki rasat istasyonlarının iç kesimlerde kalmasından kaynaklanmaktadır.

İç kesimlerde yer alan illerde bina içi iklim koşullarında odun denge rutubeti miktarının düşük olmasının nedeni, bu illerde dış sıcaklık ve bağıl nemin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Zira, dış sıcaklık ve bağıl nemi düşük olan nemli hava ısıtılan bina içerisine alındığında oluşan sıcaklık farkı ölçüsünde bağıl nemi azalmaktadır. Odun denge rutubeti üzerinde sıcaklık farklarına oranla bağıl nemin etkisi daha yüksek bulunmuştur. Nitekim, bağıl nem ile odun denge rutubeti arasında $r^2 = 0.99$ düzeyinde pozitif kuvvetli bir ilişki bulunmasına karşın, sıcaklıkla odun denge rutubeti arasında ise $r^2 = 0.04$ düzeyinde oldukça zayıf bir ilişki bulunmuştur.



Şekil 6. Karadeniz Bölgesinde bina içi koşullarda odun denge rutubeti yıllık ortalamaları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Denemelerde odun türü, kalınlık ve kesit faktörleri odun rutubeti günlük ortalamaları üzerinde istatistiksel anlamda etkili olurken, aylık ortalamalar üzerinde etki görülmemiştir. Bu durum, odunda rutubet değişiminin aylık sürelerde günlük sürelerle oranla iklim koşulları ile daha iyi uyum sağladığını; odun özelliği, kalınlık ve kesit etkisinin uzun sürelerde daha az farklılığa yol açtığını göstermektedir.

Deneysel odun denge rutubeti yıllık ortalamaları higroskopik denge rutubeti grafiğine göre belirlenen odun denge rutubetine oranla yaklaşık % 0.5 daha yüksek değerler almaktadır. Bu fark, odunda rutubet değişiminin sıcaklık ve bağıl nemdeki değişime uyum sağlanmasındaki gecikmeden ileri gelmiş olabilir. Uyum testleri, süre uzadıkça deneysel odun denge rutubeti ile grafiksel odun denge rutubeti arasındaki uyum düzeyinin arttığını göstermiştir. Bu sonuç, pratik bakımdan rutubet miktarlarının değerlendirilmesinde aylık sürelerin esas alınmasının uygun olduğunu göstermektedir.

Odun rutubeti ile sıcaklık ve bağıl nem arasında $r^2 = 0.992$, deneysel odun denge rutubeti ile grafiksel odun denge rutubeti arasında ise $r^2 = 0.997$ derecesinde yüksek ilişkiler bulunmuş ve doğru denklemleri elde edilmiştir.

Odun rutubeti aylık ortalamaları Karadeniz Bölgesinde % 6.3 ile % 14.3 arasında değişmiş ve aralarında % 8.0 fark bulunmuştur.

Karadeniz Bölgesinde bina içi iklim koşullarında odun denge rutubeti aylık ortalamaları % 6.3 ile % 14.3 arasında değişmekte, alt ve üst denge rutubeti sınır değerlerine göre ortalama denge rutubeti % 10.3 olarak bulunmuştur. Ayrıca, aylık verilere bağlı odun denge rutubeti yıllık ortalaması % 10.6 olup, histerez etkisi de dikkate alınarak, bu bölgede kullanılacak odunun, illerin odun denge rutubeti miktarı bakımından iki gruba ayrıldığı dikkate alınarak % 7 – 10 arasında rutubet miktarına kadar kurutulmuş olarak kullanılması uygun görülmektedir. Buna göre, bölge illerinde kullanılacak odunun kurutulmasında söz konusu ilin mevcut iklim koşullarına uygun sonuç rutubetinin referans alınmasında yarar vardır.

Odun denge rutubeti miktarı bakımından iller arasında önemli farklar bulunmakta, iller arası kurutulmuş odun transferinde bu farklılıklara dikkat edilmelidir.

