

Bazı Ahşap ve Ahşap Kökenli Malzemelerin Isı İletkenlik Katsayıları

Yalçın ÖRS

G.Ü. Teknik Eđt. Fak. Mobilya ve Dekorasyon Eđt. Böl., Ankara-TÜRKİYE

Ahmet ŞENEL

G.Ü. Endüstriyel San. Eđt. Fak. Endüstriyel Teknoloji Eđt. Böl., Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 13.07.1997

Özet: Birçok kullanım yerinde ağaç malzemenin ısı iletkenliği katsayısının belirlenmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, ülkemizde mobilya ve dekorasyon işleri ve yapılarda yaygın olarak kullanılan ağaç malzemelerden Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Richard), Uludağ Gökarnı (*Abies bornmülleriana* Mattf.), Kara Kavak (*Populus nigra* L.), ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis* lipsky) odunlarının üç farklı yönde (Lifler yönü, yıllık halkalara teğet ve radyal) ve iki farklı kalınlıkta, çeşitli kalınlıklarda üretilen yatık yongalı levhalar ile dik yongalı levhalar, orta yoğunluktaki levhalar (MDF) ve sert lif levhaların (Duralit) ısı iletkenlik katsayıları % 12 rutubette ve doğun halde belirlenmiştir.

Bu maksatla özgül ağırlıkları "Stereometrik metod", rutubetleri "kurutma metodu" ile belirlenen 660 adet numunenin ısı iletkenlik katsayıları QTM-D3 ısı iletkenliği ölçme cihazı ile otomatik bir düzenle ölçülmüştür.

Sonuç olarak, hava kurusu halde ortalama ısı iletkenlik katsayıları; Uludağ Gökarnında 0.1128, Kara Kavakta 0.1146, Toros Sedirinde 0.1253, Doğu Kayınında 0.1580, yatık yongalı levhalarda 0.1783, MDF'lerde 0.1998, Duralitte 0.2263 Kcal/mh°C olarak bulunmuştur.

Thermal Conductivity Coefficients of Wood and Wood-Based Materials

Abstract: Determination of the thermal conductivity coefficient of wooden material is needed in many fields of application.

In this study, the thermal conductivity coefficients of the woods of cedrus (*cedrus libani* a.Richard), fir (*Abies cornmülleriana* Mattf.), Populus nigra (*Populus tremula* L.), and beech (*Fagus orientalis* lipsky), the wooden materials most widely used in our country in furniture, decoration and construction have been determined in 12% moisture and saturated conditions for the different directions (fiber direction, tangent and radial to annual aging circles) and for two different thicknesses of flat pressed and vertical pressed particleboards and several thicknesses of Medium Density Fiberboards (MDF).

For this purpose the thermal conductivity coefficients of 660 samples were measured automatically by Quick Thermal Meter Probe QTM-D3. The densities and moistures of these samples were determined stereometry and he dry air method, respectively.

Results showed the average thermal conductivity coefficients in air dry conditions to be 0.1128 for Fir, 0.1146 for Populus nigra, 0.1253 Kcal/mh°C of Cedrus, 0.1580 Kcal/mh°C for Beech, 0.1783 Kcal/mh°C for flatpressed particleboards, 0.1998 Kcal/mh°C for MDF's and 0.2263 Kcal/mh°C for Hard Fiberboards.

Giriş

Ağaç malzeme-ısı ilişkilerinde; termik genleşme, özgül ısı, ısı ışınımı, ısı değeri ve ısı iletkenliği özellikleri konu edilmektedir. Higroskopik sınırlar arasında (%0-30) su alışverişi sonucu odunun çalışma miktarına göre, ısı etkisiyle meydana gelen genleşme miktarı çok küçük olduğundan uygulamada dikkate alınmamaktadır(1).

Gözenekli yapısı sebebiyle, ısı iletkenliği bakımından diğer yapı malzemelerine üstünlük kazanmakla birlikte,

ağaç malzemedeki ısı iletme kabiliyeti, ağaç türlerine ve aynı ağaçta liflerin gidiş yönüne göre değıştiği gibi, çeşitli bağlayıcı maddeler ve bunlara ilave edilen dolđu ve katkı maddeleri ile üretilen ahşap levhalarda bağlayıcı madde çeşidi ve ilave maddelerin türüne göre farklı olmaktadır (2-3).

Bu çalışmada, ülkemizde mobilya ve dekarosyan endüstrisi ve yapılarda yaygın olarak kullanılan masif ağaç malzemeler ile ahşap levhaların ısı iletkenlik katsayılarının tesbiti araştıma konusu seçilmiştir.

Materyal ve Metod

Ağaç Malzemeler

Ağaç malzeme olarak Toros sediri (*Cedrus Libani* A. Richard), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* mattf), Kara kavak (*Populus nigra* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları ile yonga lehalardan yatık yongalı levha ve dik yongalı levha (okal tipi), lif levhalardan ise orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve sert lif levha (duralit) kullanılmıştır.

Ağaç malzemeler Ankara ve çevresindeki ağaçşileri ve mobilya endüstrisi işletmelerinden tesadüfi metodla alınarak, sıcaklığı $20 \pm 20^{\circ}\text{C}$, bağıl nemi 65 ± 5 olan iklim adasında denge rutubetine ulaşınca kadar bekletilmişlerdir. Bundan sonra, TS-2470 de belirtilen esaslara uygulanarak, masif ağaç malzemelerden liflere paralel, yıllık halkalara teğet ve radyal yönlerde 10 mm ve 20 mm kalınlıklarda, kalınlıkları 10 mm, 20 mm ve 28 mm olan yonga levhalar, 10 mm ve 20 mm lik okal tipi yonga levhalar ve MDF ler, 35 mm'lik okal tipi delikli yonga levhalar ile standart kalınlıkta üretilen duralitler, ısı iletkenliği ölçme cihazının prop taban ölçüsü dikkate alınarak ve JIS-2618 esaslarına uyularak 50 mm genişlik ve 100 mm uzunluklarda kesilerek deney örnekleri hazırlanmıştır.

Elde edilen numuneler, deney anına kadar sıcaklığı $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nemi 65 ± 5 olan ortamda kalınlık ve yönlerine göre ayrı gruplar halinde istiflenmişlerdir (4).

Deney Metodları

Özgül Ağırlık Ve Rutubet Tayini

İklim odasında %12 rutubete kadar kurutulan masif ağaç malzemelerin diri odun kısımlarından TS 2470 ve TS 2472 esaslarına uyularak 20 mm x 20 mm x 30 mm boyutlarında her ağaç türünden 20 şer adet, yonga ve lif levhaların her kalınlık ve türünden ayrı ayrı 20 şer adet olmak üzere 100 mm x 100 mm ölçülerinde örnekler kesilerek sıcaklığı $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, bağıl nemi 65 ± 5 olan ortamda, boyutlar 0,01 mm duyarlılıklı verniyeli kumpasla, ağırlıklar 0,001 gr duyarlılıklı analitik terazide tartılmıştır. Hava kurusu haldeki özgül ağırlıklar "stereometrik metod" ile, deney örneklerinin rutubeti ise, TS 2470 ve TS 2471 esaslarına uyularak "kurutma metodu" ile belirlenmiştir.

Isı İletkenlik Katsayısı Tayini

Numunelerin ısı iletkenlik katsayıları Türk Standartları Enstitüsü malzeme laboratuvarında QTM-D3 cihazı ile 4

dijit ve numune sıcaklığı 2 dijit olmak üzere 1 er dakikada otomatik olarak ölçülmüştür(5-6). Masif ağaç malzemelerde liflere paralel (λ_{\parallel}), yıllık halkalara teğet (λ_{\perp}) ve radyal (λ_r) yönlerde ölçüm yapılarak, liflere dik yöndeki ısı iletkenlik katsayıları (λ_{\perp})

$$\lambda_{\perp} = \frac{\lambda_r + \lambda_T}{2}$$

eşitliğinde hesaplanmıştır.

Hava kurusu halde ölçümler yapıldıktan sonra, numuneler 20°C sıcaklıktaki temiz suda 24 saat bekletilmiş ve bu durumda doymun haldeki ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir.