Deneysel olarak belirlenen odun denge rutubeti ile grafik yöntemle belirlenen odun denge rutubeti arasında kuvvetli ilişki bulunmuş, deneysel sonuçlardan yararlanılarak

geliştirilen teorik odun denge rutubeti miktarı hesaplama modelinin diğer yerleşim alanları için de kullanılabileceği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Kurtoğlu, A., Hava Kurusu Odunda Rutubet Değişimleri ve Türkiye’de Odunun Muhtemel Denge Rutubeti Miktarlarının Dağılımı, İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 362, İstanbul, 1984.
2. Kantay, R., Bir Binanın Klimatik Bakımdan Değişik Yerlerinde Ağaç Malzemede Meydana Gelen Denge Rutubeti Değişimine Ait Denemeler, İÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A, 26 (2) (1976) 211-217.
3. Üçüncü, K., Isıtılan Binalarda Kullanılan Ağaç Malzemede Rutubet Değişiminin Teorik İncelenmesi, KTÜ Orman Fakültesi, Seminer Serisi No: 1, s.150-158, Trabzon, 1996.
4. Üçüncü, K., Isıtılan Binalarda Sıcaklık ve Bağıl Nem Değişiminin Deneysel İncelenmesi, KTÜ Orman Fakültesi, Seminer Serisi No: 4, s.125-133, Trabzon, 1997.
5. Millet, S.R., Variation in Moisture Content in Wood Exposed to Indoor Condition Timber of Canada, 14 (7) (1953) 21-36.
6. Enceev, E. A., Studies on Equilibrium Moisture Content of Wood, Nauc. Lesotch. Inst. Sofia, 3 (3) (1953) 281-303.
7. Krzysik, T., Sobzak, K., Moisture Content of Wood in Centrally Heated Rooms, Sylwan, 104 (9) (1960) 29-44.
8. Dimitrov, T., Climate and Naturel Wood Drying, Drivna Ind., 43 (2) (1992) 62-70.
9. Tsoumis, G., Moisture Content of Wood Under the Climatic Conditions of Greece, Technica Chronica, 32 (371- 472) (1955) 158-162.
10. Tsoumis, G., Estimated Moisture Content of Air-Dry Wood Exposed to the Atmosphere Under Shelter, Especially in Europa, Holzforschung Bd., 18 (1964) 76-81.
11. Doosthoseini, K., Determination of Equilibrium Moisture Content of Wood at Various Locations in Iran, Iranian Journal of Naturel Resources, 39 (1986) 29-36.
12. Riba, R.R.M., Ricalde, C.M.O., Determination of Equilibrium Moisture Content for Wood in Mexico, Nota Technica, Lab. De Ciencia y Tech. de la Madera, Ins. Nacio. No. 13, 13 p., 1987.
13. Wolf, F., Equilibrium Moisture Content of Wood for Northeastern Mexico, Rep, Cientifico, Facultat de Silvicultura y Manejo de Reci-ursos Renovables No. 5, 1986, p.14 – 85.
14. McNaught, A., Equilibrium Moisture Cıntent of Timber, Timber Note, Queensland Dept. of For. No. 23, 3 p, 1987.
15. Koponen, H., Sorption Isotherms of Finnsch Birch, Pine and Spruce, Paperi Ja Puu, 67 (2) (1985) 70-77.
16. Anonim, Trabzon Rasat Sonuçları, DMGM Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon, 1997.
17. Villière, A., Séchage des Bois, Centre Technique du Bois, Paris, 1966.

18. Üçüncü, K., Kurutma Tekniği, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 66, Trabzon, 2001.
19. Anonim, Türkiye Uzun Yıllar Sıcaklık ve Bağıl Nem Aylık Ortalama Değerleri, DMGM, Ankara, 1998.
20. Osborne, W.C., Turner C.G., Pratik Havalandırma Tesisleri Klavuzu, Cilt 1, Çev.: U. Köktürk, İTÜ Makine Bölümü, Arpaz Matbaacılık, İstanbul, 1975.
21. Üçüncü, K., Bina İçi İklim Koşullarında Odun Türü, Kalınlık ve Enine Kesit Faktörlerinin Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Rutubet Değişimi Üzerine Etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24 (2) (2000) 199-209.
22. Kalıpsız, A., İstatistik Yöntemler, İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 294, İstanbul, 1981.