İstatistik Uygulama

Dört ağaç türünden iki farklı kalınlık ve üç ayrı yönde 20 şer adet hesabıyla $4 \times 2 \times 3 \times 20 = 480$ adet masif ağaç malzeme, iki farklı yonga levhadan üç ayrı kalınlıkta 20'şer adet hesabıyla $2 \times 3 \times 20 = 120$ adet yonga levha MDF'den 2 farklı kalınlıkta 20'şer adet, duralitlerden 20 adet hesabıyla $2 \times 20 + 20 = 60$ adet lif levha olmak üzere toplam 660 adet örnek hazırlanmıştır.

Numunelerin farklı kalınlık ve rutubetlerine göre belirlenen ısı iletkenlik katsayılarına çok etkenli (faktörel, bölünmüş parseller) bir desene göre varyans analizleri uygulanmıştır.

Varyans kaynaklarının karşılıklı ilişkileri istatistiksel anlamda önemli çıktığında en küçük önemli fark (E.Ö.F) testi ile karşılaştırma yapılmıştır.

Masif ağaç malzemelerde liflere paralel - radyal, Liflere paralel-yıllık halkalara teğet yönlerdeki ilişkiler için regresyon analizleri kullanılmıştır.

Bulgular

Masif Ağaç Malzemeler

Masif ağaç malzemelerin %12 rutubetteki ortalama özgül ağırlıkları ve ısı iletkenliği katsayıları ortalama değerleri Tablo 1'de, bunlara ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Bunlara göre; masif ağaç malzemelerde en küçük ısı iletkenlik katsayıları yıllık halkalara teğet yönde uludağ göknarında, en yüksek değerler ise lifler yönünde doğu kayınında elde edilmiştir.

Diğer taraftan, ısı iletkenliğine ağaç türünün etkisi

Tablo 1. Masif Ağaç Malzemelerde özgül ağırlıklar ve ısı iletkenliği değerleri (W/mk = Watt / metre kelvin)

Ağaç türü	Özgül Ağırlık g/cm ³	Rutubet %	Kalınlık mm	Liflere Paralel			w/mK Radyal			Teğet		
				\bar{x}	s	min max	\bar{x}	s	min max	\bar{x}	s	min max
Toros Sediri	553	12	10	.2732	.0032	.2706 .2810	.1489	.0040	.1432 .1583	.1373	.0036	.1310 .1440
			20	.2004	.0095	.1901 .2210	.1168	.0029	.1105 .1200	.1044	.0061	.0958 .1116
		LDN	20	.3399	.0029	.3384 .3521	.1783	.0006	.1700 .1840	.1761	.0012	.0958 .1116
Uludağ Göknarı	387	2	10	.1512	.0067	.1776 .2063	.1155	.0027	.1109 .1198	.1038	.0019	.0860 .1060
			20	.2004	.0095	.1901 .2210	.1168	.0029	.1105 .1200	.1044	.0061	.0958 .1156
		LDN	20	.3651	.0066	.3520 .3725	.2746	.0059	.2652 .2802	.1680	.0012	.1654 .1702
Kara Kavak	382	12	10	.1878	.0065	.1798 .2106	.1410	.0037	.1358 .1468	.1208	.0031	.1150 .1267
			20	.1813	.0169	.1676 .2067	.1513	.0070	.1498 .1526	.1153	.0032	.1140 .1250
		LDN	20	.3934	.0269	.3704 .4702	.2832	.0143	.2630 .3019	.1647	.0015	.1614 .1680
Doğu Kayını	687		10	.3567	.0099	.3426 .3760	.1952	.0027	.1912 .2002	.1684	.0082	.1610 .1970
			20	.3042	.0017	.3014 .3061	.1992	.0031	.1962 .2103	.1680	.0045	.1592 .1740
		LDN	20	.4966	.0034	.4898 .4997	.2639	.0291	.1989 .3091	.2099	.0097	.2015 .2436

0.01, kalınlık ve rutubetin etkileri 0.05, lif yönünün etkisi 0.001 yanılma olasılıkları için anlamlı, bunların karşılıklı etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır.

En küçük önemli fark test sonuçlarına göre; masif ağaç malzemedeki kalınlık ve rutubet arttıkça ısı iletkenliği artmakta, türlere göre, büyükten küçüğe doğru; doğu kayını - toros sediri - kara kavak - uludağ göknarı, lif yönüne göre ise; liflere paralel - liflere dik - yıllık halkalara teğet olarak sıralanmışlardır.

Isı iletkenlik değerlerinin lif yönüne göre değişkenlik katsayıları önemli farklılıklar göstermiş olup, bunlara ilişkin değerler Şekil 1, 2 ve 3'de gösterilmiştir.

Bunlara göre 20mm kalınlık ve %12 rutubetteki kara kavakta ölçülen ısı iletkenlik değerleri değişkenlik katsayısı (c%v=9.0936) en yüksek olup, bu bakımdan heterojen bir dağılım göstermekte, bunu aynı ağaç

türündeki ölçmeler izlemektedir.

Yonga ve lif levhalar

Yonga ve lif levhalarda kalınlık ve rutubetlerine göre belirlenen özgül ağırlık ve yüzeye dik ısı iletkenlik değerleri (λ_{\perp}) ortalamaları tablo 2'de verilmiştir.

Buna göre; ahşap levhalarda ısı iletkenliğine ilişkin en büyük değer doygun kalde 28mm kalınlıktaki yatık yongalı levhalarda, en küçük değer ise, %12 rutubette 20mm kalınlıktaki okal tipi yonga levhada elde edilmiştir.

Diğer taraftan; 28mm kalınlıktaki yatık yongalı levha, 35mm kalınlıktaki okal tipi yonga levha ve 3mm kalınlıktaki duralit levhaların ısı iletkenlik değerlerine levha çeşidi ve rutubetin etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Buna göre; farklı kalınlıktaki yonga levhalarda ısı

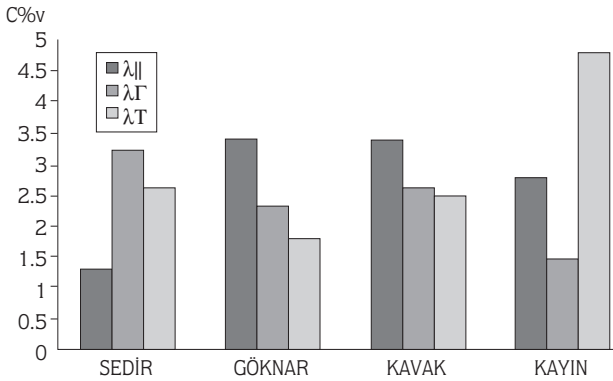
Tablo 2. Masif ağaç malzemelerde ısı iletkenliği katsayısına kalınlık ve rutubetin etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler (DF)	Ortalama Kareler	Varyans Oranı(F _H)
Tekrar	4	0.000221	0.000055
İşlemler	2	0.303082	.151541
Hata 1	8	0.000380	.000048
Türler	3	0.120248	0.040083
İşlem x Tür	6	0.038919	0.006486
Hata 2	36	0.002593	0.000072
Ölçümler ($\lambda_l, \lambda_r, \lambda_t, \lambda_{\perp}$)	3	0.717163	0.239054
İşlem x Ölçüm	6	0.042677	0.007113
Tür x Ölçüm	9	0.042596	0.005733
İşlem x Tür x Ölçüm	18	0.037552	0.002086
Hata	144	0.007066	0.000949
Toplam	239	1.3126490	

(**) 0.01 Hata payı ile güvenli

DF = Serbestlik Derecesi İşlem : Muhtelif kalınlıktaki hava kurusu ve doymun haldeki malzemeler

Tür : Ağaç türleri Ölçüm : Malzemelerin üç farklı yöndeki ölçüm değerleri

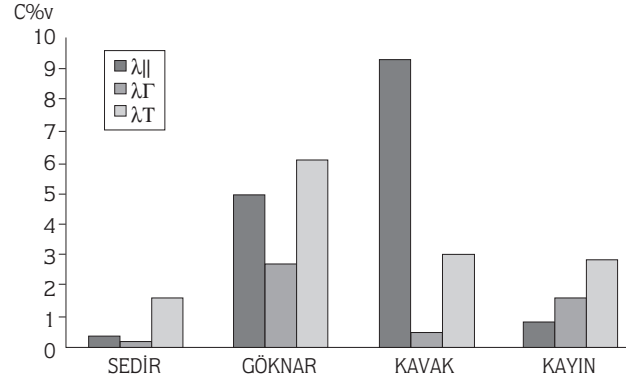


Şekil 1. Ağaç malzemede 10mm kalınlık ve %12 rutubete ısı iletkenliklerine ilişkin değişkenlik katsayıları

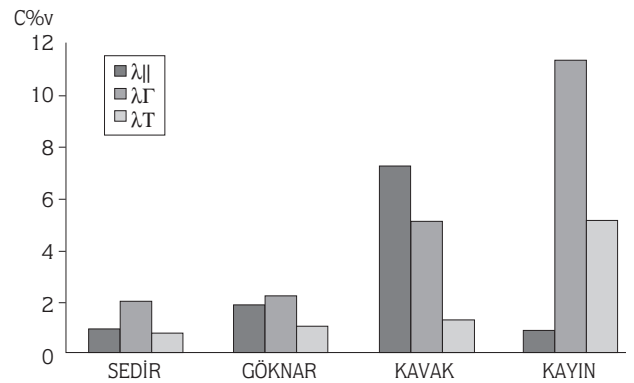
iletkenlikleri arasındaki farklılık 0.01 hata payı ile önemli çıkmıştır.

Doymun haldeki levhalardaki değerler 0.01 yanılma olasılığı için daha büyük olup EÖF sonuçlarına göre büyükten küçüğe doğru; 28mm yatık yongalı levha - Duralit- 35mm delikli okal tipi levha olarak sıralanmışlardır.

10 ve 20mm kalınlıklardaki yonga ve lif levhaların ısı iletkenlik değerlerine levha çeşidi ve rutubetin



Şekil 2. Ağaç malzemede 20mm kalınlık ve %12 rutubete ısı iletkenliklerine ilişkin değişkenlik katsayıları



Şekil 3. Ağaç malzemede 20mm kalınlık ve doymun halde ısı iletkenliklerine ilişkin değişkenlik katsayıları

etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Buna göre; yonga ve lif levhalarda ısı iletkenliğine levha çeşidi ve rutubetin etkileri 0.01 yanılma olasılığı için önemli çıkmıştır. En küçük önemli fark testi sonuçlarına göre; bu bakımdan büyükten küçüğe doğru; 20mm kalınlıkta doymun hal- 10mm kalınlıkta doymun hal- 10mm kalınlıkta hava kurusu hal- 20mm kalınlıkta hava kurusu hal- olarak sıralanmışlardır. Diğer bir ifadeyle, lif ve yonga levhalarda kalınlık ve rutubet arttıkça ısı iletkenlik değerleri artış göstermiştir.

Levha çeşidine göre, ısı iletkenliğine kalınlık ve rutubetin etkisi dik yongalı levhalarda daha önemli olup, bunu sırası ile yatık yongalı levha ve orta sert lif levha izlemektedir.

Ahşap levhalarda ısı iletkenlik değerine ilişkin değişkenlik katsayıları Şekil 4'de gösterilmiştir.

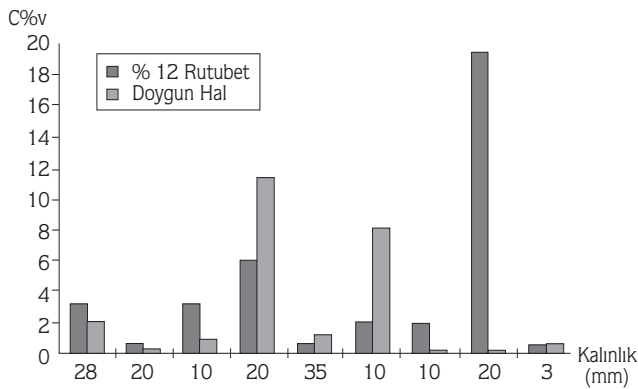
Tablo 3. Yonga ve Lif levhalarda ısı iletkenlik değerleri

Levha Türü	Özgül Ağırlık g/cm ³	Rutubet %	w/mk				Rutubet %	w/mk			
			Kalınlık (mm)	\bar{x}	s	min max		Kalınlık (mm)	\bar{x}	s	min max
Yatık Yongalı Levha	.369	12	10	.2028	.0058	.1918 .2106	≥LDN	10	.4196	.0021	.4125 .4218
	.593		20	.2106	.0005	.2092 .2110		20	.4204	.0007	.4186 .4212
	.646		28	.2217	.0069	.1924 .2239		28	.4535	.0096	.4298 .4590
Dik Yongalı Levha	.607	12	10	.2191	.0039	.2128 .2250	≥LDN	10	.5052	.0397	.4332 .5639
	.582		20	.1958	.0004	.1725 .2113		20	.5062	.0559	.4031 .6020
	.455		35	.2577	.0117	.2570 .2585		35	.3943	.0026	.3896 .3968
Lif Levha	.840	12	10	.2339	.0036	.2306 .2404	≥LDN	10	.2513	.0005	.2504 .2519
	.826		20	.2310	.0448	.2196 .4216		20	.4209	.0003	.4202 .4220
	.692		35	.2632	.0007	.2608 .2640		3	.3936	.0017	.3898 .3967

İşlem : Hava kurusu ve doymun haldeki levhalar

Ölçüm : Levha çeşitlerine göre yüzeye dik yöndeki ölçüm değerleri

Buna göre; 20mm kalınlıkta dik yongalı levhalardaki ısı iletkenlik değerleri değişkenlik katsayıları daha büyük olup, diğerlerine göre daha heterojen bir dağılım göstermiştir.



Şekil 4. Yonga ve Lif levhalarda ısı iletkenlik değerleri değişkenlik katsayıları

Isı İletkenlik Değerleri Arasındaki İlişkiler

Kara kavak ve doğu kayını odunlarında üç farklı yöndeki ısı iletkenlik değerleri arasındaki ilişkiler için yapılan regrasyon analizleri Şekil 5 ve 6'da gösterilmiştir.

Tablo 4. Farklı kalınlıktaki ahşap levhalarda ısı iletkenliğine rutubetin etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	(DF)	Kareler Toplam	Ortalama Kareler	Varyans Oranı(F _H)
Tekrar	4	0.000032	0.000008	
İşlemler	1	0.253625	0.253625	42270.83**
Ölçümler	2	0.000544	0.000272	45.37**
İşlem x Ölçüm	2	0.011877	0.005938	89.67**
Hata	20		0.000006	
Toplam	239	1.3126490		

(**) 0.01 Hata payı ile güvenli

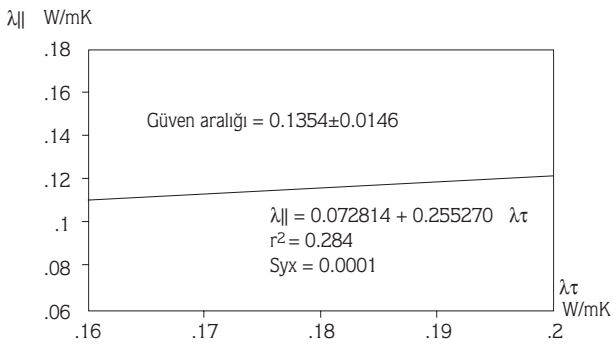
İşlem: Hava kurusu ve doymun haldeki levhalar

Ölçüm: Levha çeşitlerine göre yüzeye dik yöndeki ölçüm değeri

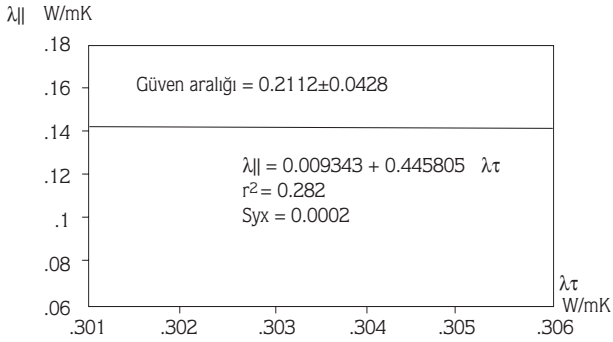
Tablo 5. 10mm ve 20mm kalınlıkdaki yonga ve lif levhalarda ısı iletkenliklerine levha çeşidi ve rutubetin etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler (DF)	Kareler Toplam	Ortalama Kareler	Varyans Oranı(F _H)
Tekrar	4	0.000480	0.000120	
İşlemler	3	0.493719	0.164573	1387.97**
Ölçümler	2	0.043311	0.021655	181.97**
İşlem x Ölçüm	6	0.105418	0.017570	147.65**
Hata	44	0.005222	0.000119	
Toplam	59	0.648149		

(**) 0.01 Hata payı ile güvenilir

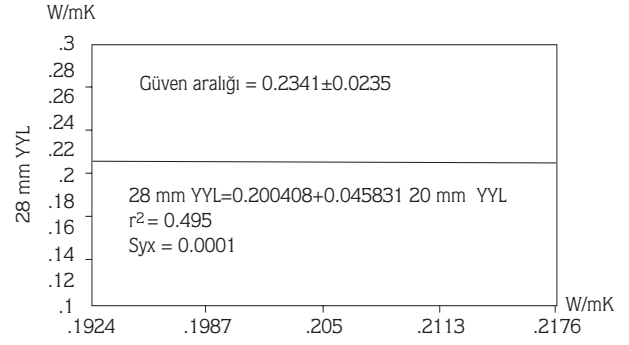


Şekil 5. Kara Kavak odununda liflere paralel ve yıllık halkalara teğet yöndeki ısı iletkenliği değerleri arasındaki ilişki

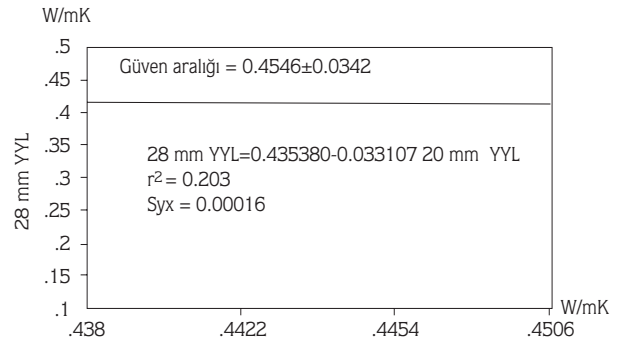


Şekil 6. Doğu kayını odununda liflere paralel ve yıllık halkalara teğet yöndeki ısı iletkenliği değerleri arasındaki ilişki

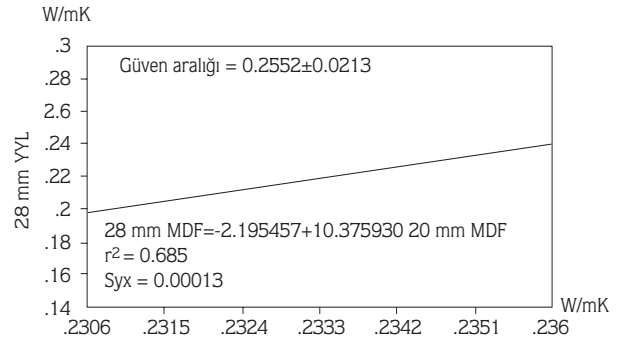
Bunlara göre; yıllık halkalara teğet yöndeki ısı iletkenliği liflere paralel yöndekini %28 oranında etkilemektedir. Modele ait ilişki katsayısı kara kavakta 0.553, kayında 0.531 olup 0.01 hata payı ile güvenilir olduğundan liflere paralel yöndeki değerlerin tahmininde



Şekil 7. %12 rutubette 28mm ve 20mm kalınlıkta yatık yonga levhaların ısı iletkenlik değerleri arasındaki ilişki



Şekil 8. Doğunun halde 28mm ve 20mm kalınlıkta yatık yonga levhaların ısı iletkenlik değerleri arasındaki ilişki



Şekil 9. %12 rutubette 10mm ve 20mm kalınlıkta lif levhaların ısı iletkenlik değerleri arasındaki ilişki

kullanılabilir.

Yatık yonga levhaların %12 rutubette ve doğunun haldeki 20mm ve 28mm kalınlıklardaki, lif levhaların ise %12 rutubette 10mm ve 20mm kalınlıklardaki ısı iletkenlik değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 7,8,9'da gösterilmiştir.

Bunlara göre; Yatık yongalı levhalarda 20mm kalınlıkta olanlar 28mm'likleri %12 rutubette %49, doymun halde %20, lif levhalarda 20mm kalınlıktakiler 10mm' likleri %12 rutubet için %68 oranlarında açıklayabilmektedir.

Tartışma ve Sonuçlar

Denemeye alınan masif ağaç malzemelerde özgül ağırlık ve rutubetin artması ile ısı iletkenliği artış göstermiştir. Bu bakımdan doğu kayını en büyük, toros sediri ve kara kavak orta, uludağ göknarı en küçük değerleri vermişlerdir. Bu ağaç türleri için belirlenen değerler literatürde verilenlerden (Ten Wolde 1988) bir

miktar daha fazladır. Bu durum yetiştirme özellikleri ile ilgili farklılıklardan kaynaklanabilir(7).

Lif yönlerine göre ise; en büyük değerler liflere paralel yönlerde elde edilmiş, bunu sırasıyla radyal, liflere dik ve yıllık halkalara teğet yöndeki değerler izlemiştir. Bu bakımdan sonuçlar, benzer çalışmalarda elde edilenlerle uyumludur. (Kollmann 1975, Berkel 1970).

Orta yoğunlukta lif levhaların ısı iletkenlik değerleri en yüksek, dik ve yatık yongalı levhalar birbirine yakın olmak üzere dik yongalı levhalarda daha büyük çıkmıştır. Sonuçlar literatürde benzer çalışmalardan elde edilenlere göre bir miktar daha büyük olup (Levis 1967, Bozkurt ve Göker 1985), bu durum özgül ağırlık farklılıklarından kaynaklanabilir(8-9).

Kaynaklar

1. Ten Wolde, A., McNatt, J.D., Krahn, L. "Thermal Properties of wood and Wood Panel Products for Use in Buildings" P: 9, Forest Products Lab., Madison, Wis., 1988
 2. Lewis, W.C., "Thermal Conductivity of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials." Research Paper FBL 77, USDA, Forest Service Forest Products Lab., Madison, Wis., 1967
 3. Kamke, A.F., Zylkowski, S.C., "Effects of Wood-Based Panel Characteristics on Thermal Conductivity" Forest Products Journal Volum, 39 no:5 p: 39-24, 1989
 4. Griffiths, E., Kaye, W.C., "The Measurement of The Thermal Conductivity" Proceedings of the Royal Society A., 104, London, 1923
 5. KOYOTA Electronics, "Thermal Conductivity Meters Kem Koyoto Electronics Manufacturing Co., LTD., Tokyo, 1990
 6. KOYOTA Electronics, "Thermal Conductivity Meter "QTM-D3"", Instruction Manual Kem Koyoto-Electronics Manufacturing Co., LTD, Tokyo, 1991
 7. Kollmann, F.;Kuenzi, E.W., Stam "Principle of Wood Science and Technology" Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Newyork, 1975
 8. Raichev, A.; Iosifov, N.; Takeve, L., "Effect of Some Technological Factors on the Thermal Conductivity and Thermal Capacity of Particleboards", Gorka-Stoiponstva-Groska, Promishlenost Vol. 43 No:6, Bulgaria,
 9. Wangaard, F.F., "Heat Transmissivity of Southern Pine Wood, Fiberboard and Particleboard" Wood Science 2(1) p. 54-60, 1960
- ASTM C 177/C 518 "Methods of Measuring Thermal Conductivity", "Absolute and Reference Method"
- JIS R 2618 "Transient Method of measuring Thermal Conductivity", Angstrom, Flaş, TC's Hot Wire, QTM Probe Methods.
- JIS A 1412/R 2616 "Methods of measuring Thermal Conductivity", "Absolute and Reference Method.
- TS 2470 "Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleer İçin Numune Alma Metodları ve enel Özellikleri", 1976/11
- TS 2471 "Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyleer İçin Rutubet Miktarı Tayini, 1976/11
- TS 2472 "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyleer İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, 1976/11